Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

Г. А. Веремей

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

Электронный учебно-методический комплекс
для студентов специальности
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2025

Об издании – 1, 2

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 629.113.002(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
механико-технологического факультета (протокол № 9 от 29.05.2024)

Кафедра автомобильного транспорта

РЕЦЕНЗЕНТЫ:
канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой машиностроения
Брестского государственного технического университета С. В. МОНТИК
(протокол № 9 от 10 мая 2024 г.);
канд. техн. наук, доц. кафедры управления автомобильными перевозками
и дорожным движением
Белорусского государственного университета транспорта Д. П. ХОДОСКИН

Веремей Г. А.

Технология производства автомобилей [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс / Г. А. Веремей. – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2025. – URL: https://elib.psu.by/handle/123456789/47993.

ISBN 978-985-531-906-2.

Изложены основные положения технологии автомобилестроения. Дано понятие о производственном и технологическом процессах и их частях. Рассмотрены материалы заготовок со способами их получения и последующим изготовлением деталей различных классов с достижением нормативных показателей точности. Большое внимание уделено базированию заготовок при их обработке с проектированием станочных приспособлений. Приведены расчеты режимов обработки и техническое нормирование операций. Описаны процессы сборки агрегатов и автомобилей. Представлены общие принципы проектирования технологических процессов в автомобилестроении в их связях с созданием оптимальной конструкции автомобилей при организации производства высокого технического уровня.

Предназначен для студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», а также преподавателей и студентов высших и средних специальных учебных заведений автостроительного и автоэксплуатационного профиля и специалистов соответствующих предприятий.

№ госрегистрации
ISBN 978-985-531-906-2

© Веремей Г. А., 2025
© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2025

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания Веремея Г. А. «Технология производства автомобилей» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Электронный учебно-методический комплекс включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство

Учебное издание

ВЕРЕМЕЙ Геннадий Александрович

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

Электронный учебно-методический комплекс
для студентов специальности
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Редактор *Т. А. Дарьянова*
Компьютерный дизайн *Д. П. Змитрович*

Подписано к использованию 06.06.2025.
Объем издания 3,85 Мб. Заказ 171.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014., перерегистрация от 24.08.2022.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
http://www.psu.by

Содержание

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ... 8
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ... 12
Учебно-методическая карта учебной дисциплины «Технология производства автомобилей» (дневная форма получения высшего образования) ... 15
Учебно-методическая карта учебной дисциплины «Технология производства автомобилей» (заочная форма получения высшего образования) ... 20
ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ... 25
ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА ... 27
ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ... 29
ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ... 35
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ ... 36
ОПИСАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ПРЕПОДАВАНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ... 38

ВВЕДЕНИЕ ... 39

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ ... 43
Раздел I ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ ... 43
1. Общие сведения о производстве автомобилей ... 43
1.1. Производство автомобилей в их жизненном цикле ... 43
1.2. Назначение и задачи автомобилестроительных предприятий ... 49
2. Производство и производственный процесс ... 50
2.1. Производство, производственный процесс и его характеристики ... 50
2.2. Классификация и состав производственных процессов ... 53
2.3. Технологический процесс и его структура ... 55
2.4. Типы производства и их технологическая характеристика ... 62
3. Автомобиль как машина и объект производства ... 64
3.1. Автомобиль и сущность его работы ... 64
3.2. Служебное назначение автомобиля ... 65
3.3. Иерархическая структура автомобиля ... 68
3.4. Автомобиль и производственный процесс как системы ... 73
4. Автомобильное производство как отрасль машиностроения ... 74
4.1. Подготовка производства и производство автомобиля ... 74
5. Технологичность конструкции ... 77
5.2. Технологические требования к конструкции автомобиля ... 77
5.3. Технологичность конструкции и оценка ее уровня ... 79

Раздел II ОСНОВЫ ДОСТИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ... 83
6. Качество автомобиля ... 83
6.1. Понятие качества изделий ... 83
6.2. Качество детали ... 87
7. Основы базирования деталей и заготовок ... 89
7.1. Базирование и точность в автомобилестроении ... 89
7.2. Основные положения теории базирования ... 90
7.3. Базирование тел разной формы ... 94

7.4. Классификация баз 100
7.5. Определенность и неопределенность базирования 103
7.6. Смена баз 106
7.7. Разработка теоретической схемы базирования 107
7.8. Основы выбора технологических баз 110
7.9. Типовые комплекты технологических баз 118
7.10. Погрешность различных схем базирования 125
8. Точность изготовления детали 131
8.1. Точность обработки 131
8.2. Факторы, влияющие на точность обработки резанием 134
8.3. Этапы достижения точности обработки 138
8.3. Методы обеспечения точности обработки 139
9. Качество поверхности детали 144
9.1. Геометрические характеристики поверхности 144
9.2. Параметры шероховатости и методы их оценки 146
9.3. Физико-механические свойства поверхностного слоя 152
9.4. Формирование качества поверхности технологическими методами 154
10. Размерные цепи конструкции 158
10.1. Размерный анализ конструкции и технологии 158
10.2. Размерные связи 160
11. Система обеспечения качества изготовления изделий 166
11.1. Основные принципы, управление и контроль 166

Раздел III ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ АВТОМОБИЛЕЙ 177
12. Заготовки деталей 177
12.1. Материалы заготовок 177
12.2. Требования к заготовкам 184
12.3. Основные способы получения заготовок 185
12.4. Экономическое обоснование выбора заготовок 197
13. Методы обработки поверхностей заготовок 198
13.1. Характеристика и виды обработки 198
13.2. Методы обработки лезвийным инструментом 200
13.3. Обработка абразивным инструментом 203
13.4. Обработка поверхностным пластическим деформированием 208
13.5. Электрофизические и электрохимические способы обработки 210
14. Припуски на обработку резанием 212
14.1. Основные понятия и назначение припусков 212
14.2. Методы определения припусков 215
15. Станочные приспособления 218
15.1. Назначение и классификация приспособлений 218
15.2. Основные элементы станочных приспособлений 220
15.3. Силовые приводы зажимных устройств 225
16. Автоматизация процессов обработки 228
16.1. Автоматизация технологических процессов обработки резанием 228
16.2. Технологические возможности станков с ЧПУ 230
16.3. Изготовление деталей в гибких производственных системах 232
16.4. Промышленные роботы 235

17. Изготовление типовых деталей ... 236
17.1. Изготовление корпусных деталей ... 236
17.2. Технология изготовления валов ... 244
17.3. Изготовление зубчатых колес ... 252
17.4. Технология изготовления деталей кузовов и кабин ... 267
18. Проектирование процессов изготовления деталей ... 273
18.1. Основы разработки технологического процесса изготовления деталей ... 273
18.2. Методы разработки технологических процессов изготовления деталей ... 279
18.3. Основные принципы построения технологических процессов ... 280
18.4. Оценка качества технологического процесса ... 286
19. Режимы обработки и техническое нормирование операций ... 287
19.1. Расчет режимов обработки ... 287
20. Технико-экономический анализ вариантов технологического процесса ... 294
20.1. Параметры технико-экономического анализа ... 294
21. Сборка и испытания агрегатов и автомобилей ... 296
21.1. Назначение и сущность сборки ... 296
21.2. Балансировка деталей и узлов ... 296
21.3. Сборка типовых соединений ... 298
21.4. Обеспечение точности сборки ... 301
21.5. Основы проектирования технологических процессов сборки ... 302
22. Испытания деталей, агрегатов, автомобилей ... 309
22.1. Классификация испытаний ... 309
22.2. Испытание деталей ... 313
22.3. Обкатка и испытания агрегатов ... 314
22.4. Испытание автомобилей ... 316
23. Совершенствование методов создания оптимальной конструкции автомобиля ... 317
23.1. Обеспечение свойств автомобиля на стадии проектирования ... 317
23.2. Прототипирование ... 318
23.3. Связь конструирования и производства автомобилей ... 319
24. Улучшение организации и управления производственными процессами ... 320
24.1. Использование информационных технологий в управлении производством ... 320
25. Обеспечение качества изготовления деталей и сборки изделий ... 321
25.1. Направления развития технологии изготовления деталей ... 321

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ ... 328
Практическая работа 1 МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ... 328
Практическая работа 2 ВИДЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНЫ И ЕЕ ДЕТАЛЕЙ ... 333
Практическая работа 3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ЕГО СТРУКТУРА ... 338
Практическая работа 4 БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И ЗАГОТОВОК ... 343
Практическая работа 5 ТОКАРНАЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ... 354
Практическая работа 6 ФРЕЗЕРНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ... 367
Практическая работа 7 СВЕРЛИЛЬНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ И ОБОРУДОВАНИЕ ... 380

Практическая работа 8 ШЛИФОВАЛЬНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ И ОБОРУДОВАНИЕ 386
Практическая работа 9 ЗУБОДОЛБЕЖНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ОБОРУДОВАНИЕ 391

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению курсового проекта для студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» 400
Введение 400
1. Техническое задание и исходные данные 401
2. Структура и объем курсового проекта 401
2.1. Пояснительная записка 401
2.2. Графическая часть 402
3. Требования к оформлению курсового проекта 402
3.1. Оформление пояснительной записки 402
3.2. Оформление графической части проекта 404
4. Методические указания по выполнению отдельных разделов КП 406
4.1. Определение типа производства и его характеристика 406
4.2. Служебное назначение сборочной единицы и детали 407
4.3 Анализ технологичности детали 410
4.4. Определение базирования детали в сборочной единице 416
4.5. Выбор исходной заготовки 416
4.6. Разработка технологического процесса механической обработки 419
4.6.1. Определение и формулирование основных технологических задач, которые решаются в процессе механической обработки детали 419
4.6.2. Выбор методов и количества переходов обработки поверхностей детали 420
4.6.3. Обоснование схем базирования при обработке поверхностей детали ... 422
4.6.4. Выбор последовательности обработки поверхностей детали 423
4.6.5. Разработка маршрута обработки 425
4.6.6. Определение допусков и межоперационных размеров 429

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине «Технология производства автомобилей» (ТПА) формирует знания, необходимые будущим инженерно-техническим специалистам в их инженерной деятельности, позволяющие с научной обоснованностью и высокой эффективностью участвовать в подготовке, управлении и организации производственных автопредприятий.

Цель дисциплины состоит в овладении студентами основами технологии производства автомобилей и умениями, требуемые для подготовки и деятельности современных автопроизводственных предприятий в машиностроительной отрасли народного хозяйства страны.

Поставленная цель формирует следующие *задачи*:

– изучение основ изготовления автомобилей;

– изучение структуры, процессов и особенностей автостроительного производства как отрасли машиностроения;

– овладение общими принципами проектирования технологических процессов изготовления деталей автопромышленности;

– изучение видов и особенностей получения заготовок;

– изучение технологических процессов изготовления типовых деталей;

– изучение методов обеспечения точности и качества при изготовлении деталей;

– изучение современных методов механической обработки, соответствующего технологического оборудования и оснащения автопроизводства;

– ознакомление со способами термической обработки заготовок и деталей;

– изучение технологических сборочных процессов, методов достижения точности и соответствующего оборудования;

– ознакомление с технологической и нормативно технической документацией в области производства автомобилей;

– овладение способами контроля качества деталей и агрегатов автомобиля;

– изучение основных направлений совершенствования процессов и средств технологического оснащения автостроительного производства.

В результате изучения учебной дисциплины «Технология производства автомобилей» формируются следующие группы *компетенций*:

универсальные компетенции:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

специальные компетенции:

СК-3. Применять методологические основы производства автомобилей при разработке технологических процессов обслуживания и ремонта автомобилей.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

– основы изготовления автомобилей;

– содержание процесса изготовления деталей и обеспечение их точности;

– технологические процессы изготовления типовых деталей;

– нормативную документацию в области производства автомобилей;

– производственные (в т.ч. технологические) процессы изготовления автомобилей на автопроизводственных предприятиях;

– современные методы механической и термической обработки, соответствующее технологическое оборудование и оснащение автопроизводства;

– виды и особенности получения и заготовок;

– технологическую документацию, применяемую на производстве;

– процессы комплектования, уравновешивания и сборки агрегатов;

– контроль качества изготовления агрегатов;

– основы и принципы проектирования технологических процессов;

– основные направления совершенствования процессов и средств технологического оснащения автостроительного производства;

– принципы ресурсосбережения и экологической безопасности при производстве автомобилей;

уметь:

– составлять технологические процессы изготовления типовых деталей;

– оценивать и анализировать точность и качество изготовления деталей;

– осуществлять и обосновывать выбор рационального технологического процесса изготовления детали;

– проводить анализ технологичности конструкции;

– разрабатывать технические чертежи для изготовления типовых автомобильных деталей;

– назначать и обосновывать параметры точности и качества при разработке технических чертежей;

– проводить технологическую подготовку работ к производству автомобилей;

владеть:

– основными научно-техническими проблемами и перспективами развития автостроительного производства;

– основными тенденциями и направлениями развития современных процессов изготовления автомобилей;

– основами и методиками достижения точности и качества при изготовлении автомобильной продукции;

– методами контроля качества готовой автомобильной продукции;

– методами технико-экономического анализа и принятия инженерных и управленческих решений.

Связи с другими учебными дисциплинами

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: «Нормирование точности и технические измерения», «Детали машин», «Инженерная графика», «Техническая эксплуатация автомобилей», «Автомобили». Приобретенные знания необходимы для усвоения следующих дисциплин: «Спецвопросы ремонта автомобилей», «Техническое обслуживание автотранспортных средств», «Проектирование предприятий автомобильного транспорта», «Автомобильные двигатели», «Сервис легковых автомобилей».

Форма получения образования – дневная.

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины отводится: общее количество учебных часов – 108 (3 з.е.), аудиторных – 68 ч, из них лекции – 50 ч, практические занятия – 18 ч.

Самостоятельная работа студента – 40 ч.

Учебная дисциплина изучается в 5 семестре.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

В 6 семестре предусмотрено выполнение курсового проекта – 72 ч (2 з.е.).

Форма получения образования – заочная на основе среднего специального образования.

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины отводится: общее количество учебных часов – 108 (3 з.е.), аудиторных – 16 ч, из них лекции – 12 ч, практические занятия – 4 ч.

Самостоятельная работа студента – 92 ч.

Учебная дисциплина изучается в 7 семестре.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

В 8 семестре предусмотрено выполнение курсового проекта – 72 ч (2 з.е.).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I
Основы технологии производства автомобилей

Тема 1. Введение. Общие сведения о производстве автомобилей

Производство автомобилей в их жизненном цикле. Назначение и задачи автомобилестроительных предприятий.

Тема 2. Производство и производственный процесс

Производственный, технологический процессы и их характеристики. Классификация и состав производственных процессов. Технологический процесс и его структура. Типы производства и их технологическая характеристика.

Тема 3. Автомобиль как машина и объект производства

Машина и сущность ее работы. Служебное назначение машины. Иерархическая структура машины. Машина и производственный процесс как системы.

Тема 4. Автомобильное производство как отрасль машиностроения

Подготовка производства и производство машины.

Тема 5. Технологичность конструкции

Технологические требования к конструкции машины. Технологичность конструкции и оценка ее уровня.

Раздел II
Основы достижения качества изготовления автомобилей

Тема 6. Качество изготовления автомобиля

Понятие качества изделий. Качество детали.

Тема 7. Основы базирования деталей и заготовок

Базирование и точность в автомобилестроении. Основные положения теории базирования.

Тема 8. Базирование тел разной формы

Базирование призматического тела. Базирование цилиндрического тела. Базирование диска

Тема 9. Виды баз

Классификация баз.

Тема 10. Определенность и неопределенность базирования

Понятие и назначение неопределенности и определенности базирования.

Тема 11. Смена баз

Необходимость и случаи смены баз.

Тема 12. Разработка теоретической схемы базирования

Требования и последовательность разработки

Тема 13. Основы выбора технологических баз

Правила выбора черновых баз. Правила выбора чистовых баз.

Тема 14. Типовые комплекты технологических баз

Базирование корпусных заготовок. Базирование заготовок – тел вращения.

Тема 15. Погрешность различных схем базирования

Погрешность базирования на плоскость. Погрешность базирования на внешнюю цилиндрическую поверхность. Погрешность базирования на отверстие. Погрешность базирования на плоскость и два отверстия. Погрешность базирования на центровые отверстия.

Тема 16. Точность обработки

Точность обработки резанием и факторы, влияющие на нее. Этапы достижения точности обработки. Методы обеспечения точности обработки.

Тема 17. Система обеспечения качества изготовления изделий

Основные принципы, управление и контроль.

Раздел III
Технология производства деталей и агрегатов автомобилей

Тема 18. Заготовки деталей

Материалы заготовок. Требования к заготовкам. Основные методы получения заготовок. Экономическое обоснование выбора заготовок.

Тема 19. Технологические основы изготовления деталей автомобилей

Методы обработки поверхностей заготовок. Припуски на обработку резанием. Станочные приспособления.

Тема 20. Автоматизация процессов обработки

Автоматизация технологических процессов обработки резанием. Технологические возможности станков с ЧПУ. Изготовление деталей в гибких производственных системах. Промышленные роботы.

Тема 21. Изготовление типовых деталей

Изготовление корпусных деталей. Технология изготовления валов. Изготовление зубчатых колес. Технология изготовления деталей кузовов и кабин.

Тема 22. Проектирование технологических процессов изготовления деталей

Основы разработки технологического процесса изготовления деталей. Методы разработки технологических процессов изготовления деталей. Основные принципы построения технологических процессов. Оценка качества технологического процесса. Режимы обработки и техническое нормирование операций. Технико-экономический анализ вариантов технологического процесса.

Тема 23. Проектирование технологических процессов сборки агрегатов автомобилей

Назначение и сущность сборки. Балансировка деталей и узлов. Сборка типовых соединений. Обеспечение точности сборки. Основы разработки технологических процессов сборки

Тема 24. Испытания деталей, агрегатов, автомобилей

Классификация испытаний. Испытание деталей. Обкатка и испытания агрегатов. Испытание автомобилей

Тема 25. Совершенствование процессов конструирования, организации производства и изготовления автомобилей

Совершенствование методов создания оптимальной конструкции автомобиля. Улучшение организации и управления производственными процессами. Обеспечение качества изготовления деталей и сборки изделий.

Учебно-методическая карта учебной дисциплины «Технология производства автомобилей»
(дневная форма получения высшего образования)

№ темы, работы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Самостоятельная работа студента, ч	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия			
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Раздел 1. Производство автомобилей в их жизненном цикле						
Тема 1	Введение. Общие сведения о производстве автомобилей					
1.1	Производство автомобилей в их жизненном цикле. Назначение и задачи автомобилестроительных предприятий	2		1	[1–4; 6; 8]	
Тема 2	Производство и производственный процесс					
2.1	Производственный, технологический процессы и их характеристики. Классификация и состав производственных процессов. Технологический процесс и его структура. Типы производства и их технологическая характеристика	2		2	[1–4; 6; 8]	
Тема 3	Автомобиль как машина и объект производства					
3.1	Машина и сущность ее работы. Служебное назначение машины. Иерархическая структура машины. Машина и производственный процесс как системы	2		2	[1–4; 6; 8]	
	Практическая работа 1 «Механическая обработка в автомобильной промышленности»		2	1	[1–5]	Письменный отчет

Продолжение таблицы

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Тема 4	Автомобильное производство как отрасль машиностроения					
4.1	Подготовка производства и производство машины	2		1	[1–4; 6; 8]	
Тема 5	Технологичность конструкции					
5.1	Технологические требования к конструкции машины. Технологичность конструкции и оценка ее уровня	2		1	[1–4; 6; 8]	
	Практическая работа 2 «Виды поверхностей машины и ее деталей»		2	1	[1–5]	Письменный отчет
Раздел 2. Основы достижения качества изготовления автомобилей						
Тема 6	Качество изготовления автомобиля					
6.1	Понятие качества изделий. Качество детали	2		1	[1–4; 6; 8]	
Тема 7	Основы базирования деталей и заготовок		2			
7.1	Базирование и точность в автомобилестроении. Основные положения теории базирования	2		1	[1–4; 6; 8]	
	Практическая работа 3 «Технологический процесс и его структура»			1	[1–5]	Письменный отчет
Тема 8	Базирование тел разной формы					
8.1	Базирование призматического тела. Базирование цилиндрического тела. Базирование диска	2		1	[1–4; 6; 9]	Аттестационное тестирование
Тема 9	Виды баз					
9.1	Классификация баз	2		1	[1–4; 6; 9]	
Тема 10	Определенность и неопределенность базирования					
10.1	Понятие и назначение неопределенности и определенности базирования	2		1	[1–4; 6; 9]	
	Практическая работа 4 «Базирование деталей и заготовок»		2	1	[1–5]	Письменный отчет

Продолжение таблицы

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Тема 11	Смена баз					
11.1	Необходимость и случаи смены баз	2		1	[1–4; 6; 9]	
Тема 12	Разработка теоретической схемы базирования					
	Требования и последовательность разработки	2		1	[1–4; 6; 9]	
Тема 13	Основы выбора технологических баз					
13.1	Правила выбора черновых баз. Правила выбора чистовых баз	2		1	[1–4; 6; 9]	
	Практическая работа 5 «Токарная металлообработка и технологическое оборудование»		2	1	[1–5]	Письменный отчет
Тема 14	Типовые комплекты технологических баз					
14.1	Базирование корпусных заготовок. Базирование заготовок – тел вращения	2		1	[1–4; 6; 9]	
Тема 15	Погрешность различных схем базирования					
15.1	Погрешность базирования на плоскость. Погрешность базирования на внешнюю цилиндрическую поверхность. Погрешность базирования на отверстие. Погрешность базирования на плоскость и два отверстия. Погрешность базирования на центровые отверстия	2		1	[1–4; 6; 9]	Аттестационное тестирование
	Практическая работа 6 «Фрезерный метод обработки и технологическая оснастка»		2	1	[1–5]	Письменный отчет
Тема 16	Точность обработки					
16.1	Точность обработки резанием и факторы, влияющие на нее. Этапы достижения точности обработки. Методы обеспечения точности обработки	2		2	[1–4; 6; 9]	
Тема 17	Система обеспечения качества изготовления изделий					
17.1	Основные принципы, управление и контроль	2		1	[1–4; 6; 9]	
	Практическая работа 7 «Сверлильный метод обработки и оборудование»		2	1	[1–5]	Письменный отчет

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Раздел 3. Технология производства деталей и агрегатов автомобилей						
Тема 18	Заготовки деталей					
18.1	Материалы заготовок. Требования к заготовкам. Основные методы получения заготовок. Экономическое обоснование выбора заготовок	2		1	[1–4; 6; 9]	
Тема 19	Технологические основы изготовления деталей автомобилей					
19.1	Методы обработки поверхностей заготовок. Припуски на обработку резанием. Станочные приспособления	2		1	[1–4; 6; 9]	
Тема 20	Автоматизация процессов обработки					
20.1	Автоматизация технологических процессов обработки резанием. Технологические возможности станков с ЧПУ. Изготовление деталей в гибких производственных системах. Промышленные роботы	2		2	[1–4; 6; 9]	
Тема 21	Изготовление типовых деталей					
21.1	Изготовление корпусных деталей. Технология изготовления валов. Изготовление зубчатых колес. Технология изготовления деталей кузовов и кабин	2		2	[1–4; 6; 9]	
Тема 22	Проектирование технологических процессов изготовления деталей					
22.1	Основы разработки технологического процесса изготовления деталей. Методы разработки технологических процессов изготовления деталей. Основные принципы построения технологических процессов. Оценка качества технологического процесса. Режимы обработки и техническое нормирование операций. Технико-экономический анализ вариантов технологического процесса	2		2	[1–4; 6; 9]	
	Практическая работа 8 «Шлифовальный метод обработки и оборудование»		2	1	[1–5]	Письменный отчет
Тема 23	Проектирование технологических процессов сборки агрегатов автомобилей					
23.1	Назначение и сущность сборки. Балансировка деталей и узлов. Сборка типовых соединений. Обеспечение точности сборки. Основы разработки технологических процессов сборки	2		2	[1–4; 6; 9]	

Окончание таблицы

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Тема 24	Испытания деталей, агрегатов, автомобилей					
24.1	Классификация испытаний. Испытание деталей. Обкатка и испытания агрегатов. Испытание автомобилей	2		1	[1–4; 6; 9]	
	Практическая работа 9 «Зубодолбежный метод получения зубчатых колес»		**2**	1	[1–5]	Письменный отчет
Тема 25	Совершенствование процессов конструирования, организации производства и изготовления автомобилей					
25.1	Совершенствование методов создания оптимальной конструкции автомобиля. Улучшение организации и управления производственными процессами. Обеспечение качества изготовления деталей и сборки изделий.	2		2	[1–4; 6; 9]	
	Итого	**50**	**18**	**40**		

Учебно-методическая карта учебной дисциплины «Технология производства автомобилей»
(заочная форма получения высшего образования)

№ темы, работы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Самостоятельная работа студента, ч	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия			
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Раздел 1. Производство автомобилей в их жизненном цикле						
Тема 1	Введение. Общие сведения о производстве автомобилей					
1.1	Производство автомобилей в их жизненном цикле. Назначение и задачи автомобилестроительных предприятий	2		2	[1–4; 6; 8]	
Тема 2	Производство и производственный процесс					
2.1	Производственный, технологический процессы и их характеристики. Классификация и состав производственных процессов. Технологический процесс и его структура. Типы производства и их технологическая характеристика			4	[1–4; 6; 8]	
Тема 3	Автомобиль как машина и объект производства					
3.1	Машина и сущность ее работы. Служебное назначение машины. Иерархическая структура машины. Машина и производственный процесс как системы			4	[1–4; 6; 8]	
	Практическая работа 1 «Механическая обработка в автомобильной промышленности»		2	2	[1–5]	Письменный отчет

Продолжение таблицы

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Тема 4	Автомобильное производство как отрасль машиностроения				[1–4; 6; 8]	
4.1	Подготовка производства и производство машины			2		
Тема 5	Технологичность конструкции				[1–4; 6; 8]	
5.1	Технологические требования к конструкции машины. Технологичность конструкции и оценка ее уровня			4		
	Практическая работа 2 «Виды поверхностей машины и ее деталей»			2	[1–5]	Письменный отчет
Раздел 2. Основы достижения качества изготовления автомобилей						
Тема 6	Качество изготовления автомобиля				[1–4; 6; 8]	
6.1	Понятие качества изделий. Качество детали	2		2		
Тема 7	Основы базирования деталей и заготовок				[1–4; 6; 8]	
7.1	Базирование и точность в автомобилестроении. Основные положения теории базирования			4		
	Практическая работа 3 «Технологический процесс и его структура»			2	[1–5]	Письменный отчет
Тема 8	Базирование тел разной формы				[1–4; 6; 9]	Аттестационное тестирование
8.1	Базирование призматического тела. Базирование цилиндрического тела. Базирование диска			2		
Тема 9	Виды баз				[1–4; 6; 9]	
9.1	Классификация баз			2		
Тема 10	Определенность и неопределенность базирования				[1–4; 6; 9]	
10.1	Понятие и назначение неопределенности и определенности базирования			2		
	Практическая работа 4 «Базирование деталей и заготовок»		2	2	[1–5]	Письменный отчет

Продолжение таблицы

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Тема 11	Смена баз				[1–4; 6; 9]	
11.1	Необходимость и случаи смены баз			2		
Тема 12	Разработка теоретической схемы базирования				[1–4; 6; 9]	
	Требования и последовательность разработки			2		
Тема 13	Основы выбора технологических баз				[1–4; 6; 9]	
13.1	Правила выбора черновых баз. Правила выбора чистовых баз	2		2		
	Практическая работа 5 «Токарная металлообработка и технологическое оборудование»			2	[1–5]	Письменный отчет
Тема 14	Типовые комплекты технологических баз				[1–4; 6; 9]	
14.1	Базирование корпусных заготовок. Базирование заготовок – тел вращения			2		
Тема 15	Погрешность различных схем базирования				[1–4; 6; 9]	Аттестационное тестирование
15.1	Погрешность базирования на плоскость. Погрешность базирования на внешнюю цилиндрическую поверхность. Погрешность базирования на отверстие. Погрешность базирования на плоскость и два отверстия. Погрешность базирования на центровые отверстия			4		
	Практическая работа 6 «Фрезерный метод обработки и технологическая оснастка»		2	2	[1–5]	Письменный отчет
Тема 16	Точность обработки					
16.1	Точность обработки резанием и факторы, влияющие на нее. Этапы достижения точности обработки. Методы обеспечения точности обработки	2		4	[1–4; 6; 9]	
Тема 17	Система обеспечения качества изготовления изделий				[1–4; 6; 9]	
17.1	Основные принципы, управление и контроль			2		
	Практическая работа 7 «Сверлильный метод обработки и оборудование»			2	[1–5]	Письменный отчет

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Раздел 3. Технология производства деталей и агрегатов автомобилей						
Тема 18	Заготовки деталей					
18.1	Материалы заготовок. Требования к заготовкам. Основные методы получения заготовок. Экономическое обоснование выбора заготовок			4	[1–4; 6; 9]	
Тема 19	Технологические основы изготовления деталей автомобилей					
19.1	Методы обработки поверхностей заготовок. Припуски на обработку резанием. Станочные приспособления			4	[1–4; 6; 9]	
Тема 20	Автоматизация процессов обработки					
20.1	Автоматизация технологических процессов обработки резанием. Технологические возможности станков с ЧПУ. Изготовление деталей в гибких производственных системах. Промышленные роботы			2	[1–4; 6; 9]	
Тема 21	Изготовление типовых деталей					
21.1	Изготовление корпусных деталей. Технология изготовления валов. Изготовление зубчатых колес. Технология изготовления деталей кузовов и кабин			4	[1–4; 6; 9]	
Тема 22	Проектирование технологических процессов изготовления деталей					
22.1	Основы разработки технологического процесса изготовления деталей. Методы разработки технологических процессов изготовления деталей. Основные принципы построения технологических процессов. Оценка качества технологического процесса. Режимы обработки и техническое нормирование операций. Технико-экономический анализ вариантов технологического процесса	2		4	[1–4; 6; 9]	
	Практическая работа 8 «Шлифовальный метод обработки и оборудование»			2	[1–5]	Письменный отчет
Тема 23	Проектирование технологических процессов сборки агрегатов автомобилей					
23.1	Назначение и сущность сборки. Балансировка деталей и узлов. Сборка типовых соединений. Обеспечение точности сборки. Основы разработки технологических процессов сборки	2		4	[1–4; 6; 9]	

Окончание таблицы

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Тема 24	Испытания деталей, агрегатов, автомобилей					
24.1	Классификация испытаний. Испытание деталей. Обкатка и испытания агрегатов. Испытание автомобилей			2	[1–4; 6; 9]	
	Практическая работа 9 «Зубодолбежный метод получения зубчатых колес»			2	[1–5]	Письменный отчет
Тема 25	Совершенствование процессов конструирования, организации производства и изготовления автомобилей					
25.1	Совершенствование методов создания оптимальной конструкции автомобиля. Улучшение организации и управления производственными процессами. Обеспечение качества изготовления деталей и сборки изделий.			4	[1–4; 6; 9]	
	Итого	**12**	**4**	**92**		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Лебедев Л.В., Мнакаданян В.У., Погонин А.А. Технология машиностроения: учеб. для ВУЗов. – Минск: Новое знание, 2008. – 528 с.

2. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. – Л.: Машиностроение, 1976. – 560 с.

3. Ярошевич В.К., Савич А.С., Казацкий АВ. Технология производства автомобилей: учеб. пособие. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2006. – 280 с.

4. Ярошевич В.К., Савич А.С., Иванов В.П. Технология производства и ремонта автомобилей. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 591 с.

Дополнительная литература

5. Веремей Г.А. Технология производства и ремонта автомобилей: метод. указания к выполнению практ. работ для студентов спец. 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей». – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т, 2021. – 60 с.

6. Кучур С.С., Болбас М.М., Ярошевич В.К. Научные исследования и решение инженерных задач. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2003. – 416 с.

7. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – Изд. 5-е, испр. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.

8. Технология машиностроения (специальная часть): учеб. / А.А. Гусев, Е.Р, Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.

9. Проектирование технологических процессов в машиностроении: учеб. пособие / И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; под общ. ред. И.П. Филонова; + CD – Минск: Технопринт, 2003. – 910 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Практическая работа 1 «Механическая обработка в автомобильной промышленности».
2. Практическая работа 2 «Виды поверхностей машины и ее деталей».
3. Практическая работа 3 «Технологический процесс и его структура».
4. Практическая работа 4 «Базирование деталей и заготовок».
5. Практическая работа 5 «Токарная металлообработка и технологическое оборудование».
6. Практическая работа 6 «Фрезерный метод обработки и технологическая оснастка».
7. Практическая работа 7 «Сверлильный метод обработки и оборудование».
8. Практическая работа 8 «Шлифовальный метод обработки и оборудование».
9. Практическая работа 9 «Зубодолбежный метод получения зубчатых колес».

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА

1. Цель, задачи и структура дисциплины «Технология производства автомобилей».
2. Общие сведения о производстве автомобилей.
3. Автомобили и их жизненный цикл.
4. Назначение и задачи автомобилестроительных предприятий.
5. Производство, производственный процесс и его характеристики.
6. Структура производственного процесса.
7. Классификация и состав процессов автопроизводственного предприятия.
8. Технологический процесс и его структура. Типы производства и их технологическая характеристика.
9. Машина и сущность ее работы.
10. Служебное назначение машины.
11. Иерархическая структура машины.
12. Машина и производственный процесс как системы.
13. Подготовка производства и производство машины.
14. Технологические требования к конструкции машины.
15. Технологичность конструкции.
16. Оценка уровня технологичности конструкции.
17. Материалы заготовок.
18. Виды заготовок и требования к ним.
19. Основные способы получения заготовок.
20. Экономическое обоснование выбора заготовок.
21. Основы базирования деталей и заготовок.
22. Основные положения теории базирования.
23. Базирование тел разной формы.
24. Базирование призматического тела.
25. Базирование цилиндрического тела.
26. Базирование диска.
27. Виды баз.
28. Определенность и неопределенность базирования.
29. Смена баз.
30. Разработка теоретической схемы базирования.
31. Основы выбора технологических баз.
32. Правила выбора черновых баз.

33. Правила выбора чистовых баз.

34. Типовые комплекты технологических баз.

35. Базирование корпусных заготовок.

36. Базирования заготовок - тел вращения.

37. Погрешность различных схем базирования.

38. Погрешность базирования на плоскость.

39. Погрешность базирования на внешнюю цилиндрическую поверхность.

40. Погрешность базирования на отверстие.

41. Погрешность базирования на плоскость и два отверстия.

42. Исходная информация к разработке технологического процесса.

43. Основные принципы построения технологического процесса механической обработки деталей машин.

44. Методы и стадии разработки ТП механической обработки деталей машин.

45. Оценка качества технологического процесса.

46. Классификация деталей.

47. Классификация методов металлообработки.

48. Припуски на обработку и ее точность.

49. Металлорежущее оборудование, режущий инструмент.

50. Обработка типовых поверхностей.

51. Изготовление корпусных деталей.

52. Изготовление тел вращения.

53. Изготовление зубчатых колес.

54. Назначение и сущность сборки.

55. Формирование технологического процесса сборки машины.

56. Последовательность разработки технологического процесса сборки.

57. Анализ технологичности сборочной единицы.

58. Обеспечение точности сборочных размерных связей.

59. Сборочные параметры.

60. Сборка типовых соединений и передач.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- углубленное изучение отдельных тем учебной дисциплины;
- подготовка к выполнению практических работ;
- подготовка к аттестационному тестированию в течение семестра.

Содержание самостоятельной работы студентов (дневная форма получения высшего образования)

Вид самостоятельной работы	Тематическое содержание и используемые источники	Количество часов
Углубленное изучение тем учебной дисциплины	**Тема 1.** Введение. Общие сведения о производстве автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	1
	Тема 2. Производство и производственный процесс. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	2
	Тема 3. Автомобиль как машина и объект производства. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	2
	Тема 4. Автомобильное производство как отрасль машиностроения. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	1
	Тема 5. Технологичность конструкции. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	1
	Тема 6. Качество изготовления автомобиля. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	1
	Тема 7. Основы базирования деталей и заготовок. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	1
	Тема 8. Базирование тел разной формы. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 9. Виды баз. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1

	Тема 10. Определенность и неопределенность базирования. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 11. Смена баз Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 12. Разработка теоретической схемы базирования. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 13. Основы выбора технологических баз. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 14. Типовые комплекты технологических баз. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 15. Погрешность различных схем базирования. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 16. Точность обработки. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 17. Система обеспечения качества изготовления изделий. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 18. Заготовки деталей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–99]	1
	Тема 19. Технологические основы изготовления деталей автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 20. Автоматизация процессов обработки. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 21. Изготовление типовых деталей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 22. Проектирование технологических процессов изготовления деталей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 23. Проектирование технологических процессов сборки агрегатов автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1

	Тема 24. Испытания деталей, агрегатов, автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	1
	Тема 25. Совершенствование процессов конструирования, организации производства и изготовления автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
Подготовка к выполнению практических работ	**ПР-1.** Механическая обработка в автомобильной промышленности. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-2. Виды поверхностей машины и ее деталей. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-3. Технологический процесс и его структура. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-4. Базирование деталей и заготовок. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-5. Токарная металлообработка и технологическое оборудование. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-6. Фрезерный метод обработки и технологическая оснастка. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-7. Сверлильный метод обработки и оборудование. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-8. Шлифовальный метод обработки и оборудование. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	1
	ПР-9. Зубодолбежный метод получения зубчатых колес	1
	Всего	**40**

Содержание самостоятельной работы студентов (заочная форма получения высшего образования)

Вид самостоя-тельной работы	Тематическое содержание и используемые источники	Количество часов
Углубленное изучение тем учебной дисциплины	**Тема 1.** Введение. Общие сведения о производстве автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	2
	Тема 2. Производство и производственный процесс. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	4
	Тема 3. Автомобиль как машина и объект производства. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	4
	Тема 4. Автомобильное производство как отрасль машиностроения. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	2
	Тема 5. Технологичность конструкции. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	4
	Тема 6. Качество изготовления автомобиля. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	2
	Тема 7. Основы базирования деталей и заготовок. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–8]	2
	Тема 8. Базирование тел разной формы. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 9. Виды баз. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 10. Определенность и неопределенность базирования. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 11. Смена баз Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 12. Разработка теоретической схемы базирования. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2

	Тема 13. Основы выбора технологических баз. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 14. Типовые комплекты технологических баз. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 15. Погрешность различных схем базирования. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4
	Тема 16. Точность обработки. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4
	Тема 17. Система обеспечения качества изготовления изделий. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 18. Заготовки деталей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4
	Тема 19. Технологические основы изготовления деталей автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4
	Тема 20. Автоматизация процессов обработки. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 21. Изготовление типовых деталей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4
	Тема 22. Проектирование технологических процессов изготовления деталей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4
	Тема 23. Проектирование технологических процессов сборки агрегатов автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4
	Тема 24. Испытания деталей, агрегатов, автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	2
	Тема 25. Совершенствование процессов конструирования, организации производства и изготовления автомобилей. Основная литература: [1–4]. Дополнительная литература: [6–9]	4

Подготовка к выполнению практических работ	**ПР-1.** Механическая обработка в автомобильной промышленности. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-2. Виды поверхностей машины и ее деталей. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-3. Технологический процесс и его структура. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-4. Базирование деталей и заготовок. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-5. Токарная металлообработка и технологическое оборудование. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-6. Фрезерный метод обработки и технологическая оснастка. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-7. Сверлильный метод обработки и оборудование. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-8. Шлифовальный метод обработки и оборудование. Основная литература: [3; 4]. Дополнительная литература: [8]	2
	ПР-9. Зубодолбежный метод получения зубчатых колес	2
	Всего	**92**

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Цель проекта заключается в приобретении навыков по разработке технологических процессов изготовления типовых деталей автомобилестроительного производства.

Курсовой проект включает пояснительную записку и графическую часть. Объем пояснительной записки составляет 30–40 листов формата А4. Оформленный технологический процесс в соответствие со стандартами ЕСТД представляется в виде приложения к пояснительной записке. Графическая часть проекта содержит: чертеж сборочной единицы (агрегата автомобиля) – формат А3 (А2); разработанный чертеж изделия с техническими требованиями – формат А3; операционные эскизы, поясняющие описание технологического процесса, – формат А2 (А1).

На выполнение курсового проекта в соответствии с учебным планом отводится 72 ч.

Курсовой проект выполняется по индивидуальному техническому заданию, которое выдает преподаватель в соответствии с разработанными методическими указаниями к выполнению курсового проекта. Выданное техническое задание на проектирование утверждает заведующий кафедрой.

Технические решения, предложенные студентом при выполнении курсового проекта, должны быть технически и экономически обоснованы.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Оценка уровня знаний студента производится в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Оценка промежуточных учебных достижений студента осуществляется по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- письменный отчет по практическим заданиям;
- аттестационное тестирование в течение семестра;
- сдача экзамена по дисциплине,
- защита курсового проекта.

Мероприятия *промежуточного* контроля проводятся в течение семестра и включают в себя следующие формы контроля:

1. Аттестационное тестирование ($ПК_1$).
2. Письменный отчет по практическим задании ($ПК_2$).

Результат промежуточного контроля за семестр оценивается отметкой в баллах по десятибалльной шкале и выводится исходя из отметок, выставленных в ходе проведения мероприятий промежуточного контроля в течение семестра по формуле

$$П = \frac{ПК_1 + ПК_2 + \ ... \ + ПК_n}{n},$$

где каждое из слагаемых определяется как среднеарифметическое по каждой из форм промежуточного контроля; n – количество слагаемых оценок.

Мероприятия текущей аттестации:

1. Защита курсового проекта.
2. Сдача экзамена.

Методика формирования итоговой отметки. Экзамен проводится в соответствии с Правилами проведения аттестации студентов, при освоении содержания образовательных программ высшего образования, утвержденными постановлением Министерства образования Республики Беларусь 29.05.2012 №53 и Положением о рейтинговой системе оценки знаний и компетенций студентов (приказ №294 от 06.06.2014 г.).

Отметка по экзамену ($О$) рассчитывается на основе отметки по десятибалльной шкале, полученной студентом за ответы на вопросы по билету (оценка электронного тестирования).

Итоговая экзаменационная отметка по дисциплине (*Э*) рассчитывается на основе результата промежуточного контроля (*П*) и отметки, полученной студентом за ответ по экзамену (*О*), по формуле

$$Э = kП + (1-k)O,$$

где k – весовой коэффициент промежуточного контроля (утверждается в начале семестра на заседании кафедры и доводится до сведения студентов на первом занятии).

ОПИСАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ПРЕПОДАВАНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основными инновационными подходами к преподаванию учебной дисциплины, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

– элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

– использование платформы Microsoft Teams для дистанционной работы с обучающимися;

– элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;

– коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты, мозговой штурм и другие формы и методы), реализуемые на практических занятиях и конференциях;

– проектные технологии, используемые при разработке конкретного объекта.

ВВЕДЕНИЕ

Первые мысли о возможности перемещения крупногабаритных грузов и людей появились у человечества еще в первые тысячелетия нашей эры. Оттуда берут истоки создания первых прототипов тел качения (колеса) и транспортных средств (гужевых повозок), на базе которых появилась идея создания автомобиля.

Создание простейших прототипов автомобиля пришлось в мире на 17-е столетие, а первого масштабного производства – на конец 18-го.

На сегодня автомобильная индустрия занимает весомую долю в производстве всех транспортных средств, являясь неотъемлемой отраслью машиностроительной промышленности многих государств, в т.ч. Беларуси.

Система автомобильной промышленности представляет собой комплексную совокупность взаимоувязанных логических, материальных, энергетических и человеческих ресурсов, результатом совместной деятельности которых является производство сложной продукции.

Автомобиль – конструктивно сложный продукт, требующий качественного и глубокого понимания его устройства, принципов действия и процессов, протекающих в его системах специалистами в области технической эксплуатации автомобилей (ТЭА).

В жизненном цикле автомобиля каждый этап его создания (конструирования и производства) имеет прямую качественную зависимость с его последующей технической эксплуатацией в процессах использования по назначению, технического обслуживания (ТО), технического ремонта (ТР) и хранения.

Квалификация инженерно-технического специалиста в ТЭА определяется качеством и глубиной его знаний как в процессах ТО, ТР и хранения, так и в понимании основ технологии производства автомобилей (ТПА), а также умении ориентироваться в базовых понятиях и принципах изготовления автомобильной продукции. Другими словами, от качества технологии производства автомобиля зависит качество его эксплуатации, которое в равной степени зависит от качества знаний специалиста в области ТЭА.

В переводе с греческого технология (*techno* – мастерство, умение и logos – слово, учение) означает «учение о мастерстве» и представляет собой науку, систематизирующую совокупность процессов переработки материалов и обработки изделий в определенной отрасли производства, а также описание способов производства и контроля качества продукции.

Учебно-методический комплекс (ЭУМК) «Технология производства автомобилей» служит для приобретения необходимых знаний будущими инженерно-техническим кадрами ТЭА, позволяющих с научной обоснованностью понимать базовые процессы и ориентироваться в основах изготовления автомобильной продукции для последующего эффективного обслуживания и ремонта автомобилей в условиях транспортных, обслуживающих и ремонтных автопредприятий.

ЭУМК по «ТПА» ставит следующие задачи:

– по изучению: основ изготовления автомобилей; структуры, процессов и особенностей автостроительного производства как отрасли машиностроения; методов обеспечения точности и качества при изготовлении деталей; видов и особенностей получения заготовок; технологических процессов изготовления типовых автомобильных деталей; современных методов механической обработки, соответствующего технологического оборудования и оснащения автопроизводства; технологических сборочных процессов, методов достижения точности и соответствующего оборудования; основных направлений совершенствования процессов и средств технологического оснащения автостроительного производства;

– овладения: общими принципами проектирования технологических процессов изготовления деталей автопромышленности; способами контроля качества деталей и агрегатов автомобиля;

– ознакомления: со способами термической обработки заготовок и деталей; с технологической и нормативно технической документацией в области производства автомобилей.

Материал ЭУМК основан на фундаментальных положениях технологии машиностроения, объектом производства которой является автомобильная продукция, а также результатах научных исследований, производственном опыте и современных тенденциях развития производства по изготовлению автомобилей.

Учебное пособие состоит из трех разделов: основы технологии производства автомобилей; основы достижения качества изготовления автомобилей; технология производства деталей и агрегатов автомобилей.

В *первом разделе* рассмотрены: основные положения технологии производства автомобилей и ее роли в их жизненном цикле; понятия производственных и технологических процессов, их характеристика, типы и структура; понятие служебного назначения автомобиля и сущности его работы как иерархической системы; этапы подготовки производства и производство автомобиля; понятие технологичности конструкции автомобиля.

Второй раздел представлены основные аспекты достижения качества при изготовлении автомобилей; понятия качества сборочной единицы и детали; понятие точности изделия и методов ее достижения за счет теории базирования; понятие точности обработки, факторов, влияющих на нее, этапов и методов ее обеспечения; понятие качества поверхности детали, ее параметры и методы оценки; физико-механические свойства поверхностного слоя изделия и формирование качества поверхности технологическими методами.

Третий раздел посвящен вопросам: технологии производства, материалам, методам получения заготовок автомобильных деталей и экономическому обоснованию их выбора; выбора методов обработки поверхностей заготовок, понятию припусков на обработку резанием, выбора станочных приспособлений и автоматизации процессов обработки; изготовления типовых деталей; основам, принципам и методам проектирования технологических процессов изготовления деталей, оценки качества технологического процесса, режимам обработки и техническому нормированию операций, технико-экономическому анализу вариантов выбора технологического процесса; проектирования, назначения, сущности и основам разработки технологических процессов сборки агрегатов автомобилей, балансировки деталей и узлов, сборки типовых соединений, обеспечения точности технологических процессов сборки; испытания деталей и агрегатов автомобилей, классификации испытаний и обкатки, испытания автомобилей; совершенствования процессов конструирования, организации производства и изготовления автомобилей, совершенствования методов создания оптимальной конструкции автомобиля, улучшения организации и управления производственными процессами, обеспечения качества изготовления деталей и сборки изделий.

Как показывает сложившаяся практика, автомобильная промышленность нашей страны не ремонтирует свои изделия, эту функцию выполняют отрасли, эксплуатирующие автомобили. Выявление общих признаков и отличительных особенностей изготовления (первичного производства) и ремонта (вторичного производства) автомобилей необходимо для актуализации вопросов развития авторемонтной отрасли, состояние которой в Беларуси остается нерешенной проблематикой по сей день. Отечественная практика свидетельствует, что белорусский потребитель автомобильной продукции вопреки растущей тенденции - заполонить рынок сбыта

дешевым одноразовым авто товаром (автомобилями – однодневками) в своем большинстве предпочитает надежный отремонтированный (восстановленный) агрегат, эксплуатация которого отличается, в первую очередь, долговечностью и безотказностью при экономической целесообразности проведения ремонтных мероприятий.

Представленный учебный материал дается в объеме, необходимом для освоения основ технологии производства автомобилей студентами специальностей «Техническая эксплуатация автомобилей». Он служит неотъемлемой вехой и базой для успешного изучения дисциплины «Спецвопросы ремонта автомобилей» и разработки процессов и средств технического оснащения в авторемонтном производстве. Материалы учебного пособия могут быть использованы студентами учреждений высшего образования и учащимися, получающими профессионально-техническое образование автотранспортного профиля, а также специалистами производственных, ремонтных и транспортных автопредприятий.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Раздел I
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

1. Общие сведения о производстве автомобилей

1.1. Производство автомобилей в их жизненном цикле

Автомобиль (с лат. *automobile*, *auto* — машина и *mobile* — подвижный) – транспортная безрельсовая машина на колесном или полугусеничном ходу, которая приводится в движение собственным двигателем и служит для выполнения транспортной работы.

Классифицируются автомобили: по назначению (грузовые, пассажирские, специальные и спортивные); по типу двигателя (бензиновые, дизельные, газобаллонные, газотурбинные и электрические); по компоновке (с приводом на заднюю и (или) переднюю ось); по проходимости (дорожные, внедорожные (карьерные), повышенной или высокой проходимости).

Автомобиль является продуктом труда автомобилестроения в машиностроительной отрасли народного хозяйства.

Автомобиль делится на агрегаты, которые состоят из сборочных единиц, а последние, в свою очередь, – из деталей.

Изделием называют единицу промышленной продукции конечной стадии производства. Или – это предмет (предметы) труда, прошедший все стадии производственного процесса на определенном предприятии и пригодный к непосредственному потреблению или дальнейшему использованию в сфере производства. Изделиями могут быть автомобили, их агрегаты, сборочные единицы, детали и заготовки.

Агрегат – часть автомобиля, которая выполняет самостоятельную функцию, обладает полной взаимозаменяемостью с одноименными изделиями и допускает сборку отдельно от других составных частей автомобиля. Большинство автомобилей включают агрегаты: двигательные (преобразователи энергии), передаточные (преобразователи движения) и исполнительные (взаимодействующие с дорогой).

Сборочная единица – изделие или его часть (узел, механизм), которое представляет собой соединение двух и больше деталей, собираемое независимо от других частей, элементы которого соединены между собой с помощью крепежных элементов.

Сборочная единица может собираться отдельно от других составных частей агрегата, но способна выполнять свою функцию только вместе с другими его частями.

Деталь – элементарная неразделяемая часть автомобиля, изготовленная из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Жизненный цикл автомобиля – совокупность логически взаимосвязанных процессов с момента формирования исходных требований к автомобилю до его утилизации. Рассмотрение стадий жизненного цикла автомобилей дает понятие о видах и структуре автопроизводства, в котором они обращаются, о процессах, связанных с созданием автомобилей и их технической эксплуатацией.

Жизненный цикл автомобилей включает следующие стадии (рисунок 1.1):

– наличие потребности, изучение рынка продукции, составление технического задания (ТЗ) к автомобилю и подготовку решения о производстве автомобилей;

– конструкторская подготовка (проектирование, изготовление опытных образцов и испытание автомобилей);

– технологическая подготовка производства (проектирование технологических процессов (ТП) и средств технологического оснащения (СТО), приобретение, изготовление и внедрение последних, изготовление опытной партии автомобилей);

– организационная подготовка производства;

– производство автомобилей (обеспечение материальными и энергетическими ресурсами, изготовление, испытания, контроль);

– реализация (транспортирование, хранение и сбыт) продукции;

– использование автомобилей по назначению;

– техническая эксплуатация (техническое обслуживание автомобилей (ТО) и технический ремонт автомобилей (ТР));

– капитальный ремонт (КР) (в случае ремонтопригодности);

– утилизация автомобилей.

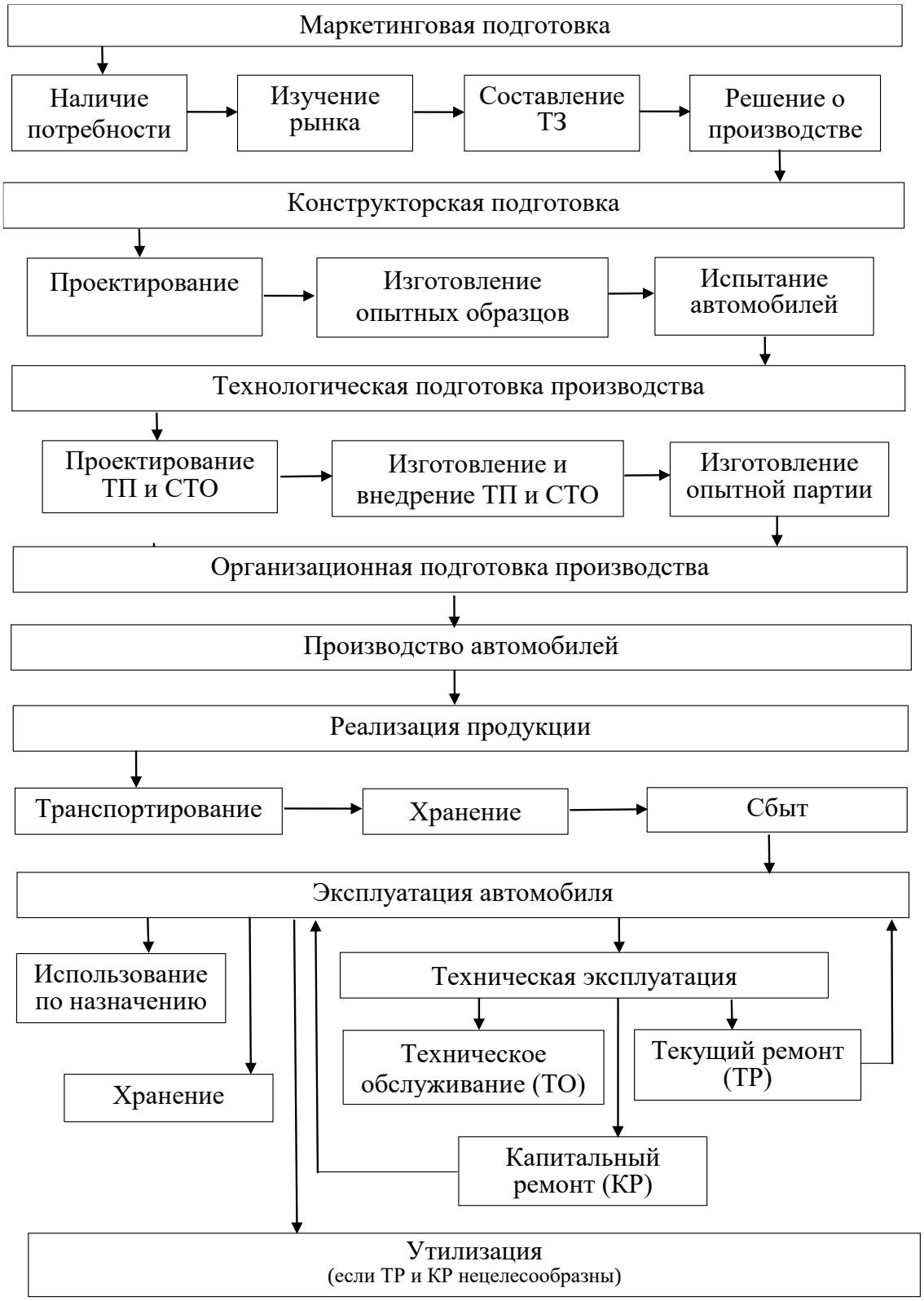


Рисунок 1.1. – Схема жизненного цикла автомобиля

Маркетинговая подготовка – изучение спроса на продукцию и ее ремонт, а также изучение влияния качества самой продукции и ее технического сервиса на объемы выпуска. Задачи маркетинга – выявление вида и основных параметров продукции, подлежащей освоению, формирование заказов с расчетом объемов выпуска, определение цены товара, налаживание сбыта продукции, ориентированной на запросы потребителей и корректируемой в зависимости от перемен на рынке, включая их прогнозирование.

Конструкторская подготовка производства включает работы по проектированию автомобилей и испытанию их опытных образцов. Результат этой подготовки – комплект чертежей, инструкций по эксплуатации и положительные акты испытаний образцов автомобилей. Цель – создание технической документации к образцам конкурентоспособных автомобилей.

Конкурентоспособность автомобилей – способность их соответствовать сложившимся требованиям рынка к техническому уровню и цене.

Технический уровень автомобилей – относительная характеристика их качества, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство автомобилей в сравнении с показателями лучших автомобилей в мире или их эталонных образцов.

Качество автомобиля – совокупность свойств, обусловливающих пригодность к выполнению им транспортной работы в соответствии с его назначением.

Виды *испытания продукции* при постановке ее на производство и текущем выпуске определены ГОСТ 16504-81. При испытаниях автомобилей экспериментально определяют значения установленных показателей сразу после их изготовления (ремонта) и во время использования по назначению. Сведения, полученные при испытаниях, применяют для совершенствования средств и процессов изготовления и ремонта автомобилей. Испытания могут быть *натурными и модельными*. Различают предварительные, приемочные, квалификационные, приемосдаточные и периодические испытания. Предварительные и приемосдаточные испытания проводит само предприятие, испытания других видов выполняют ведомственные или государственные органы. На стадии конструкторской подготовки проводят предварительные и приемочные испытания автомобилей, по результатам которых принимают решение о целесообразности постановки автомобиля на производство.

Постановка автомобилей на производство – совокупность мероприятий по организации их промышленного выпуска, включающих подготовку производства и его освоение.

Подготовка производства – работы по обеспечению технологических процессов и организации производства для изготовления автомобилей в заданном объеме нормативного качества.

Технологическая подготовка производства включает следующие работы:

– подготовка помещений с инженерными сетями для подвода производственных ресурсов и отвода отходов, вентиляцией, отоплением и освещением;

– монтаж, установка и ввод в эксплуатацию средств технологического оснащения и подъемно-транспортных средств;

– разработка комплекта технологической документации на все операции изготовления автомобилей;

– изготовление первой партии изделий с заданной производительностью и показателями качества, установленными технической документацией.

Конструкторская и технологическая подготовка образуют вместе *техническую подготовку производства.*

Параллельно с технологической подготовкой производства выполняют и элементы его организационной подготовки:

– обоснование производственной структуры предприятия;

– разработку системы управления заводом, в том числе его структурными подразделениями;

– обеспечение кадрами и их подготовку;

– распределение функций и установление взаимодействия между подразделениями и работниками;

– нормирование производственных ресурсов и их распределение между рабочими местами;

– нормирование труда и его организацию на рабочих местах;

– обеспечение безопасных и комфортных условий труда;

– создание системы безотказной работы оборудования;

– разработку организационной документации и определение внутрицеховой отчетности.

Освоение производства – отработка и проверка подготовленных технологических процессов, нормативов и инструкций, овладение рабочими практическими приемами изготовления автомобилей со стабильными значениями показателей качества при заданном объеме выпуска. Решение об освоении продукции принимается по результатам квалификационных

испытаний, которые оценивают готовность предприятия к выпуску продукции в заданном объеме. Завершение освоения производства обусловливает начало текущего производства.

Текущее производство автомобилей включает доставку и хранение материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, все операции изготовления деталей, сборку сборочных единиц, агрегатов и автомобилей, окрашивание и обкатку агрегатов и автомобилей, технический контроль и испытания. Решение о пригодности автомобилей к поставкам принимают по результатам приемосдаточных испытаний. Через установленные промежутки времени или по мере выпуска определенного объема продукции проводят периодические испытания с целью контроля стабильности качества и обоснования мероприятий по его поддержанию.

Производство автомобилей предполагает их непрерывное совершенствование в виде повышения технического уровня и качества с внесением соответствующих изменений в техническую документацию.

Изготовленные автомобили доставляют на базы торговой сети, откуда после хранения и продажи они поступают к потребителю.

Ввод в эксплуатацию – событие, характеризующее готовность автомобиля к использованию по назначению.

Ряд стадий жизненного цикла автомобилей составляет их эксплуатацию, в т.ч. техническую.

Эксплуатация автомобилей (ГОСТ 25866-83) – стадии их жизненного цикла, в течение которых реализуется, поддерживается и восстанавливается их качество. Другими словами, эксплуатация автомобилей включает их использование по назначению, хранение, техническое обслуживание и ремонт. Наиболее важная стадия эксплуатации автомобиля – использование его по назначению, т.е. выполнение установленного объема грузовых и пассажирских перевозок с высокой степенью безопасности и надежности.

Хранение подвижного состава организовано для его защиты от метеорологических и прочих воздействий внешней среды в зависимости от климатических и эксплуатационных условий с учетом ряда сопутствующих факторов: типа подвижного состава и его конструкции, режима эксплуатации, назначения и мощности автопредприятия, энергетических возможностей региона.

Техническая эксплуатация автомобилей – часть эксплуатации, включающая их хранение, техническое обслуживание и ремонт. Техническое состояние автомобиля ухудшается при его использовании, его необходимо поддерживать техническим обслуживанием и восстанавливать ремонтом.

Техническое обслуживание автомобилей направлено на более длительное пребывание их в работоспособном состоянии во время использования по назначению. Работы по техническому обслуживанию включают уборочно-моечные, диагностические, крепежно-регулировочные и смазочно-заправочные работы, они выполняются в плановом порядке и служат для предупреждения неисправностей и исключения их причин с уменьшением интенсивности изнашивания деталей и других разрушительных процессов.

Ремонт автомобилей необходим для устранения их неисправностей и восстановления ресурса путем замены отказавших деталей, сборочных единиц или агрегатов на исправные изделия. Ремонтные работы, как правило, выполняют по потребности.

Несложные и нетрудоемкие виды ремонта, предусматривающего только устранение неисправностей, выполняют на автотранспортном предприятии; капитальные ремонты, связанные с восстановлением ресурса агрегатов и автомобилей в целом, – на авторемонтных предприятиях.

Капитально отремонтированный автомобиль с восстановленным техническим ресурсом возвращается в транспортный процесс для использования по назначению.

Снятие автомобилей с производства – прекращение их промышленного производства по причине несоответствия технического уровня и качества современным требованиям или выпуска конкурентами автомобилей, обладающих большим спросом.

Наконец, на последней стадии жизненного цикла автомобиль снимают с эксплуатации и утилизируют. Снятие автомобиля с эксплуатации осуществляется в том случае, если его невозможно или нецелесообразно использовать в дальнейшем по назначению или ремонтировать.

Утилизация заключается в использовании автомобиля (в т.ч. его частей) для других нужд (агрегатов – для учебных целей, годных деталей – для дальнейшего применения, деталей с неустранимыми повреждениями – для переплавки и др.).

1.2. Назначение и задачи автомобилестроительных предприятий

Назначение автомобилестроительного предприятия – выпуск автомобильной продукции требуемых номенклатуры, объемов, и качества в установленные сроки.

Основные *задачи автомобилестроительного предприятия*:

– обеспечение эффективной деятельности всех составляющих его структуры (производственной и непроизводственной);

– обеспечение качества выпускаемой продукции;

– повышение технического уровня производства и степени автоматизации;

– увеличение производительности труда;

– совершенствование процессов, средств и способов производства;

– освоение и выпуск новой продукции при минимальных затратах;

– расширение номенклатуры выпускаемых изделий;

– обеспечение оперативной переналадки производства при смене видов изделий по запросам рынка (гибкость);

– совершенствование структуры, управления и организации предприятия;

– повышение квалификации работников;

– экономия материальных, трудовых и энергетических ресурсов;

– обеспечение безопасности труда, охрана окружающей среды и ресурсосбережение.

2. Производство и производственный процесс

2.1. Производство, производственный процесс и его характеристики

Неотъемлемой частью отрасли машиностроения является автомобильная промышленность, изделия которой представляют собой продукцию машиностроительного производства в виде отдельных деталей, узлов, агрегатов, а также автомобилей в целом.

Производственным процессом называют совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на предприятии для изготовления ремонта изделий.

Орудия (средства) труда – материальные объекты, с помощью которых в процессе производства предметы труда превращают в готовую продукцию. К орудиям труда относят оборудование (станки, сборочные и испытательные стенды), режущий (РИ), сборочный и измерительный инструмент, станочные и сборочные приспособления.

Предмет труда – естественное вещество или продукт предыдущих стадий производства, которые с помощью труда превращают в продукцию.

Например, кусок круглого проката для получения вала, исходные заготовки, обработкой которых получают детали, из которых путем сборки производят машину, механизм или их части.

Производственный процесс делится на основные и вспомогательные, которые называют *технологическими процессами* (ТП).

Основные процессы непосредственно связаны с изменением состояния предмета труда (литье, ковка заготовок, их механическая обработка, термическая обработка, сборка, контроль и т. д.) и необходимы для получения из исходных материалов готового изделия, вспомогательные (транспортировка предметов труда, их хранения, ремонт и обслуживание оборудования и т. д.) выполняются на предприятии и необходимые для осуществления основных процессов.

Производственный цикл – промежуток календарного времени от запуска в производство к получению готового изделия.

Производственный процесс охватывает этапы, которые последовательно выполняются в разных производственных подразделениях предприятия (в отделах, цехах, участках):

– технологическую подготовку производства;

– подготовку и обслуживание средств производства;

– получение, хранение и перемещение материалов, полуфабрикатов, заготовок, комплектующих и готовых изделий;

– разные виды обработки (механическую, термическую, окрашивание, упаковка);

– сборка изделий и контроль качества.

Территория, которая необходима для осуществления производственного процесса, называется *производственной площадью*.

Процесс рыночной ориентации производства начинается с изучения спроса, а заканчивается его удовлетворением. С помощью адаптации производства к требованиям рынка в пределах ресурсов предприятия формируется *производственная программа*, а в дальнейшем – *план производства* и реализации продукции. Он включает:

– план запуска заказов в производство (ассортиментная загрузка производства);

– планирование рекламы и стимулирование сбыта;

– снабжение/поставка продукции потребителям;

– финансовое планирование (планы расходов, прибылей, потерь и т.п.).

Современное промышленное производство должно быть гибким и рыночно ориентированным, где рынок определяет требования к изделию и ко всем этапам его создания, изготовления и эксплуатации (рисунок 2.1).

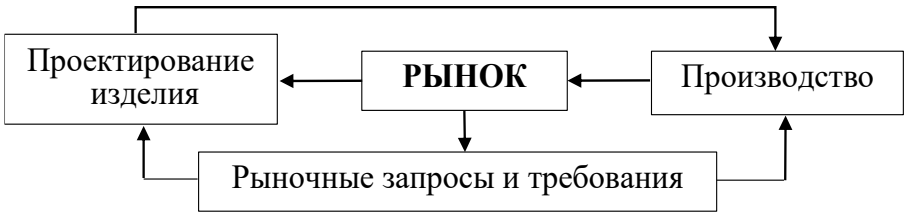


Рисунок 2.1. – Рыночная ориентированность предприятия

Производственный процесс имеет основные *технико-экономические характеристики*:

- количество производственной продукции;
- качество;
- производительность;
- гибкость;
- степень автоматизации;
- эффективность производственного процесса.

Вид продукции характеризуется ее назначением, конструкцией, техническими характеристиками, качеством.

Количество выпущенной продукции определяется объемом ее выпуска в год.

Качество производственного процесса определяет точность размеров, форму элементов и относительное расположение поверхностей деталей, шероховатость их поверхностей, а также качество необходимых свойств материалов, из которых изготовлено изделие.

Производительность производственного процесса должна быть достаточной для того, чтобы обеспечить плановый объем выпуска продукции.

Степень автоматизации – безразмерный показатель, позволяющий количественно оценить уровень автоматизации производственного процесса.

Степень автоматизации производственного процесса оценивается отношением времени автоматической работы к периоду времени полного процесса.

Гибкость производственного процесса – это его способность адаптации к требованиям, которые изменяются, или условий производства (например, к изменению объекта производства). Гибкость производства должна

обеспечивать возможность быстрого внесения коррекций в производственный процесс, например, в связи с изменением конструкции изделия, сроков изготовления или свойств материала изделия, а также в связи с поломкой оборудования или системы управления.

Эффективность производственного процесса – степень уменьшения расходов на производство изделия относительно некоторого среднего уровня развития производительных сил общества. Эффективность производства является основным показателем, зависящая и от уровня производительности, уровня гибкости и степени автоматизации производственного процесса. Повышение эффективности производства достигается минимизацией приведенных расходов.

2.2. Классификация и состав производственных процессов

В результате производственной деятельности человека предмет труда проходит ряд стадий, которые называются частичными производственными процессами и создают структуру производственного процесса.

Производственные процессы автомобилестроительного производства делят на заготовительные, обрабатывающие, сборочные (рисунок 2.2).

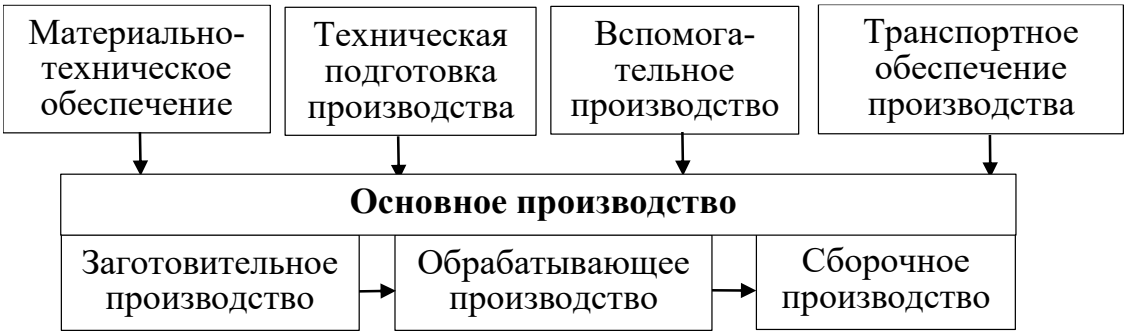


Рисунок 2.2. – Процессы автомобилестроительного производства

Заготовительное производство изготавливает из разнообразного сырья и материалов *заготовки* для дальнейшего изготовления деталей. Оно состоит из литейного, кузнечного, штамповочного и сварочного.

Литейное и кузнечное производство изготавливают исходные заготовки литьем (отливки), ковкой (ковки), штампованием (штамповки).

Сварочное производство создает новые по форме и размерам неразъемные соединения методом сварки нескольких деталей.

Механообрабатывающее производство осуществляет переход от исходных заготовок к готовым деталям за счет съема (срезания) слоя металла или другого материала. Этот переход осуществляют многократным механическим влиянием на заготовку, в результате чего изменяется ее форма, размеры, относительное расположение поверхностей, состояние поверхностного слоя. Эти изменения осуществляют разными технологическими методами обработки (токарная, фрезерная, шлифовальная и др.), каждый из которых обеспечивает определенные значения параметров точности и качества.

Сборочное производство представляет собой процесс соединения деталей и составных частей изделия в единое целое.

1. *По роли* в процессе производства все производственные процессы разделяют:

– на *основные* (в результате которых создается основная продукция, ради производства которой существует предприятие);

– *вспомогательные* (в результате которых образуется вспомогательная продукция, которая потребляется самим предприятием и способствует выпуску основной (например, ремонт оборудования, производство инструмента));

– *обслуживающие* (в результате которых новая продукция не производится (например, контроль качества продукции, транспортировка, складирование продукции)).

2. *По стадиям* производственные процессы разделяют:

– на заготовительные;

– обрабатывающие (изменение состояния объекта труда механическими, химическими и другими способами);

– сборочные;

– испытание продукции;

– упаковка продукции и т.д.

3. *По видам применения средств труда* производственные процессы могут быть:

– ручными, выполняемыми без применения машин и механизмов вручную;

– машинно-ручными, выполняемыми с применением машин при непосредственном участии работника;

– машинные (которые выполняются машиной под управлением рабочего);

– автоматические (когда рабочий осуществляет лишь функции надзора за производственным процессом);

– аппаратные (которые осуществляются в специальных агрегатах под надзором рабочего (химические технологии, металлургические процессы)).

4. По величине перерывов производственные процессы разделяют:

– на прерывные (дискретные) процессы, в которых имеют место перерывы, как внутри производственного цикла, так и между составляющими производственного цикла (для выгрузки, транспортировки и т.п.);

– непрерывные (процессы, которые не имеют перерывов (перерывы возможны лишь в связи с ремонтом оборудования). Например, непрерывное фрезерование, протягивание, шлифование.

2.3. Технологический процесс и его структура

Терминология технологических процессов и их составных частей принята по ГОСТ 3.1109-82.

Технологический процесс (ТП) – часть производственного процесса, содержащая целенаправленное действие на изменение и (или) следующее определение состояния предмета труда.

Технологический процесс механической обработки – это часть производственного процесса, в течение которой посредством изменения формы, размеров, относительного расположения и шероховатости поверхностей заготовки получают деталь. Предметом труда при этом является исходная заготовка (заготовка перед первой технологической операцией).

Технологический процесс сборки являет собой часть производственного процесса, непосредственно связанную с последовательным соединением, взаимным ориентированием и закреплением деталей и узлов для получения готового изделия, которое удовлетворяет установленным требованиям. Предметами труда при сборке являются детали и узлы машины.

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, которую выполняют на одном рабочем месте без разрыва во времени. Технологическая операция связана, как правило, с действиями по обработке или сборке, т.е. с изменениями формы, размеров, свойств материала или поверхностей заготовок, или с образованием разъемных или неразъемных соединений.

Технологический процесс состоит из технологических и вспомогательных операций, установов, позиций, переходов, ходов (рисунок 2.3).

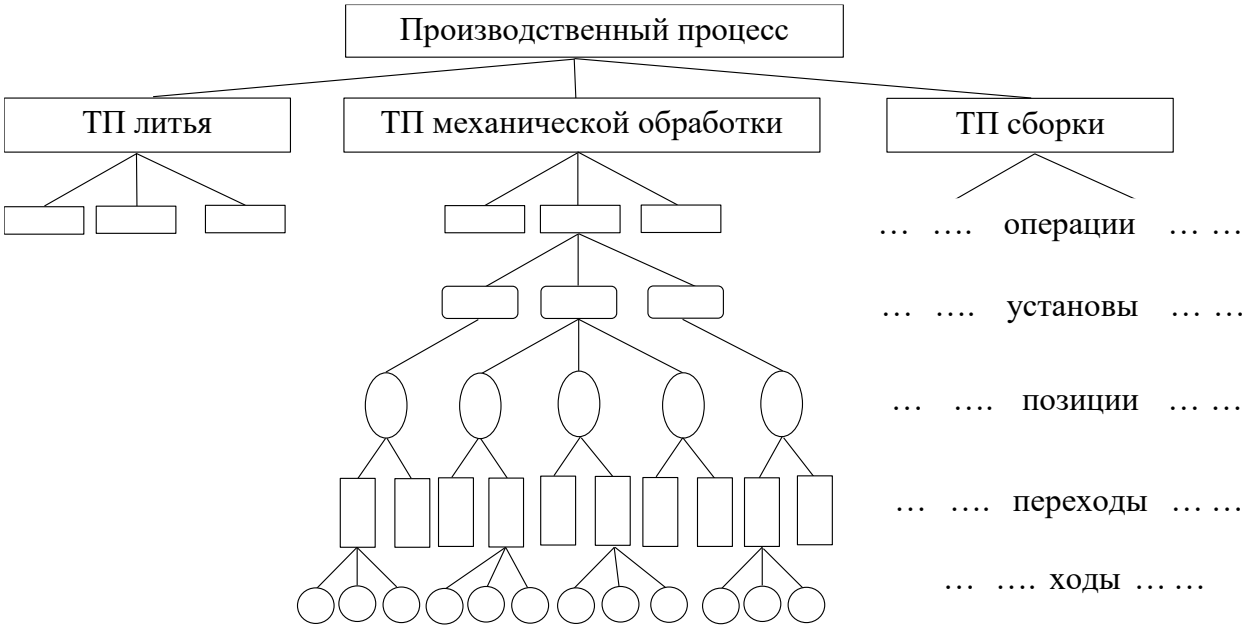


Рисунок 2.3. – Структурная схема
производственного и технологического процессов

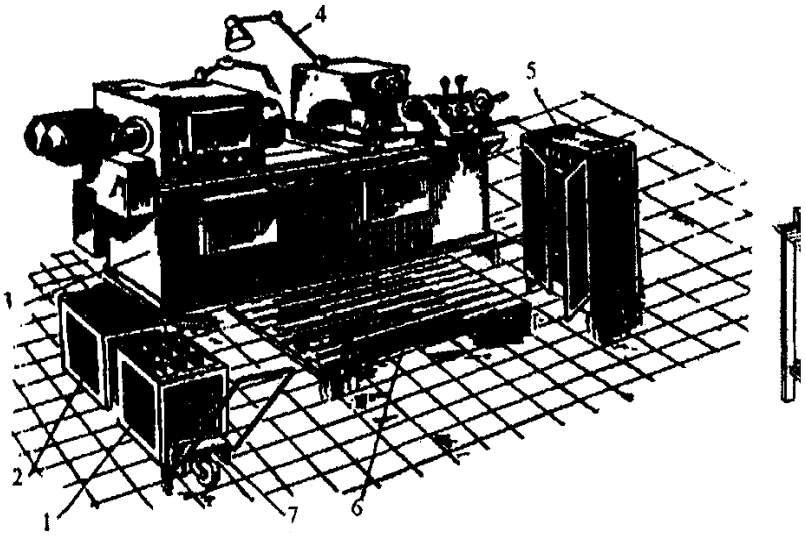
К *вспомогательным операциям* относят контроль, транспортировку и другие виды работ, при которых состояние предмета труда не изменяется. Операция включает все действия оборудования и рабочего над одним или несколькими предметами труда.

Рабочим местом называется часть производственной площади, включая оборудование в соответствии с производимой работой (рисунок 2.4).

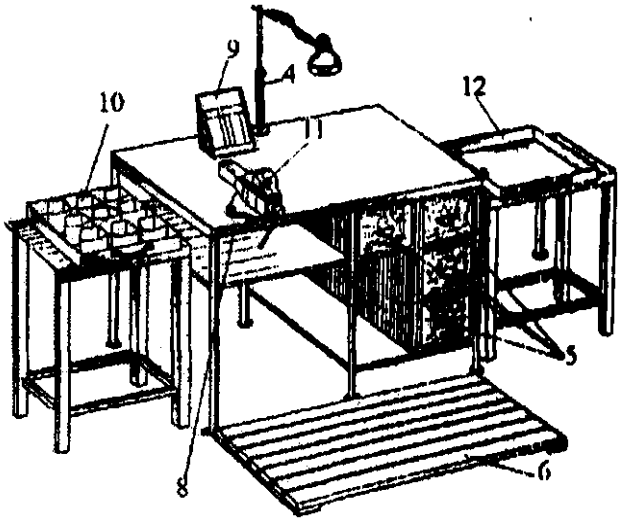
Технологическая операция является основой производственного планирования и учета. По числу и составу операций определяют нужное количество рабочих и оборудования, инструментов, приспособлений и т. д. Технологическая операция включает технологические и вспомогательные переходы, рабочие и вспомогательные ходы, установы, позиции, приемы движения (действия).

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического снаряжения при постоянных технологических режимах.

Технологический переход характеризуется постоянством применяемого инструмента и поверхностей, которые получают обработкой или соединяют при сборке и постоянстве режимов обработки (рисунки 2.5–2.7).



а



б

1 – тара для деталей; 2 – тара для заготовок; 3 – станок; 4 – лампа; 5 - инструментальный шкаф; 6 – подставка; 7 – оборудование для межоперационного транспортирования; 8 – верстак; 9 – место для технологической документации; 10 – кассета для крепежных деталей; 11 – слесарные тиски; 12 – поддон для собранных изделий

Рисунок 2.4. – Рабочее место станочника (*а*) и слесаря-сборщика (*б*) в единичном производстве

Обработку каждой поверхности производят за один или несколько переходов.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением состояния предмета труда, но необходимы как действие выполнения технологического перехода. Например, установка заготовки, смена инструмента, измерение размера и т. д.

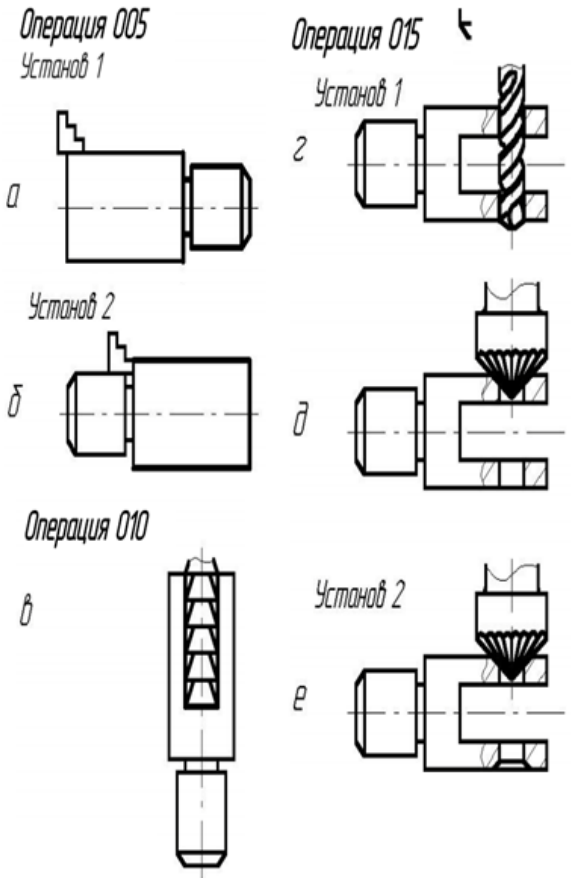


Рисунок 2.5. – Схема технологического процесса обработки вилки карданного вала

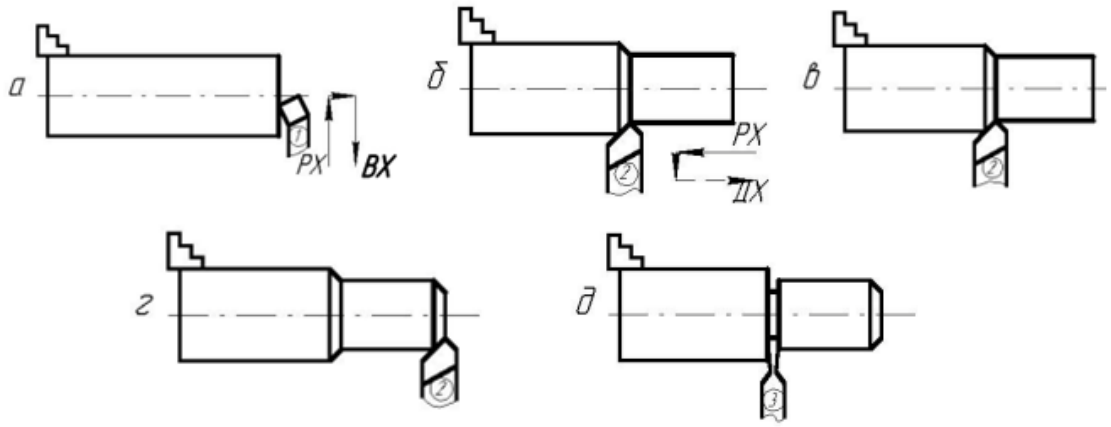


Рисунок 2.6. – Схема токарной обработки ступени вала (*а, б, в, г, д* – технологические переходы)

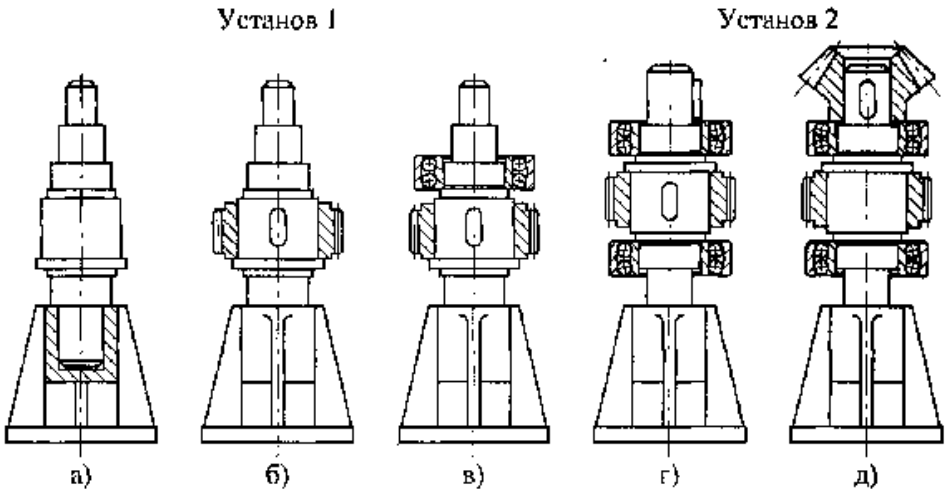
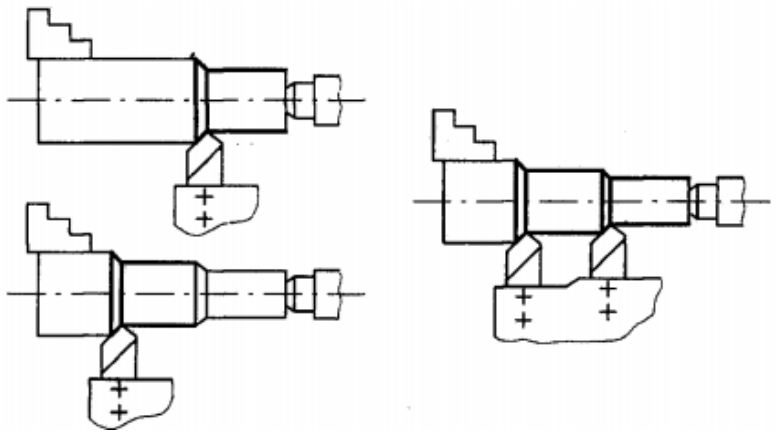


Рисунок 2.7. – Схема операции сборки редуктора

Технологические переходы можно выполнять последовательно – друг за другом, как, например, на станках с ручным управлением или станках с числовым программным управлением (рисунок 2.8, *а*), параллельно (одновременно) обрабатывать несколько поверхностей заготовки несколькими инструментами (рисунок 2.8, *б*) и параллельно-последовательно (комбинированные) (например, на многошпиндельных токарных полуавтоматах (рисунок 2.9).

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из одноразового перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождающаяся изменением состояния предмета труда, т.е. изменением формы, размеров шероховатости и взаимного расположения поверхностей или относительного расположения соединяемых деталей.



а *б*

Рисунок 2.8. – Последовательные (простые) и параллельные (сложные) технологические переходы

Позиция 1 - Загрузка

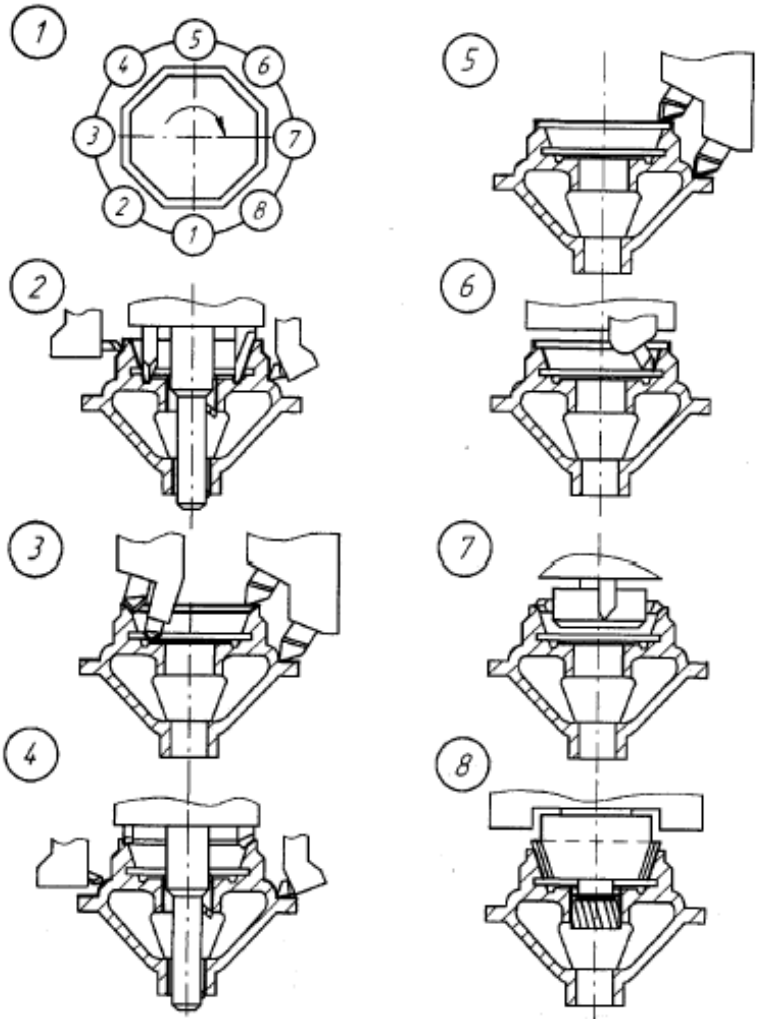


Рисунок 2.9 – Схема обработки заготовки
на 8-шпиндельном токарном полуавтомате

Рабочий ход осуществляется при относительном перемещении инструмента и заготовки по заданной траекторией. Она включает траекторию подвода инструмента, траекторию резания и траекторию перебега (выходу) инструмента (см. рисунок 2.6, РХ).

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из одноразового перемещения РИ относительно заготовки, которая не сопровождается изменением состояния предмета труда, но нужна для подготовки рабочего хода (см. рисунок 2.6, ДХ).

При обработке одной поверхности вспомогательный ход связан с возвращением инструмента к началу рабочего хода, при обработке нескольких поверхностей – с перемещением между поверхностями.

Установом называется часть операции, которая выполняется при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или сборочной единицы (см. рисунки 2.5, 2.7).

Операция может выполняться за один или несколько установов. Например, для токарной обработки вала необходимо, как правило, два установа. Установ может включать одну или несколько позиций.

Позиция – это фиксированное положение, которое занимает неизменно закрепленная заготовка или сборочная единица вместе с устройством относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения операции или ее части.

Изменение положения заготовки относительно станка при неизменном ее закреплении может происходить за счет поворотных элементов устройства или стола.

Каждая позиция, установ или операция может иметь разное количество переходов.

По трудовому содержанию операции разделяют на *рабочие приемы*, которые, в свою очередь, разделяют на еще меньшие составные части – рабочие движения или даже элементы *рабочих движений*.

Прием – законченная совокупность действий человека при выполнении перехода или его части, объединенная одним целевым назначением. Например, закрепить заготовку в патроне, напрессовать подшипник на вал и т.п.

Например, прием «Закрепление заготовки в патроне».

При изготовлении изделий, кроме рабочих происходят и вспомогательные процессы – транспортные: межпозиционная транспортировка заготовок, манипулирования ими, накопление и т.п.

Технологическим режимом обработки называют совокупность изменений параметров ТП в определенном интервале времени. К переменным параметрам процесса резания, определяющим режим, относят, например, глубину резания, подачу, скорость резания, частоту вращения шпинделя.

Транспортная операция – завершенная часть процесса транспортировки, которая заключается в прохождении потока предметов труда через технологическую систему.

Транспортный переход – завершенная часть транспортной операции, необходимая для обеспечения прохождения потока предметов труда через одну рабочую позицию технологической системы.

2.4. Типы производства и их технологическая характеристика

Тип производства (ГОСТ 14.004-83) – характеристика, которая зависит от вида и сложности продукции, объемов, регулярности и стабильности ее выпуска, а также технических и экономических условий осуществления производственного процесса.

В машиностроении существуют следующие типы производства: *единичное, серийное* и *массовое.*

Каждый тип производства имеет свои характеристики и определенные формы организации.

Единичное производство – тип производства, который характеризуется небольшим объемом выпускаемой продукции, повторное изготовление которой, как правило, не предусматривается.

Единичное производство *характеризуется*:

– изготовлением изделий в единичных экземплярах, широкой номенклатуры;

– применением универсального оборудования, универсальных устройств, режущего и измерительного инструмента общего назначения;

– группированием рабочих мест по принципу технологически однородных операций;

– отсутствием закрепления определенных операций за отдельными рабочими;

– высокой квалификацией рабочих при разнообразном характере выполняемых работ.

Характерный признак этого типа производства – на каждом рабочем месте выполняют много разнообразных операций при отсутствии периодичности их выполнения.

Серийное производство – тип производства, характеризирующийся одновременным изготовлением на предприятии ограниченной номенклатуры однородной продукции, выпуск которой периодически повторяется в течение длительного периода.

Серия – общее количество изделий, подлежащие изготовлению по неизменным чертежам.

Для серийного производства свойственным является:

– изготовление изделий периодически повторяющимся сериями;

– ограниченная номенклатура изготавливаемых изделий;

– применение универсального и специализированного оборудования, устройств, измерительного инструмента;

– группирование рабочих мест по технологическим и предметным принципами;

– закрепление за рабочими местами ограниченного количества операций;

– средняя квалификация работников;

– детальная разработка технологических процессов.

Характерный признак этого типа производства – на каждом рабочем месте выполняются операции, которые постоянно повторяются. Этот тип производства распространен на предприятиях, выпускающих сложные изделия, которые быстро меняются конструктивно: автомобили, металлорежущие станки, сельхозтехнику и т.д.

Различают мелкосерийное (около нескольких сотен изделий в месяц), среднесерийное (до 2 тыс. изделий в месяц) и крупносерийное (2–5 тыс. изделий в месяц).

Массовое производство – тип производства, характеризирующийся выпуском продукции постоянной номенклатуры в больших количествах в течение длительного периода.

Характерный признак этого производства – на каждом рабочем месте выполняют операцию, которая постоянно повторяется.

Массовое производство имеет такие особенности:

– изделия изготовляют в больших количествах (10 тыс. штук за месяц и больше);

– применяют специализированное и специальное оборудование, устройства и инструмент;

– рабочие места размещают по ходу технологического процесса обработки изделий;

– рабочие места специализируют на выполнении какой-то одной операции, в результате чего рабочие имеют невысокую квалификацию.

Такой тип производства свойствен, в основном, изделиям широкого потребления.

Количественно тип производства определяется коэффициентом закрепления операции $K_{з.о}$, равным отношению всех разнообразных технологических операций O, которые выполняются в течение месяца на данном участке или в цехе, к числу рабочих мест P.

$$K_{з.о} = \frac{O}{P}. \qquad (2.1)$$

В соответствии с ГОСТ 2960-92:

КЗО = 1 – массовое производство*; 1 < КЗО < 10* – крупносерийное производство*; 10 < КЗО < 20* – среднесерийное производство*; 20 < КЗО < 40* – мелкосерийное производство*; 40 < КЗО* – единичное производство.

По организационной форме производство может быть двух видов: *поточное* и *непоточное.*

Поточное производство – это такое производство, при котором операции закреплены за определенными рабочими местами, расположенными в порядке выполнения технологических операций, а объект производства передают с одного рабочего места на другое с определенным *тактом выпуска.*

Такт выпуска (τ_B) – интервал времени, через который периодически осуществляют выпуск изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения. Такт выпуска определяется по формуле

$$\tau_B = \frac{60F_{д.о}}{N}, \text{ мин}, \qquad (2.2)$$

где *Fд.о* – годовой фонд рабочего времени оборудования, ч/год; *N* – годовая программа выпуска изделий, ед/год.

Поточное производство характерно для массового и крупносерийного производства, непоточное – для единичного и мелкосерийного.

3. Автомобиль как машина и объект производства

3.1. Автомобиль и сущность его работы

Автомобиль как машина является продукцией машиностроения.

В зависимости от основного назначения различают два класса машин: машины-двигатели, с помощью которых один вид энергии превращается в другой, удобный для эксплуатации, и рабочие машины (машины-орудия), с помощью которых происходит изменение формы, свойств или положения объекта труда.

Входным продуктом процесса, который осуществляется машиной, могут быть природные материалы, сырье или полуфабрикаты.

Сырье – это предмет труда, на добычу или производство которого был потрачен труд.

Сырье, которое перерабатывалось и находится на стадии полу готовой продукции называется п*олуфабрикатом*.

Продукция – это результат производства в виде сырья, полуфабрикатов, созданных материальных и культурных благ или выполненных работ производственного характера.

Сущность работы любой машины представлена на схеме (рисунок 3.1). Тем или другим путем к машине подводятся или сырье, или полуфабрикаты, также подается энергия, и машина, осуществляя технологический процесс, превращает введенное в продукцию.

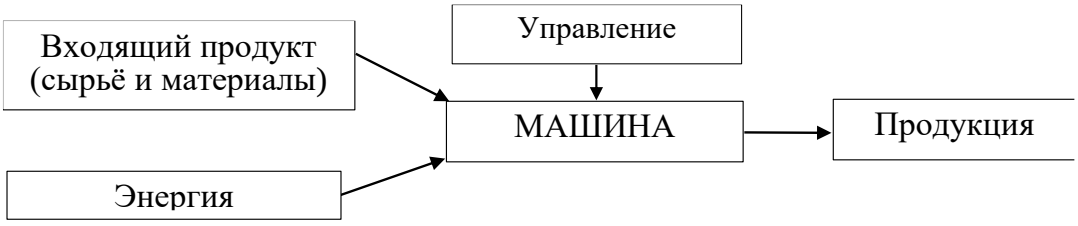


Рисунок 3.1. – Схема работы машины

3.2. Служебное назначение автомобиля

Польза от любой машины заключается в ее способности удовлетворять потребности человека.

Степень полезности машины определяется ее соответствием своему служебному назначению.

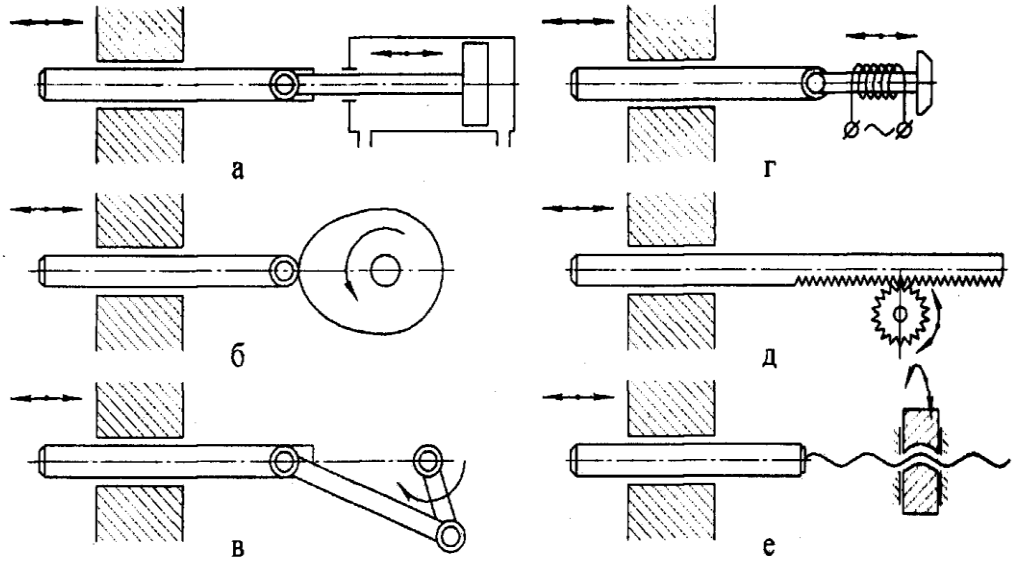
Служебное (функциональное) назначение автомобиля – максимально уточненная и четко сформулированная задача, для решения которой предназначена машина.

Перед началом производства служебное назначение автомобиля формируется заказчиком при разработке технологического процесса изготовления продукции и уточняется при оформлении технического задания (ТЗ) на проектирование машины. При этом машину рассматривают как систему функций, которая определяет принципы ее функционирования, и систему конструктивных элементов для реализации этих функций.

Основная функция автомобиля (изделия) – функция, которая определяет ее сущность, назначение, для реализации которой создается машина и без которой она теряет свою общественную пользу.

Материальным носителем функции является отдельный элемент машины или их совокупность, которые реализуют эту функцию (СО, деталь,

поверхности детали). Например, служебная функция «Обеспечение возвратно-поступательного движения штока» может быть реализована несколькими вариантами (рисунок 3.2).



а – гидро- или пневмоцилиндр; *б* – кулачковый механизм; *в* – кривошипный механизм; *г* – электромагнит; *д* – зубчато-реечная передача; *е* – винтовая передача

Рисунок 3.2. – Возможные варианты реализации служебной функции механизмов в автомобиле

Варианты, которые удовлетворяют служебному назначению, образуют множество возможных конструкций, среди которых при проектировании нужно найти оптимальную.

Проектирование автомобиля разделяют на функциональное, при котором формируется принцип ее функционирования, и техническое, при котором на основе избранного принципа функционирования создается конструкция машины и всех ее сборочных единиц.

Формулировка служебного назначения автомобиля должна описывать не только общую задачу (функцию), но и все дополнительные условия и требования, которые эту задачу максимально уточняют и конкретизируют:

1) исчерпывающие данные о продукции (действие), которую машина (узел) должна производить (выполнять), ее вид, размеры, качество и количество;

2) показателя производительности, экономическая эффективность, долговечность и надежность машины;

3) перечень условий, в которых машина должна работать и производить продукцию в необходимом количестве (качество входного продукта, входной энергии, режим работы, состояние окружающей среды);

4) требования к внешнему виду, безопасности труда, удобству, обслуживанию и управлению, уровню шума, коэффициенту полезного действия (КПД), степени механизации и автоматизации машины и т.п.

Важно! *Ошибки, допущенные при составлении и уточнении служебного назначения автомобиля, приводят к созданию некачественных машин, лишних затрат труда при ее изготовлении, освоении и эксплуатации.*

Каждую машину создают для выполнения определенного тех процесса с целью обеспечения потребностей заказчика (рисунок 3.3). Поэтому формулировку служебного назначения нужно начинать с изучения и описания этого процесса.

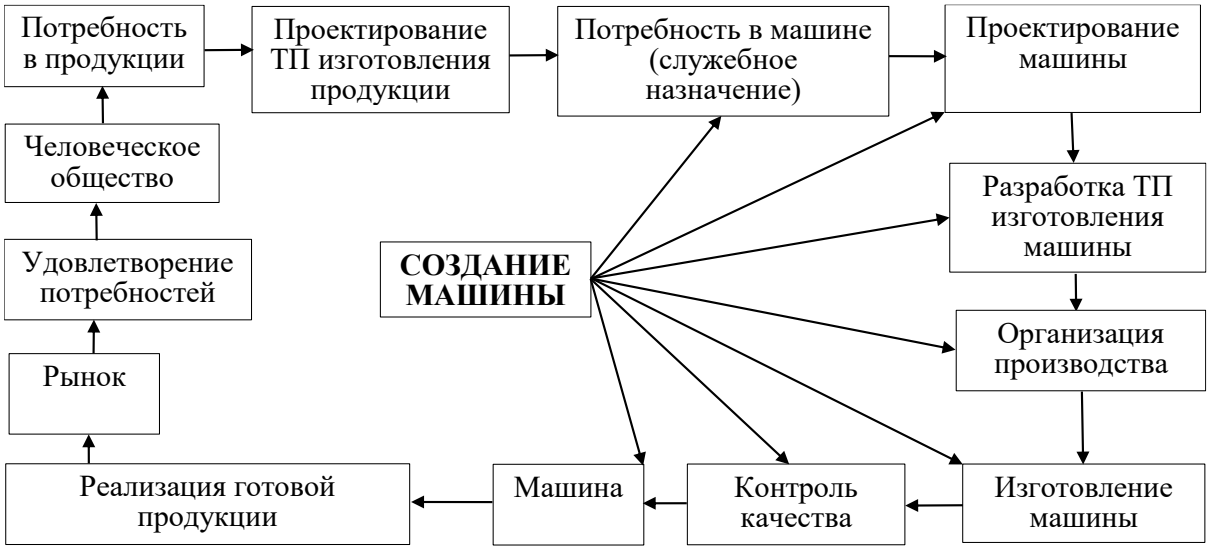


Рисунок 3.3. – Схема процесса создания машины

Формулировка служебного назначения должна состоять из двух частей: основной и уточнений. Например, основная – двигатель внутреннего сгорания (ДВС) предназначен для преобразования энергии от сгорания топлива в механическую энергию движения. Уточнения должны содержать полную информацию обо всех возможных характеристиках данного двигателя и материалах, из которого производятся его системы и которые используются в качестве энергоносителей, а также данные о продуктах выхлопа, физических явлениях, которые сопровождают его работу и т.п.

Например, автомобиль, предназначен для выполнения транспортной работы (основное служебное назначение). Далее, в уточнениях необходимо указать, для перевозки каких грузов он предназначен, какой массы, на какие расстояния, с какой скоростью, количество пассажиров, мощность, уровень комфорта, расход топлива и т.п.

Формулируя служебное (функциональное) назначение автомобиля, уточнения обязательно выражают количественно с допустимыми отклонениями совокупность качественных показателей, допуски или технические условия (ТУ) и нормы точности на изготовление машины (детали).

Детальная и полная формулировка служебного назначения автомобиля является важнейшим моментом разработки технического задания на проектирование машины. Для конструктора оно является основным исходным заданием при проектировании машины (детали), для технолога – при разработке технологических процессов изготовления.

Качество создаваемого автомобиля обеспечивается как конструктором, так и технологом и зависит от качества формулировки служебного назначения.

При формулировке служебного назначения автомобиля, СЕ, детали нужен системный подход. Сборочная единица, будучи системой деталей, входит в машину, как подсистема. Деталь, которая представляет систему взаимоувязанных поверхностей, входит в сборочную единицу как подсистема. Совокупность подсистем и их деталей представляют собой иерархическую систему машины.

3.3. Иерархическая структура автомобиля

Согласно ГОСТ 2.101-68, составляющими частями машины являются детали и сборочные единицы (СЕ).

Собирают автомобиль путем соединения деталей в простейшие узлы, а их – в более сложные агрегаты в сборочных технологических процессах.

Различают сборочные единицы первого, второго и других порядков вхождения. Узел, который непосредственно входит в готовый автомобиль, называют СЕ первого порядка вхождения; меньший узел, который входит в его состав, – СЕ второго порядка и т.д. Сам автомобиль – сборочная единица высшего порядка вхождения (рисунок 3.4).

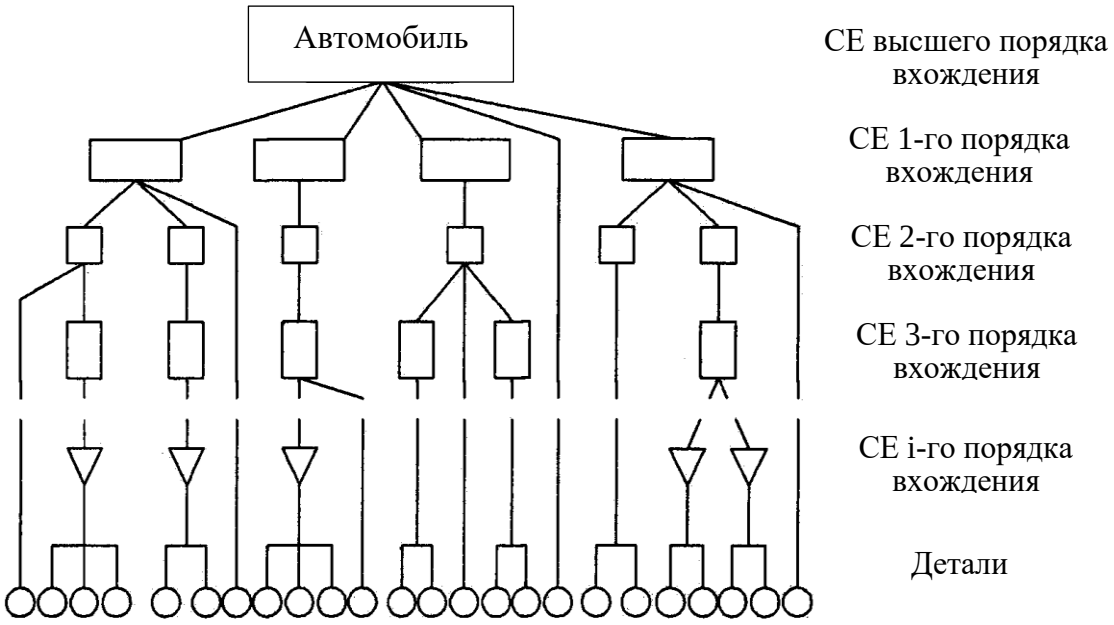


Рисунок 3.4. – Иерархическая структура автомобиля
автомобиля

Элементарно простой СЕ является такая, к базовой детали которой присоединены одна или несколько деталей автомобиля. Например, кривошипно-шатунный механизм двигателя (КШМ) (рисунок 3.5).

Другими словами, в автомобиле выделяют несколько уровней иерархии: первый – уровень сборочных единиц первого порядка вхождения (уровень узлов), второй, – уровень сборочных единиц второго порядка вхождения и т.д. – до последнего уровня иерархии – уровня деталей.

Все детали и их поверхности имеют свое назначение согласно иерархической структуре.

По функциям, которые выполняют разные поверхности деталей в машине, их разделяют на 4 вида: *исполнительные поверхности, основные* и *вспомогательные базы* и *свободные поверхности*.

Исполнительные поверхности – это поверхности или их совокупность, с помощью которых машина выполняет свое служебное назначение.

Исполнительными поверхностями двигателя внутреннего сгорания как механизма для превращения тепловой энергии в механическую являются поверхности колец, рабочие поверхности цилиндров, коленвала и маховика, который передает крутящий момент на узел сцепления. Исполнительными поверхностями поршня являются его рабочий торец, канавки для колец и отверстие под палец.

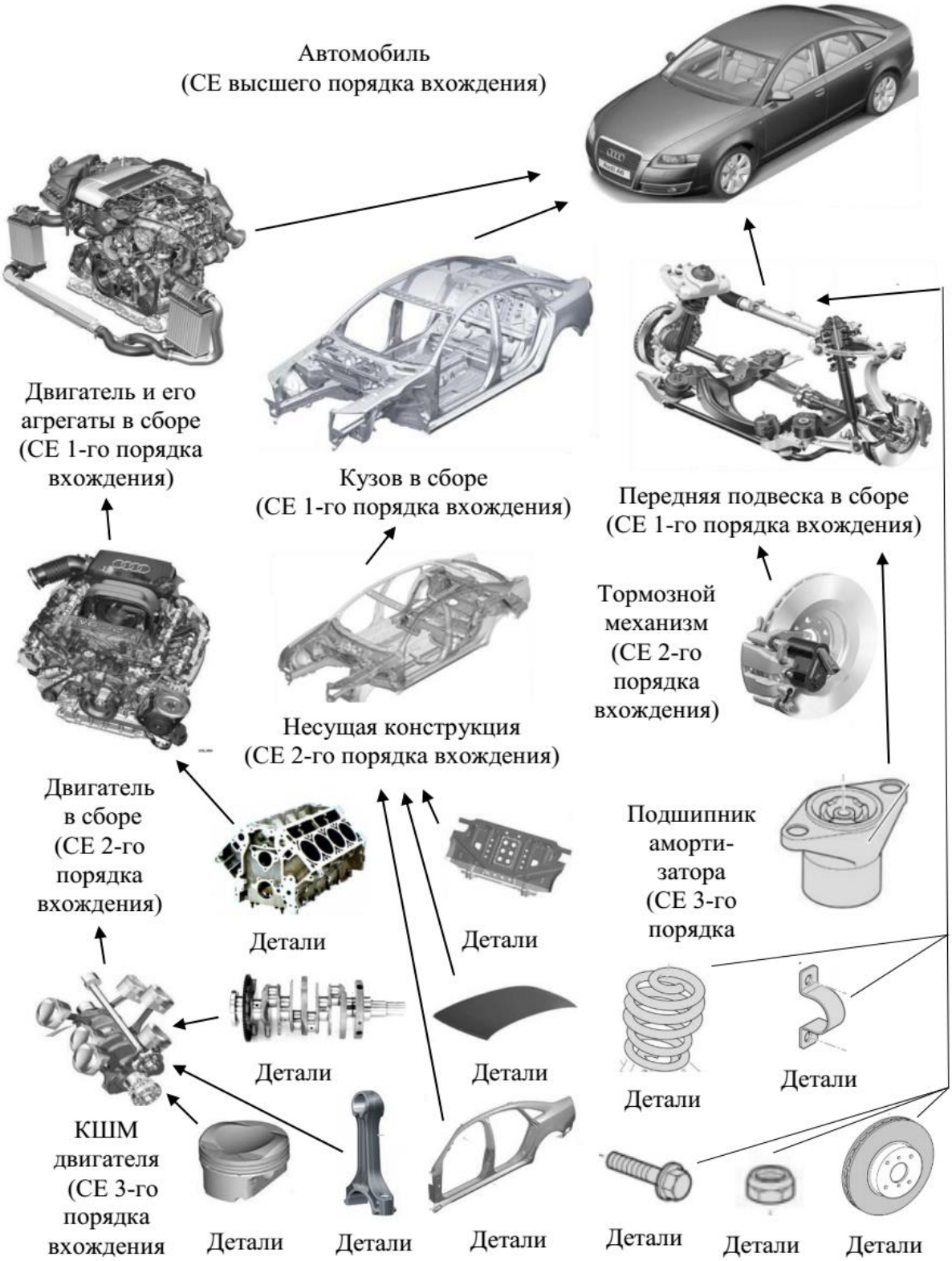


Рисунок 3.5. – Иерархическая схема сборочных элементов и деталей

У электродвигателя исполнительными являются поверхности конца вала, на котором монтируется муфта, которая передает вращательное движение, а также рабочие поверхности статора и ротора. У токарного станка (рисунок 3.6) это передний конец шпинделя, конус пиноли задней бабки, поверхности резцедержателя.

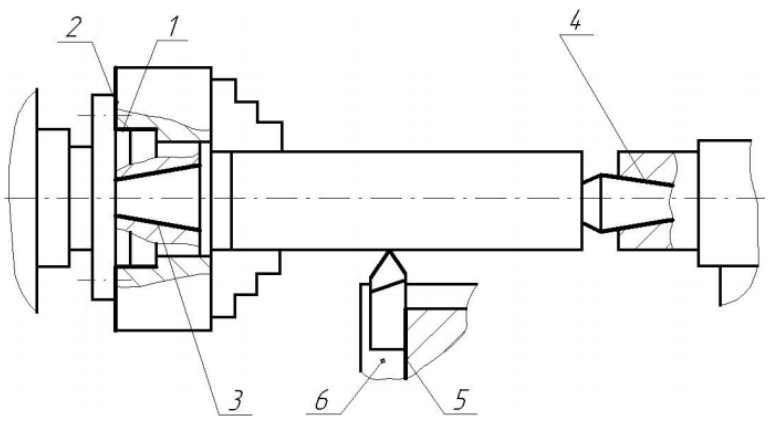


Рисунок 3.6. – Исполнительные поверхности токарного станка

Поверхности 1 и 2 предназначены для ориентации (базирования) патрона, поверхность 3 – для переднего центра (при обработке в центрах), поверхность 4 – для заднего центра, поверхности 5 и 6 определяют положение резца относительно обрабатываемой поверхности и непосредственно передают ему необходимое для обработки движение.

У шпинделя рядом с поверхностями 1, 2, 3 исполнительными поверхностями являются подшипниковые шейки, их торцы, боковые поверхности шлицев или пазов шпонок, с помощью которых шпиндель выполняет свое служебное назначение. У зубчатого колеса – отверстие, один из торцов ступицы, боковая поверхность паза шпонки, эвольвентные поверхности зубьев.

Основные базы – поверхности детали, которые определяют ее положение в изделии.

Вспомогательные базы – поверхности детали, которые определяют положение присоединяемых к данной детали всех других деталей.

Свободные поверхности детали – те, которые при работе машины не контактируют с поверхностями других деталей.

В шестеренчатом насосе системы смазки автомобиля (рисунок 3.7) при выполнении им служебного назначения исполнительными являются боковые поверхности зубьев пар зубчатых колес, которые работают совместно в зацеплении.

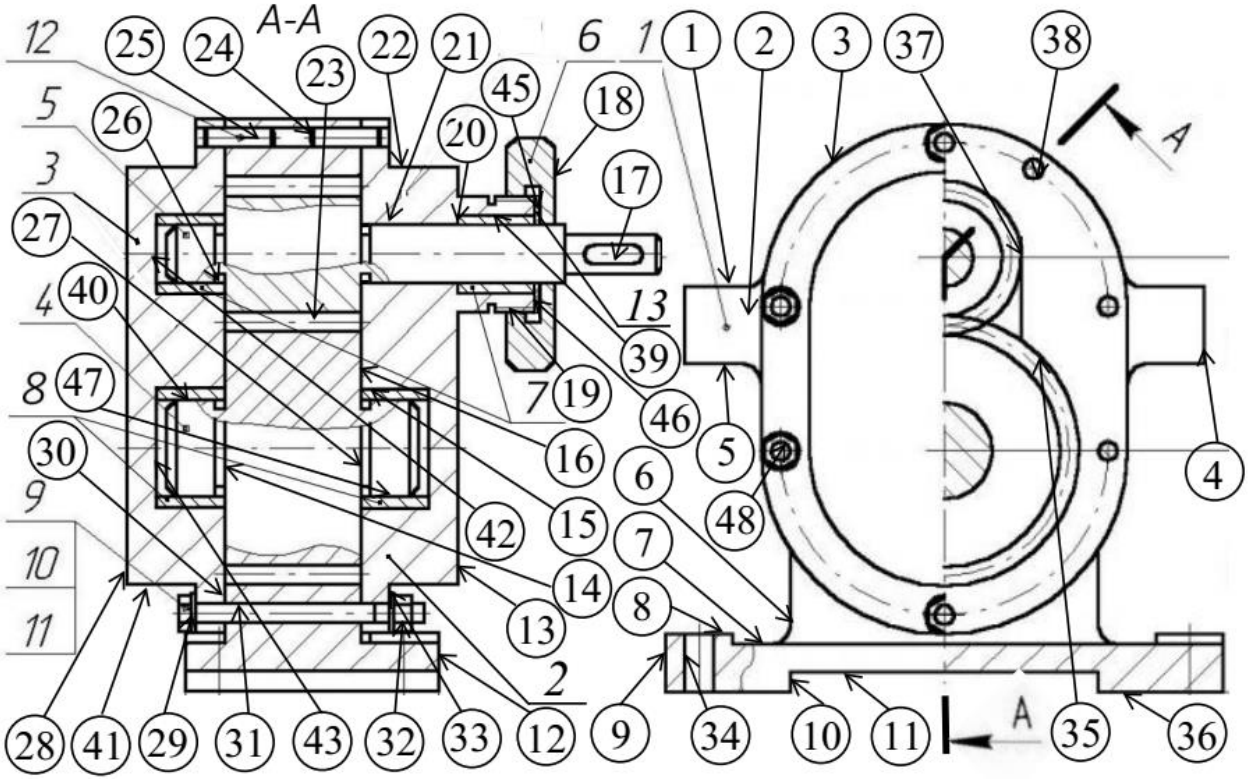


Рисунок 3.7. – Поверхности деталей шестеренчатого насоса

У корпуса (поз. 1) исполнительными поверхностями являются отверстия 38 под штифты (поз. 12) и плоские поверхности 16 и 30, определяющие положение крышек (поз. 2 и 3), а также цилиндрические поверхности 35 и 37, вступающие в контакт с рабочим телом насоса. Основными базами будут отверстия 34 и привалочная плоскость 36, которые определяют положение насоса в системе смазки двигателя. Вспомогательные базы – болтовые отверстия 31 для крепления крышек. Свободные поверхности: 1–12.

В крышках (поз. 2 и 3), поскольку в данной СЕ они выполняют основную функцию корпусных деталей, исполнительными являются цилиндрические поверхности 15 и 39, а также 20, 42 и 43, определяющие положение подшипников скольжения (поз. 7 и 8) и, соответственно, валов-шестерен (поз. 4 и 5) в насосе. Основными базами выступают плоские поверхности 14 и 27, а также отверстия под два штифта 38. Вспомогательные базы: 29 и 31 – поверхности под крепежные шпильки (поз. 9) и шайбы (поз. 10); торцы 42 и 43; резьба 19 под гайку круглую (поз. 6); торец 46 контакта с уплотнением (поз. 13). Свободные поверхности: 13, 22, 28, 41 и др.

У валов-шестерен (поз. 4 и 5) исполнительными поверхностями являются боковые поверхности зубьев 23 и поверхность 17, служащая для передачи

на него крутящего момента. Основные базы – наружные цилиндрические поверхности 21 и 40, по которым валы ориентируются во втулках (поз. 7 и 8). Вспомогательные базы: поверхность шпоночного паза 17. Свободные поверхности: торцевые концы и торцы шеек под подшипники.

У гайки круглой (поз. 6) исполнительные поверхности – внутренний торец 45. Основная база – резьбовое отверстие, сопрягаемое с поверхностью 19. Вспомогательная база – поверхность 45 контакта с уплотнением (поз. 13). Свободные поверхности: 18 и др.

У втулок (поз. 7 и 8), выполняющих функцию подшипников скольжения и служащих для ориентации валов-шестерен, исполнительные поверхности – 26 и 47. Основные базы – 15, 39, 42, 43. Свободные поверхности: торцы втулок, не контактирующие с другими деталями.

У шпильки (поз. 9) исполнительные поверхности – резьбовые под гайки (поз. 11). Основная база – цилиндрическая поверхность 48. Эта же поверхность служит вспомогательной базой для ориентации с шайбой (поз. 10). Свободные поверхности: торцы шпильки.

У шайбы (поз. 10) исполнительные поверхности – ее торцы. Основная база – внутренняя цилиндрическая поверхность. Свободная поверхность – наружная цилиндрическая.

У гайки (поз. 11) исполнительные поверхности – резьба и торец контакта с шайбой. Свободная поверхность – торец, не контактирующий с шайбой.

У штифта (поз. 12) исполнительная поверхность – цилиндрическая 25. Эта же поверхность служит основной базой для ориентации штифта в корпусе и крышках насоса. Свободная поверхность – торец 24.

В уплотнительных элементах (поз. 13) (к примеру прокладка тороидная), исполнительная база здесь является одновременно основной и вспомогательной.

3.4. Автомобиль и производственный процесс как системы

Автомобиль необходимо рассматривать как систему – совокупность взаимоувязанных элементов и разного вида связей между ними для выполнения заданных функций согласно ее служебному назначению.

Любая техническая система характеризуется наличием: структуры (системных объектов и элементов), связей (прямых и обратных), сигналов и материалов (входных и исходных), процесса обработки или выполнения функций. Процесс работы или изготовления машины также являет собой

систему, элементами которой являются ресурсы: технические (производственное оборудование, основные и вспомогательные материалы и т.п.; технологические (технологические процессы), кадры – квалификационный; территориальные (производственные помещения), информационно-коммуникационные, финансовые, организационные, климатические. Каждый из отмеченных ресурсов является подсистемой данной системы. Для получения качественной машины или качественной ее продукции необходимо обеспечение системной согласованности между ее подсистемами.

4. Автомобильное производство как отрасль машиностроения

4.1. Подготовка производства и производство автомобиля

Рациональная организация производственного процесса возможна лишь путем тщательной и качественной подготовки производства.

Техническая подготовка производства – система мероприятий, которая обусловливает техническую готовность предприятия к изготовлению изделий заданного технического уровня и качества при установленных объемах изготовления и расходах.

Подготовка производства охватывает четыре этапа: научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую, технологическую и организационно-материальную подготовку.

Научно-исследовательская подготовка производства – это часть подготовки производства, которая заключается в проведении прикладных исследований, связанных с усовершенствованием продукции, техники, технологии, состава применяемых материалов, организации производства, труда и управления.

Проектно-конструкторская подготовка производства – часть подготовки производства, которая предусматривает проектирование новой продукции или модернизацию изготавливаемой, разработку проектов реконструкции и переоборудования предприятия или отдельных его подразделений. На этой стадии решают вопрос относительно технического уровня изделия, возможностей качественного его изготовления, эффективного использования и эксплуатации. Во время проектирования изделия закладываются количественные показатели качества, которые делят на две категории:

– показатели технического характера, которые отображают степень пригодности изделия к использованию по назначению (технологичность, надежность, эргономичность и т.п.);

– показатели экономического характера, которые определяют непосредственный уровень материальных, трудовых и финансовых расходов на создание изделия. Именно эти расходы по большей части определяют нижний предел цены нового продукта.

Конструкторская подготовка производства состоит из ряда этапов:

– проведение заказчиком маркетинговых исследований рынка;

– проработка выходных данных для разработки изделия (начального служебного назначения);

– проработка технического задания на разработку изделия;

– согласование с заказчиком и оценку возможностей предприятия-производителя;

– разработка технических предложений (выполняют теоретические и патентные исследования, испытания прототипов изделия и обоснование окончательного варианта технического задания).

На этапе эскизного проекта осуществляют выбор функциональной схемы изделия, расчет элементов изделия, выполняют эскизы конструкций деталей и самого изделия, проводят испытание макетов и его элементов. На основе результатов испытаний вносят коррекции в конструкцию изделия.

На этапе рабочего проекта разрабатывают техническую документацию на изделие, дальше – этап изготовления опытного образца, который испытывают, по результатам чего проводят изменения конструкции изделия, и он передается в производство.

Испытания опытных образцов осуществляют сначала на стендах производителя, а потом в реальных условиях. Это дает возможность экспериментально определить количественные и качественные характеристики свойств объекта в результате влияния на него разных эксплуатационных факторов.

Для предотвращения запуска в производство ненадежной продукции во время проектирования изделий осуществляют периодический контроль, анализ и оценку их качества новизны, сложности, особенностей производства и применения. Оценку проекта осуществляет заказчик, которому разработчик подает все необходимые материалы (техническое задание, проект технических условий, конструкторскую, технологическую и другую тех. документацию,

результаты испытаний и другую информацию, которая подтверждает тех. уровень, конкурентоспособность, безопасность и экологичность продукции).

Правила, объемы, последовательность работ регламентируют комплексом государственных стандартов ЕСКД.

Процесс проектирования машины должен иметь четыре иерархии: уровень системы, в которую входит машина как элемент, уровень машины, уровень сборочных единиц и уровень деталей машины.

Технологическая подготовка производства (ТПВ) – часть подготовки производства, которая представляет собой совокупность взаимоувязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску машины (изделия) заданного качества при установленных сроках, объемах выпуска и расходах. Данный этап производства является наиболее трудоемким и ответственным при подготовке производства. Между окончанием конструкторской и началом технологической подготовки нет четкой границы. В процессе конструирования конструктор и технолог работают в тесном контакте, чтобы обеспечить высокую технологичность конструкции на стадиях создания нового изделия.

Организацию ТПВ осуществляют на основании комплекса государственных стандартов Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПВ) и Единой системы технологической документации (ЕСТД).

Основные задачи ТПВ:

– обеспечение высокого качества изготовленных деталей и сборки отдельных частей и изделия в целом;

– разработка прогрессивных технологических процессов изготовления деталей, сборки, регулировки и испытания отдельных узлов и изделия в целом;

– проектировании и изготовлении технологической оснастки и нестандартного оборудования;

– разработка и внедрение рациональных методов технического контроля;

– оформление соответствующей технологической документации;

– разработка планов размещения оборудования, рабочих мест, поточных линий и т.п.;

– выпуск опытной и установочной партий изделий.

Организационно-материальная подготовка – часть подготовки производства, направленная на разработку организационных решений, которые

обеспечивают взаимодействие материальных, трудовых и руководящих элементов производственного процесса для его высокой эффективности. При этом решают такие задачи:

– разрабатывают детальный план изготовления нового изделия;

– рассчитывают потребности и нормы расхода материалов, комплектующих, технологического обеспечения;

– разрабатывают и внедряют передовые формы организации производства;

– рассчитывают расходы на производство и т.д.

Все этапы подготовки производства осуществляют в установленные сроки с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) и гибких производственных систем (ГПС).

По завершению подготовки начинается производство нового изделия и внедрение его в эксплуатацию (реализация). В ходе внедрения изделие совершенствуется с конструктивной, технологической и экономической сторон, уменьшается его негативное влияние на человека и окружающую среду.

5. Технологичность конструкции

5.2. Технологические требования к конструкции автомобиля

Условия современного рынка сбыта автомобильной продукции требуют от производителя решения следующих конструкторских и технологических задач, направленных:

– на повышение производительности труда;

– обеспечение оптимальных трудовых, материальных и энергетических расходов;

– сокращение времени на производство, ТО и ТР изделий;

– создание технологичных конструкций.

Совокупность свойств конструкции, которая определяет ее приспособленность к конкретным условиям производства для достижения оптимальных расходов при изготовлении, эксплуатации и ремонте, называют *технологичностью конструкции*.

Основные положения, требования и рекомендации для создания технологичных конструкций изложены в ГОСТ 14.201-83, 14.205-83, 14.206-73

и справочной литературе. Количественные характеристики и система показателей технологичности приведены в ГОСТ 18.831-73.

Технологичность конструкции – понятие комплексное и зависит от множества факторов.

Анализ технологичности конструкции – комплекс мероприятий для обеспечения необходимого уровня ее технологичности по установленным показателям.

Различают *производственную, эксплуатационную* и *ремонтную* технологичность.

Производственная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении расходов, средств и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства, а также на изготовление (в т.ч. на контроль и испытание) изделий.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия – в сокращении расходов, времени и средств на тех обслуживание, текущий ремонт и утилизацию изделия.

Ремонтная технологичность изделия – в сокращении расходов при всех видах ремонта, кроме текущего.

Основной целью анализа технологичности конструкции детали является возможное уменьшение трудоемкости и металлоемкости, возможность обработки высокопроизводительными методами.

Технологичность конструкции должна обеспечиваться при проектировании. Ее улучшение не должно осуществляться за счет ухудшения показателей служебного назначения изделия, уменьшения долговечности и надежности его работы. Решение основных задач проработки конструкции на технологичность необходимо проводить системно, рассматривая каждое изделие как объект проектирования, производства и эксплуатации.

При проработке на технологичность изделия как объекта производства необходимо учитывать:

- виды и методы получения исходных заготовок;
- виды и методы механической обработки;
- виды и методы сборки;
- возможность использования типовых ТП;
- возможность механизации и автоматизации производства;
- технологические возможности предприятия-производителя;
- квалификацию рабочих;
- условия материально-технического обеспечения производства.

При проработке изделия на технологичность как объекта эксплуатации необходимо учитывать:

– приспособленность изделия к использованию (удобство обслуживания, управления и т. п.);

– сокращение времени подготовки изделия к функционированию;

– удобство и сокращение трудоемкости профилактических работ и технического обслуживания;

– удобство и сокращение трудоемкости ремонтных работ;

– приспособленность изделия к безопасной эксплуатации;

– уровень транспортировки.

Основные задачи проработки конструкции на технологичность:

– повышение производительности труда при уменьшении расходов труда;

– уменьшение расходов средств, материалов и времени на проектирование, подготовку производства, изготовление, ТО и ТР изделия;

– обеспечение сохранения качества изделия в принятых условиях его производства и эксплуатации.

Обеспечение технологичности конструкции изделия включает:

– проработку конструкции на технологичность на всех этапах разработки изделия при конструкторской и технологической подготовке производства;

– усовершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и фиксацию принятых решений в технологической документации;

– количественную оценку технологичности;

– технологический контроль конструкторской документации;

– подготовку и внесение в конструкторскую документацию изменений по результатам технологического контроля, которые обеспечивают достижение базовых значений показателей технологичности.

5.3. Технологичность конструкции и оценка ее уровня

Оценка уровня технологичности конструкции существует качественная и количественная.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основе опыта исполнителя с помощью показателей: «допустимо» –

«недопустимо», «технологично» – «нетехнологично», «достаточно технологично» – «недостаточно технологично» и т.д.

Количественную оценку осуществляют с помощью количественных показателей технологичности изделия, регламентированных для изделий по ГОСТ 14.202-7 3, для сборочных единиц – по ГОСТ 14.203-73 и для деталей – по ГОСТ 14.204-73. В ГОСТ 14.202-73 приведен типичный перечень показателей технологичности и правила их выбора для оценки конкретного изделия.

Качественная оценка предшествует количественной, и используется на начальных стадиях проектирования.

Уровень технологичности конструкции – это показатель технологичности конструкции, выраженный отношением значения технологичности определенного изделия к значению соответствующего базового показателя технологичности.

Базовый показатель технологичности конструкции – показатель технологичности конструкции, который принят за исходный при оценке технологичности.

Различают основные и дополнительные показатели технологичности.

К основным показателям относят трудоемкость изготовления изделия, уровень технологичности конструкции по трудоемкости ее изготовления, производственную себестоимость изделия и уровень технологичности конструкции по производственной себестоимости.

Трудоемкость изготовления изделия (*t)* определяется по формуле

$$t_{И} = \sum_{i=1}^{n} t_i \,, \tag{5.1}$$

где t_i – трудоемкость изготовления всех деталей в СЕ и трудоемкость сборочных работ (в нормо-ч); n – количество сборочных единиц в изделии.

Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления определяется соотношением

$$P_t = \frac{t_{И}}{t_{БП}} \,, \tag{5.2}$$

где $t_{БП}$ – изготовления базового представителя.

Если $P_t < 1$, уровень технологичности по трудоемкости считают удовлетворительным.

Производственная себестоимость изделия определяется как сумма расходов на единицу продукции при осуществлении ТП изготовления.

$$C_П = \sum C_i, \tag{5.3}$$

где C_i – статьи расходов.

Уровень технологичности конструкции по производственной себестоимости P_c определяется как отношение достигнутой себестоимости $C_П$ в результате проработки конструкции на технологичность к себестоимости базового представителя $C_{БП}$:

$$P_c = \frac{C_П}{C_{БП}}. \tag{5.4}$$

При $P_c < 1$ уровень технологичности конструкции по производственной себестоимости считают удовлетворительным.

На стадии разработки чертежа изделия и его согласования с технологом руководствуются, главным образом, техническими критериями и используют дополнительные показатели:

1. *Коэффициент унификации конструктивных элементов:*

$$K_{уэ} = \frac{n_{уэ}}{n_э}, \tag{5.5}$$

где $n_{уэ}$ и $n_э$ – соответственно, количество унифицированных конструктивных элементов детали и общее количество элементов, шт.

2. *Коэффициент стандартизации обрабатываемых поверхностей:*

$$K_{ст} = \frac{n_{ст}}{n_{мо}}, \tag{5.6}$$

где $n_{ст}$ и $n_{мо}$ – соответственно, количество поверхностей детали, которые подлежат обработке стандартным инструментом, и всех поверхностей, которые подлежат механической обработке, шт.

3. Коэффициент использования материала:

$$K_{им} = \frac{q}{Q}, \tag{5.7}$$

где q и Q – масса детали и исходной заготовки.

3. Коэффициент точности обработки:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{K_C}, \tag{5.8}$$

где K_C – средней квалитет точности обработки детали, который определяется как

$$K_C = \frac{\sum_{i=1}^{n} K \cdot n_i}{n}, \tag{5.9}$$

где K – квалитет точности размера; n_i – количество размеров соответствующего квалитета точности; n – общее количество размеров.

При значениях $K_{TO} > 0{,}9$ деталь считается технологичной по данному показателю.

4. Коэффициент шероховатости поверхности:

$$K_ш = \frac{1}{Ш_{ср}}, \tag{5.10}$$

где $Ш_{ср}$ – средний класс шероховатости поверхностей детали,

$$Ш_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ш \cdot n_i}{n}, \tag{5.11}$$

где $Ш$ – параметр шероховатости поверхности; n_i – количество поверхностей с соответствующим параметром шероховатости; n – общее количество поверхностей (за исключением фасок).

Состав некоторых дополнительных показателей регламентирован ГОСТ 18.831 -73.

Раздел II
Основы достижения качества изготовления автомобилей

6. Качество автомобиля

6.1. Понятие качества изделий

Для того чтобы изделие выполняло свое служебное назначение, оно должно обладать необходимым для этого качеством.

Качество изделия – это совокупность свойств, обусловливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его служебным назначением.

Качество требует его достижения на протяжении всего процесса создания автомобиля.

Каждый из этапов этого процесса по-своему важен и ответственен, но наиболее ответственным в создании качественной машины является этап формирования ее служебного назначения (см. п. 3.2). На этом этапе выявляются и определяются требования к качеству готового автомобиля, которые диктуются технологическим процессом, для осуществления которого он создается.

Качество изделий автомобильной промышленности определяется совокупностью свойств материалов, размерных и силовых параметров, которые формируются в процессе проектирования машины и реализуется процессом ее изготовления.

Размерные параметры качества изделия описывают необходимое по служебному назначению относительное положение и движение его исполнительных поверхностей. Необходимое относительное положение характеризуется тремя расстояниями и тремя относительными поворотами координатных систем, построенных на исполнительных поверхностях. Необходимое относительное движение характеризуется параметрами траектории и допустимыми отклонениями действительной траектории от расчетной.

Силовые параметры определяют прочность неподвижных соединений и выражаются значениями сил и моментов, передаваемых этими соединениями. В подвижных соединениях силовые показатели характеризуют сопротивление движению – силы трения.

Требуемые свойства материалов и часть размерных параметров обеспечиваются процессами изготовления деталей машин. Другая часть размерных параметров и силовых параметров формируются в процессе сборки, при котором осуществляется соединение деталей в сборочные единицы.

Качество изделия оценивается системой показателей.

Показатель качества изделия – это количественная оценка одного или нескольких свойств изделия, характеризующих его качество.

На каждый показатель качества должна быть установлена количественная величина с допуском на ее отклонение. Таким образом, на все основные показатели качества изделия устанавливают предельно допустимые отклонения, поэтому условие обеспечения качества можно записать в общем виде:

$$P_{i(\min)} \le P_i \le P_{i(\max)}, \qquad (6.1)$$

где P_i – показатель качества; $P_{i(\min)}$ и $P_{i(\max)}$ – соответственно, минимально и максимально предельно допустимые значения показателя.

Например, крепежное болтовое соединение должно обеспечивать необходимый момент затяжки и силу Q, достигаемую его силовым затягиванием. При этом необходимо соблюдение условия

$$Q_{\min} \le Q \le Q_{\max}. \qquad (6.2)$$

Величины $Q_{\min}$ и $Q_{\max}$ определяет конструктор при расчете соединения. Задачей данного процесса сборки для формирования его качества является обеспечение силы затяжки в допустимых пределах. Если, например, $Q < Q_{\max}$, то соединение под действием внешних нагрузок может ослабнуть. Если $Q > Q_{\max}$, то болты данного диаметра могут не выдержать такой силы фиксации и разрушится в процессе эксплуатации или сборки. Поэтому для качественной работы болтового соединения необходимо выполнить условие (6.2).

Если условие (6.1) в результате сборки выполнено для всех показателей, то изделие соответствует нормам и является качественным, пригодным для эксплуатации.

Качество продукции закладывается на стадии проектирования, обеспечивается на стадии изготовления и поддерживается на стадии эксплуатации и потребления. Поэтому повышение качества продукции невозможно без надежного процесса обеспечения ее качества на стадии производства.

Различают единичные и комплексные характеристики качества. Единичный показатель относится только к одному из свойств изделия, например, экономичность изделия, производительность и т.п. Комплексный показатель характеризует качество по двум или нескольким свойствам изделия.

Показатели качества делят на группы.

1. *Технические показатели* – определяют степень совершенства изделия, уровень материализации технических достижений, включающие:

– прочность;

– мощность;

– коэффициент полезного действия;

– производительность – количество продукции в единицу времени;

– экономичность – максимальная производительность при минимальных затратах энергии;

– точность – степень соответствия фактической траектории движения рабочих органов (исполнительных поверхностей) теоретической траектории.

2. *Производственно-технологические показатели* характеризуют соответствие изделия требованиям нормативно-технической документации. К ним относят эффективность конструктивных решений по обеспечению оптимальных затрат труда и средств на изготовление изделия – технологичность (приспособленность конструкции к условиям производства и степень удовлетворения требований технологии).

3. *Эксплуатационные показатели* характеризуют уровень ее дефектности, затраты на ликвидацию брака, дефектов и т.д. и включают:

– пригодность изделия к техническому обслуживанию и текущим ремонтам;

– пригодность изделия к хранению и транспортировке;

– долговечность физическую – способность сохранять первоначальное качество во времени;

– долговечность моральную – способность экономически выполняемые служебное назначение во времени;

– надежность (свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя при этом свои эксплуатационные показатели в пределах заданного времени);

– эргономические характеристики (степень учета комплекса физиологических, гигиенических, и других потребностей человека в системе «человек – машина – среда»);

– безопасность работы;

– удобство и простоту обслуживания;

– уровень шума;

– степень механизации и автоматизации процесса;

– эстетические характеристики (совершенство дизайна экстерьера и интерьера);

– патентная защита (как в стране, так и за ее пределами);

– экологическую чистоту.

Уровень качества – относительная характеристика, основанная на сравнении показателей качества изделия с соответствующими показателями лучших отечественных и зарубежных образцов. Систематическое улучшение качества – ответственная задача и конструктора изделия, и технолога.

Например, качество автомобиля определяют следующие основные показатели: маневренность, комфортабельность, вместимость, грузоподъемность, удобство сборки и разборки, удобство ремонта, удобство управления, прочность, время разгона (динамичность), внешний вид, скорость движения, эффективность торможения, экономичность, водопыленепроницаемость и пр.

Качество металлорежущего станка определяют основные показатели: геометрическая точность, параметры рабочей зоны, кинематические возможности, удобство сборки и ремонта, внешний вид, степень автоматизации, эргономические характеристики и т.д.

Различают три вида показателей качества: *расчетные* (заданные), *действительные* (фактические), *измеренные*.

Расчетный показатель – показатель качества, определенный соответствующим расчетом исходя из служебного назначения объекта. Его отклонение численно равняется величине допуска на параметр качества.

Действительный (фактический) показатель – это показатель качества, которым владеет изделие в реальности (деталь, сборочная единица, машина).

Измеренный показатель качества – это действительный показатель качества, который определен с погрешностью измерения $\Delta_{изм}$.

Погрешность измерения – отклонение измеренного значения величины от ее действительного значения показателя качества объекта.

6.2. Качество детали

Любая машина имеет определенные характеристики качества. Детали – звенья машины, должны обладать требуемыми характеристиками качества, описывающими их назначение.

Качество детали определяют:

– по соответствию свойств материала, из которого она изготовлена, свойствам, определенным ее служебным назначением;

– соответствию геометрических параметров детали своему заданному (идеальному) прототипу.

Т.е. основными показателями качества детали являются *качество материала* и *точность детали*.

Состав показателей качества материала детали охватывает химические и физико-механические свойства как самого материала, так и его поверхностных слоев (*качество поверхностного слоя*) и т.д.

Под *точностью детали* понимают степень ее приближения к геометрически правильному ее прототипу, которая характеризуется основными показателями:

1) *точность размеров* – степень соответствия размеров требованиям чертежа и технических условий. Она определяется точностью станка и установки режущего инструмента, длиной прохода и параметрами самого РИ;

2) *точность относительного расположения поверхностей* – степень соответствия фактической угловой ориентации одной поверхности (оси) относительно другой до требуемого положения в каждой из двух координатных плоскостей (соосность, параллельность, перпендикулярность, концентричность) (рисунок 6.1).



а – отклонение от параллельности; *б* – отклонение от перпендикулярности; *в* – поворот одной ступени вала относительно другой

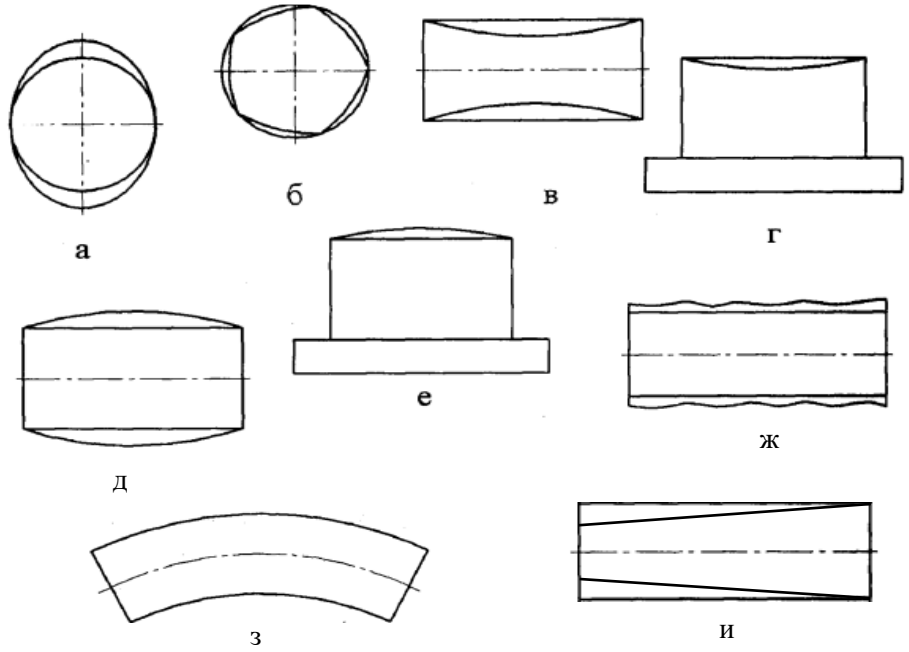
Рисунок 6.1. – Относительный поворот поверхностей

Точность взаимного расположения поверхностей при обработке детали зависит от погрешности ориентации детали на различных операциях и геометрической точности рабочих элементов станка;

3) *точность геометрической формы поверхностей* – степень приближения каждой из поверхностей детали к ее геометрически верному представлению. Точность формы детали оказывает существенное влияние на работу сопряженных поверхностей. На нее влияют геометрическая точность изготовления исполнительных элементов станка, профиль и установка режущего инструмента, вид рабочих движений станка, износ направляющих, неуравновешенность шлифовального круга и др.

Отклонения формы поверхностей детали делят:

а) на *макрогеометрические* отклонения – отклонение реальной поверхности от правильной геометрической формы при рассмотрении этой поверхности в целом (овальность, огранка (рисунок 6.2, *а*, *б*), отклонение от цилиндрической поверхности: изогнутость, бочкообразность, конусность (рисунок 6.2, *в*, *д*, *з*, *и*), отклонение от плоскостности: вогнутость, выпуклость (рисунок 6.2, *г*, *е*) и их комбинации; волнистость (периодические неровности поверхности, высота которых превышает базовую длину контролируемого участка от 1 до 10 мм (рисунок 6.2, *ж*);



а – овальность; *б* – огранка; *в*, *г* – вогнутость цилиндрической и плоской поверхностей; *д* – бочкообразность; *е* – выпуклость плоской поверхности; *ж* – волнистость; *з* – изогнутость; *и* – конусообразность

Рисунок 6.2. – Отклонение поверхностей от правильной геометрической формы

б) микрогеометрические отклонения – микронеровности на участках до 1 мм, которые называются *шероховатостью* поверхности (микронеровности поверхности на сравнительно малой базовой длине).

Точность деталей влияет на качество сборки, прочность посадок, кинематическую точность, надежность и т.д.

В реальных условиях все вышеперечисленные отклонения встречаются одновременно, поэтому комплексное обеспечение точности является сложной задачей.

Деталь считается точно обработанной, если погрешность Δ_i каждого из параметров не превышает допуск на него ($\Delta_i < T_i$, т.е. погрешность размера не превышает его допуск).

Поэтому *физическая сущность допуска* – это наибольшее значение погрешности, при которой деталь еще соответствует своему служебному назначению.

Для получения качественной детали необходимо в ходе разработки и реализации технологического процесса ее изготовления решить следующие две важнейшие задачи.

– обеспечить необходимые свойства материала детали;

– обеспечить необходимую точность размеров, расстояний, относительных поворотов и формы поверхностей деталей.

Решение этих задач осуществляется одновременно, однако сложность совместного рассмотрения заставляет рассматривать каждую из них отдельно.

7. Основы базирования деталей и заготовок

7.1. Базирование и точность в автомобилестроении

Одним из важнейших показателей качества автомобиля является точность изготовления его деталей и узлов. Это один из основных факторов, от которого зависит надежность автомобиля в процессах его проектирования, производства и эксплуатации.

В общем случае под *точностью* понимают степень соответствия исследуемого параметра или характеристики заданным эталонным или идеализированным показателям.

В автомобилестроении точность рассматривают в процессах различной обработки и сборки.

Задача обеспечения точности имеет место на стадии проектирования, обработки, сборки и контроля качества как отдельных деталей, так и всего авто в целом. Достижение требуемой точности обеспечивают при ориентации положения деталей и технологической оснастки в пространстве в процессах сборки и регулировки машины и ее механизмов, а также при механической обработке заготовок в разных технологических системах во время их установки на столе станка или в приспособлении.

Задачи обеспечения точности решают при установке режущего инструмента в шпинделе станка, оправке, резцедержателе, при ориентации приспособлений и узлов в сборочных процессах, а также во время контроля детали или заготовки с помощью контрольно-мерительного инструмента или устройства. Для решения задач такого вида служат основы и теория базирования.

7.2. Основные положения теории базирования

База – это поверхность или соединение поверхностей, ось, точка, которые принадлежат заготовке или изделию и используются для базирования (ГОСТ 21495-80).

Базирование – предоставление заготовке или изделию нужного положения относительно выбранной системы координат: при сборке – обеспечение детали нужного положения в сборочной единице относительно других, ранее установленных деталей или изделий; при обработке резанием – обеспечение заготовке нужного положения на станке относительно траектории обрабатывающего инструмента, при измерении - обеспечение заготовке или детали нужного положения относительно измерительного инструмента.

Базами могут служить поверхности: плоскость (рисунок 7.1, *а*); цилиндр (рисунок 7.1, *б*); совокупность поверхностей (рисунок 7.1, *в*); линия – ось (рисунок 7.1, *г*); окружность (рисунок 7.1, *д*); точка (точки) (рисунок 7.1, *е*).

В основу теории базирования положен раздел теоретической механики об определении положения твердого тела в пространстве в двух состояниях – покоя и движения относительно системы отсчета.

Нужные положения или движение тела относительно системы отсчета достигаются наложением на него геометрических или кинематических связей. Связями называют условия, которые накладываются или на положение, или на скорости точек тела. В первом случае связи называют геометрическими, во втором – кинематическими.

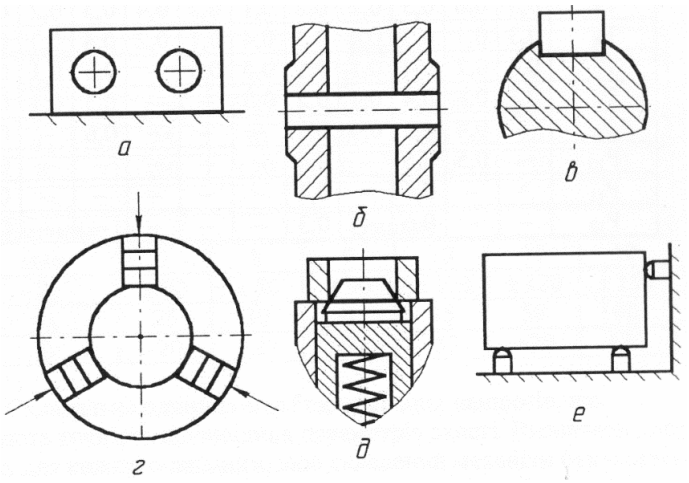


Рисунок 7.1. – Виды баз

Во время наложения на тело связей некоторые элементарные перемещения тела оказываются невозможными. Число оставшихся перемещений, не ограничивающих возможность его перемещения, называют *числом степеней свободы* данного тела.

Согласно декартовой системе отсчета свободное тело (без наложения связей) имеет 6 степеней свободы: 3 перемещения вдоль координат их осей и 3 поворота вокруг этих осей. Таким образом, чтобы сделать тело неподвижным, нужно лишить его 6-ти степеней свободы, а для этого наложить на него 6 связей.

Выберем за систему отсчета прямоугольную систему координат *OXYZ*. В этой системе расположим абсолютно твердое тело, с которым жестко связана система координат *O'X'У'Z'* (рисунок 7.2).

Определить положение подвижной системы координат относительно выбранной системы можно способом наложения геометрических связей на координатные плоскости системы *O'X'YZ'*. В результате тело лишается 3 перемещений вдоль осей декартовой системы координат и 3 поворотов вокруг этих осей, т.е. тело становится неподвижным в системе (рисунок 7.2).

Условия пребывания тела в состоянии спокойствия в этом случае будут иметь вид: z_1 = const; z_2 = const; z_3 = const; y_4 = const; y_5 = const, x_6 = const.

Таким образом, связями обеспечивается заданное положение тела в системе *OXYZ* в каждый рассматриваемый момент времени.

В реальных условиях связи практически реализуются с помощью материальных тел. Реализация двусторонних геометрических связей достигается соприкосновением поверхностей тела с поверхностями другого тела, к которому оно присоединяется, и прикладыванием сил и пар сил для обеспечения контакта между ними.

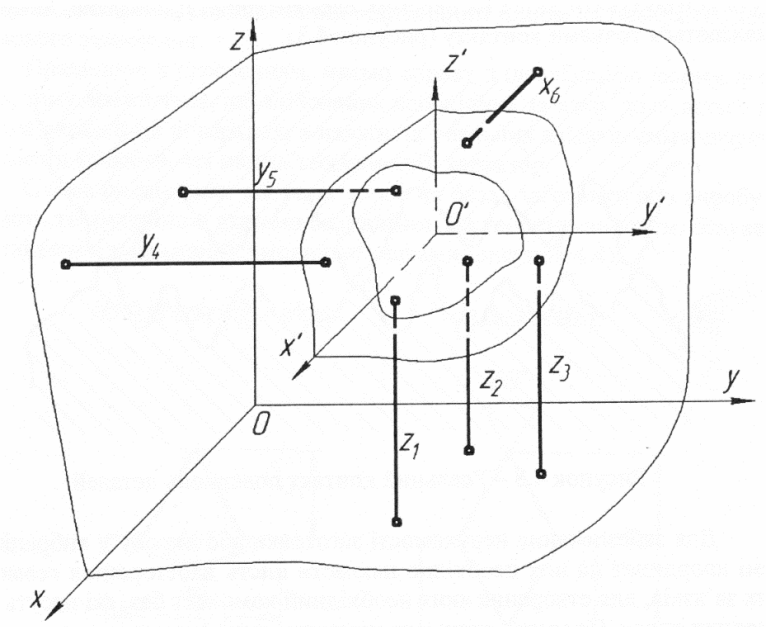


Рисунок 7.2. – К определению положения твердого тела

Реальные тела детали ограничены криволинейными поверхностями, поэтому могут контактировать лишь на отдельных элементарных площадках, которые условно считаются точками контакта (рисунок 7.3).

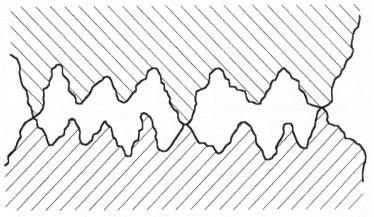


Рисунок 7.3. – Реальный контакт поверхностей деталей

Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в выбранной системе координат на них необходимо наложить 6 двусторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз, которые несут 6 опорных точек. Это условие получило название *правила шести точек*. При этом имеются в виду жесткие двусторонние связи, исключающие возможность любого перемещения тела в направлении этих связей.

При реализации же схемы базирования двусторонние связи превращаются в *опорные точки* и тем самым в односторонние связи. Это значит, что достигнутое правильное положение детали может измениться под действием сил и моментов сил обработки или сборки. Для сохранения полученного при базировании и правильного положения детали необходимо обеспечить

непрерывность контакта соединяемых поверхностей деталей для жесткой двусторонней связи. Поэтому при реализации схемы базирования нельзя ограничиваться только созданием необходимых 6-ти опорных точек, а необходимо еще обеспечить плотное и непрерывное соприкосновение соответствующих поверхностей детали (опорных точек) с помощью силового замыкания.

При этом нужен помнить! Силы закрепления не базируют! Силы осуществляют фиксацию!

Для создания силового замыкания используют упругие силы материала крепежных деталей, силы трения, силу веса заготовок (деталей), магнитные и электромагнитные силы, силы сжатого воздуха, жидкости или сочетания указанных сил.

Если в соответствии со служебным назначением изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается и заменяется кинематическими связями.

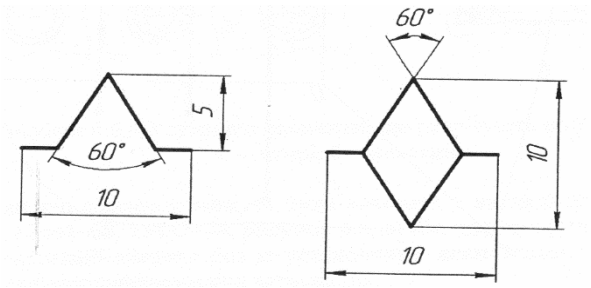
Например, колесо автомобиля (управляемое) должно иметь 3 степени свободы для возможности вращения вокруг собственной оси, вокруг оси подвески и вокруг шкворня. Шпиндели станков должны быть лишены 5-ти степеней свободы при сохранении возможности вращения вокруг своей оси. Салазки суппорта станка должны сохранять одну степень свободы, что позволяет осуществить их перемещение по направляющим.

Таким образом, материализация геометрических связей достигается с помощью 6 точек, расположенных соответствующим образом на поверхностях детали, и силового замыкания.

Работая с чертежом, имеем дело с идеализацией формы поверхностей, потому считается, что реализация необходимых связей достигается контактом деталей по поверхностям, а наличие реальных связей символизируется опорными точками, которые имеют теоретический характер.

Схему размещения опорных точек на базах заготовки или изделия называют *теоретической схемой базирования*. На теоретической схеме базирования опорные точки изображают условными знаками (рисунок 7.4).

Опорные точки нумеруются, начиная с базы, на которой располагается их наибольшее количество. Номер точки проставляется строго справа от условного знака. Если в какой-либо проекции одна опорная точка накладывается на другую, то изображается одна точка и около нее проставляются номера совмещенных точек.



***а* – вид спереди и сбоку; *б* – вид сверху**

Рисунок 7.4. – Условное изображение опорных точек

7.3. Базирование тел разной формы

Базирование призматического тела. В соответствии с положениями теоретической механики для определения положения призматического тела относительно системы координат *OXYZ* необходимо связать его нижнюю поверхность *А* тремя жесткими двусторонними удерживающими связями с плоскостью *XOY* прямоугольной системы координат (рисунок 7.5).

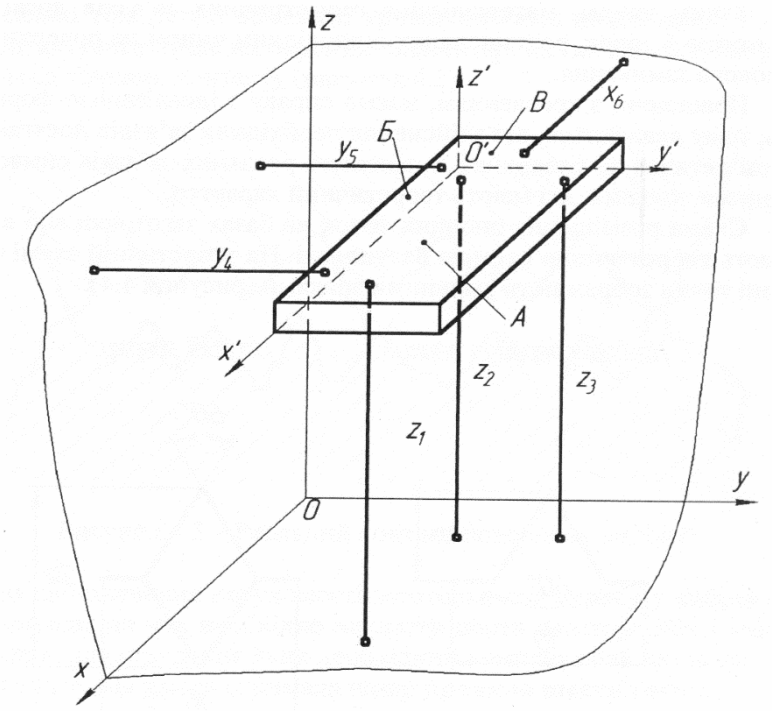


Рисунок 7.5. – Базирование призматического тела

Связь z_1 лишает тело перемещения вдоль координатной оси *OZ,* связь z_2 – вращения вокруг оси *OY*, z_3 – вращения вокруг оси *OX*.

Поверхность *А*, которая несет на себе 3 опорных точки и лишает тело 3 степеней свободы (перемещения вдоль одной из координатных осей и вращения вокруг двух других координатных осей), называется *установочной базой.*

Для того чтобы исключить перемещение тела вдоль оси *OY* и вращение вокруг оси *OZ,* свяжем поверхность *Б*, соответственно, двумя связями y_4, y_5 с плоскостью *XOZ*. Поверхность *Б*, которая лишает тело (заготовку) двух степеней свободы (перемещения вдоль одной координатной оси и вращения вокруг другой оси), называется *направляющей базой.*

Таким образом, тело имеет возможность перемещаться лишь вдоль оси *OX*. Для исключения и этого перемещения свяжем поверхность *В* одной жесткой двусторонней связью x_6 с плоскостью *ZOY.*

Поверхность *В*, которая несет на себе одну опорную точку и лишает тело одной степени свободы (перемещения вдоль одной из координатных осей), называется *опорной базой.*

Совокупность трех баз, которая образует систему координат заготовки (или изделия), составляет *комплект баз.*

Реализация рассмотренной теоретической схемы базирования (рисунок 7.6) осуществляется установлением заготовки на установочные элементы устройства.

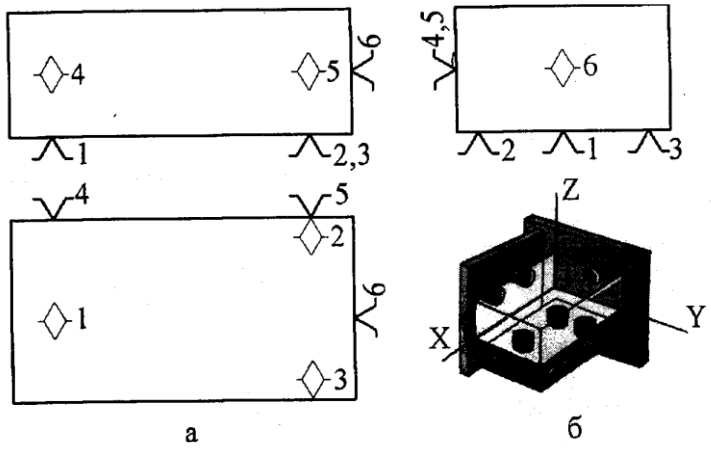
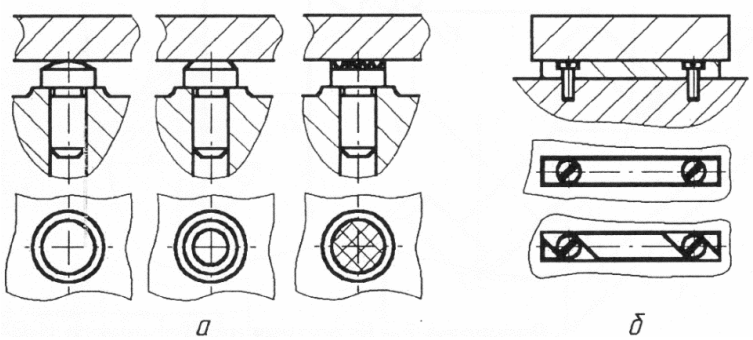


Рисунок 7.6. – Теоретическая схема базирования призматического тела (*а*) и ее реализация (*б*)

Установочные элементы могут быть выполнены в виде штырей (ГОСТ 13440-68, 13441-68, 13442-68, рисунок 7.7, *а*) или пластин (рисунок 7.7, *б*).

Неотрывный контакт баз с установочными элементами устройства обеспечивается приложением сил фиксации.



а – штыри; *б* – пластины

Рисунок 7.7. – Установочные элементы,
реализующие опорные точки

Базирование цилиндрического тела. Связав цилиндрическую поверхность *А* (рисунок 7.8) двумя жесткими двусторонними связями с плоскостью *XOY* и двумя – с плоскостью *XOZ* цилиндрическое тело лишается 4 степеней свободы: связь z_1 – перемещения вдоль оси *OZ,* связь z_2 – вращения вокруг оси *OY*, связь y_3 – перемещения вдоль оси *OY*, связь y_4 – вращения вокруг оси *OZ.*

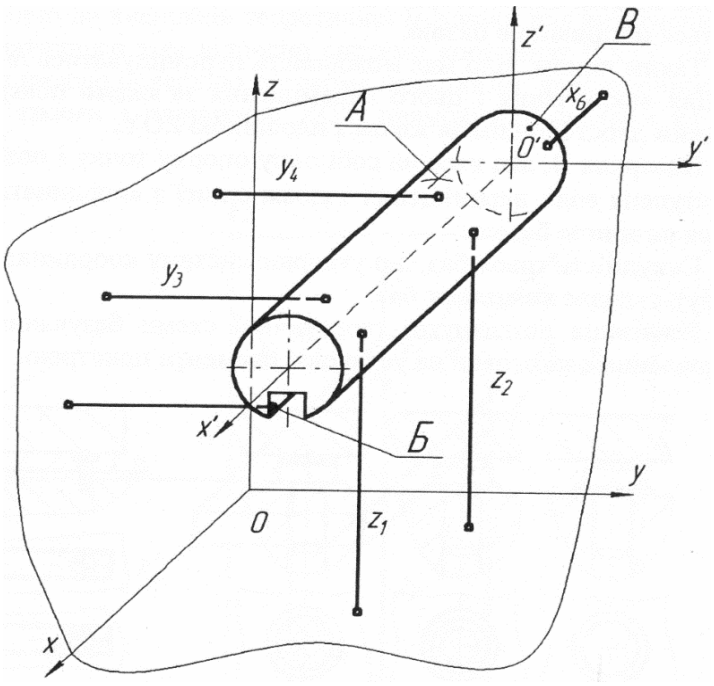


Рисунок 7.8. – Базирование цилиндрического тела

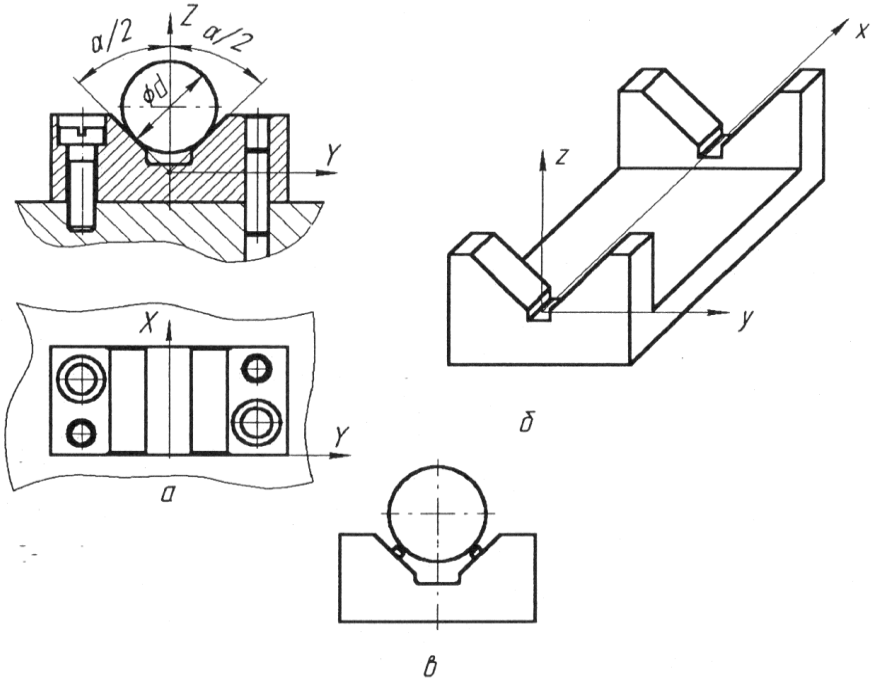
Поверхность *А*, которая несет на себе 4 опорных точки и лишает тело 4 степеней свободы: перемещений вдоль двух координатных осей и вращения вокруг этих самых осей, называется двойной *направляющей базой.*

Для исключения вращения тела вокруг оси *O'X'* (что при параллельном переносе системы координат *O'X' YZ'* равнозначно вращению вокруг оси *OX*) нужно связать определенный элемент детали с какой-то плоскостью системы *OXYZ* (выступ, отверстие, паз шпонки и т. др.) в данном случае боковую поверхность *Б* шпоночного паза с плоскостью *XOZ*.

Поверхность *Б*, которая несет на себе одну опорную точку и лишает тело одной степени свободы – вращения вокруг одной из координатных осей, называется опорной базой. Поверхность *В* лишает тело одной степени свободы (перемещения вдоль оси *OX*) – также опорная база.

Таким образом, *опорная база* – поверхность детали (или изделия), которая несет на себе одну опорную точку и лишает тело одной степени свободы (перемещения вдоль одной из координатных осей или вращения вокруг одной из координатных осей).

Реализация теоретической схемы базирования цилиндрических тел чаще всего осуществляется с помощью призм (рисунок 7.9).



а – с широкими опорными поверхностями; *б* – с узкими опорными поверхностями; *в* – с точечными опорами

Рисунок 7.9. – Реализация теоретической схемы базирования цилиндрических тел с помощью призм

Призмой называется установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, созданного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под

углом α. Призмы для установления коротких заготовок стандартизированы ГОСТ 12195-66. Призма определяет положение плоскости *OZ* заготовки (см. рисунок 7.9, *а*), перпендикулярной к основанию призмы, в результате совмещения ее с осью углового паза, а также положение продольной оси *X* заготовки.

Используют призмы с углами α, которые равны 60, 90, 120°. Наиболее распространены призмы с α = 90°. Когда базирование происходит по неполной цилиндрической поверхности, используют призмы с α = 120°. При значительных силах резания, которые действуют параллельно основе призмы, используют α = 90°. При черновых базах (R_z > 80 мкм) используют призмы с узкими опорными поверхностями или с точечными опорами, запрессованными в рабочие поверхности призмы (см. рисунок 7.9, *б*, *в*), при чистовых базах – с широкими опорными поверхностями.

Базирование диска. *Диск* – цилиндрическая деталь, у которой длина цилиндрической поверхности меньше диаметра. В связи с этим ориентирование заготовки по цилиндрической поверхности затруднено сравнительно с цилиндром, но оно возможно по его торцевой поверхности.

Поэтому поверхность *А* - установочная база: связь z_1 лишает диск перемещения вдоль оси *OZ*; связь z_2 - вращения вокруг оси *OY*; связь z_3 - вращения вокруг оси *OX* (рис. 7.10).

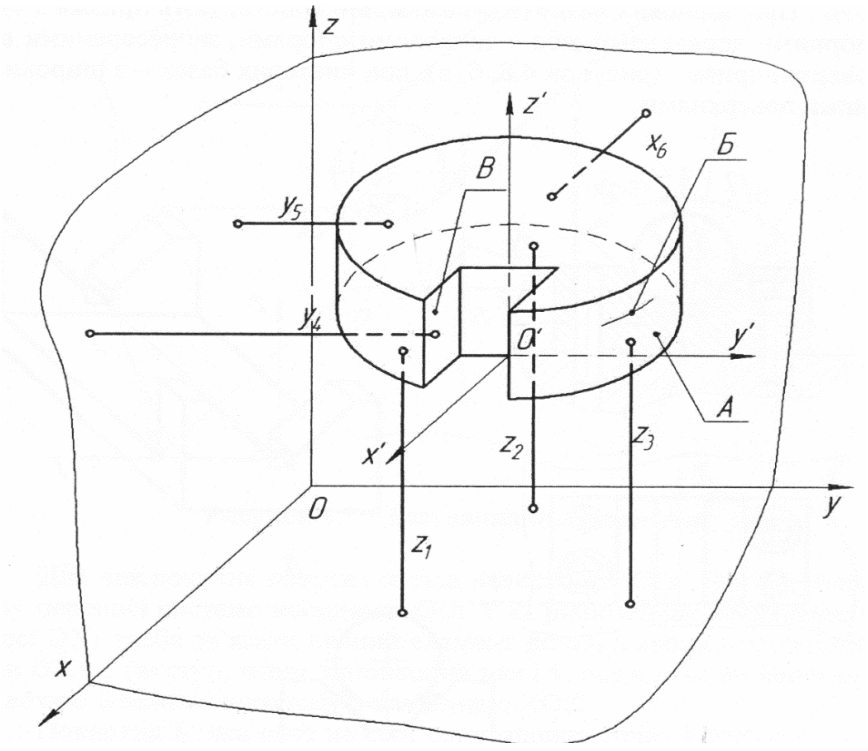


Рисунок 7.10. – Базирование диска

Поверхность *Б* несет на себе 2 опорных точки и лишает тело 2 степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей (y_4 – вдоль *OY*, x_5 – вдоль *OX*), называется *двойной опорной базой.* Поверхность *В*, связанная связью y_6 с плоскостью *XOZ* и лишает тело одной степени свободы – вращения вокруг оси *O'Z'* (что при параллельном переносе системы *O'X'У'Z'*, равнозначно вращению вокруг оси *OZ*), – опорная база.

Схемы базирования заготовок с внутренними цилиндрическими поверхностями принципиально подобны рассмотренным. Для предоставления положения телу с использованием его плоскостей симметрии или осей поверхностей связи должны быть наложены непосредственно на плоскости симметрии, оси, линии или точки их пересечения (рисунок 7.11, *а*, *в*).

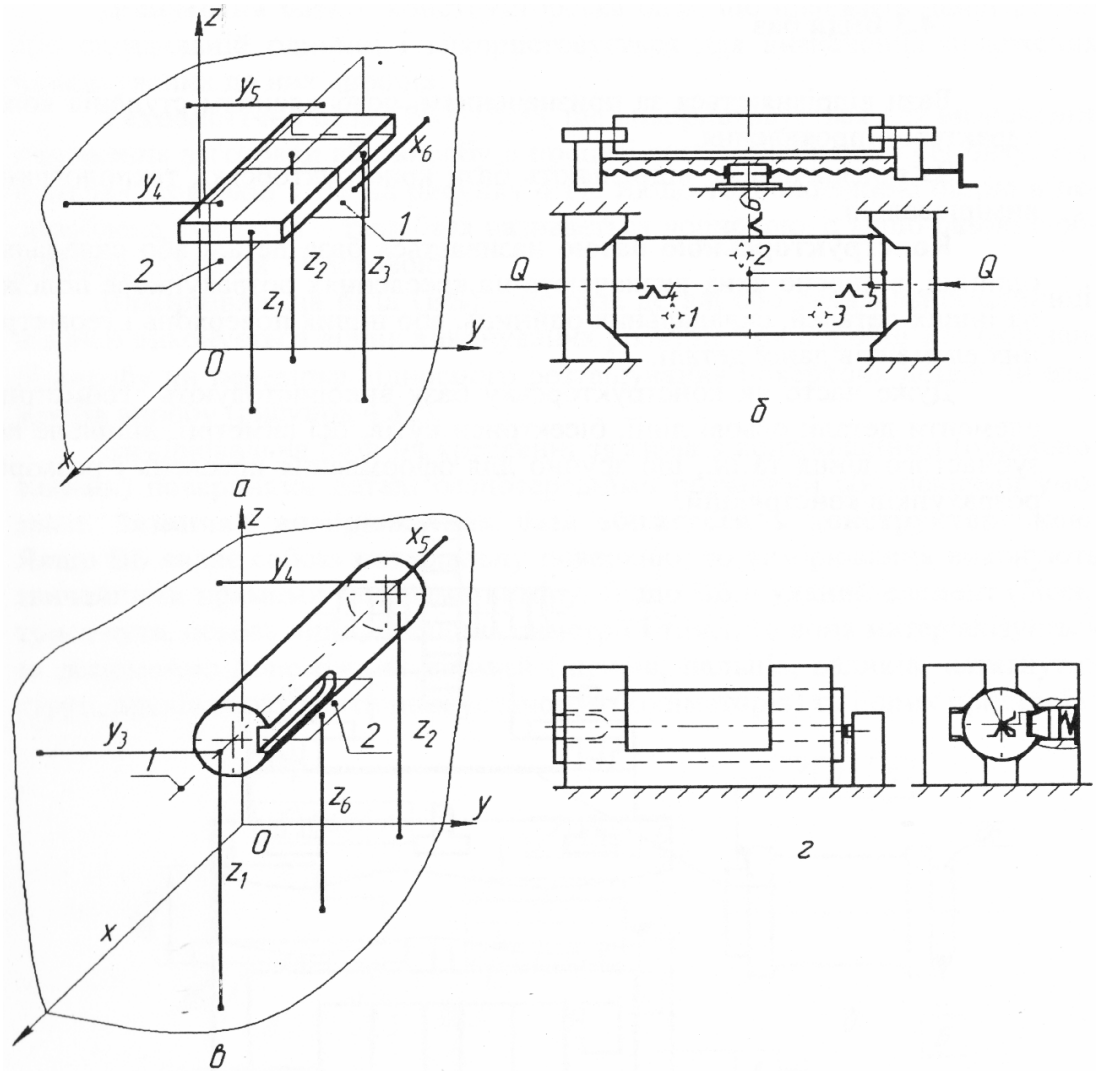


Рисунок 7.11. – Схемы базирования призматического тела (*а*) и цилиндра (*в*) с помощью их мнимых элементов и реализация (*б*, *г*) этих схем

Базирование по плоскостям симметрии, осям, линиям или точкам их пересечения реализуется с помощью центрирующих устройств: самоцентрирующихся призматических тисков (см. рисунок 7.11, *б*), подпружиненных конических (сферических) пальцев (см. рисунок 7.11, *г*) самоцентрирующихся патронов, цанг и т.д.

7.4. Классификация баз

Базы классифицируют по назначению, по лишению степеней свободы и характеру проявления (рисунок 7.12). По назначению отличают базы *конструкторские, технологические* и *измерительные.*

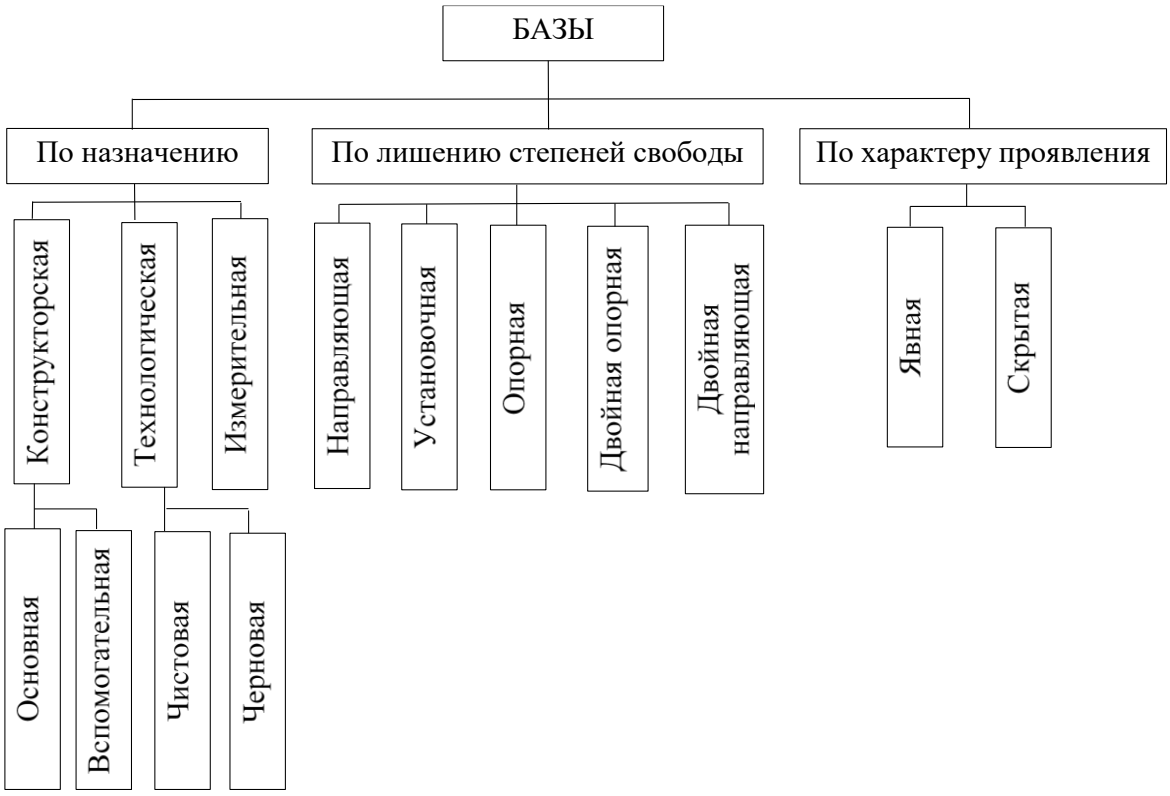


Рисунок 7.12. – Классификация баз

Конструкторской базой (КБ) называется база детали или сборочной единицы, относительно которой определяют на чертежах положение других деталей, сборочных единиц или других поверхностей и геометрических элементов данной детали. Как правило, за конструкторскую базу принимают геометрические элементы детали (осевые линии, биссектрисы углов, оси и плоскости симметрии, делительную окружность зубчатого венца и т.п.). Конструкторские базы бывают *основными* и *вспомогательными.*

Основная база – это конструкторская база, которая принадлежит данной детали или сборочной единице и используется для определения ее положения в изделии.

Вспомогательная база – конструкторская база, которая принадлежит данной детали или сборочной единице и используется для определения положения присоединяемых к ним изделий.

Технологическая база (ТБ) – база, которая используется для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта (например, поверхности 1 и 2 на рисунке 7.13).

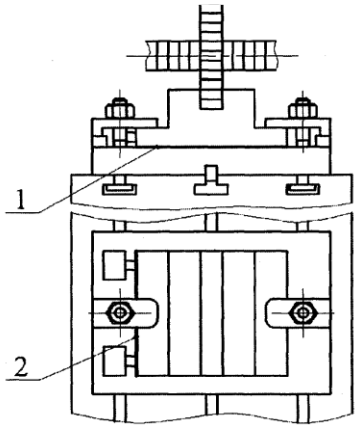


Рисунок 7.13. – Технологические базы 1 и 2 при установке заготовки на столе фрезерного станка

Если технологической базой является необработанная поверхность, ее называют *черновой,* если обработанная –то *чистовой.*

Измерительная база (ИБ) – это база детали или сборочной единицы, от которой выполняется отсчет выполняемых размеров при обработке или сборке изделия или проверка относительного расположения поверхностей детали или элементов изделия (рисунок 7.14).

Измерительная база на чертеже связана с контролируемыми (обрабатываемыми) поверхностями детали непосредственными размерами или определенными условиями точности. Обычно измерительная база совпадает с конструкторской. Если ИБ представляет собой материальную поверхность, то измерение выполняют обычными прямыми методами измерения. Если ИБ – мнимый элемент (биссектриса угла, осевая линия, плоскость симметрии и т.д.), то ее материализуют с помощью вспомогательных приспособлений (штырей, пальцев, валиков, разжимных втулок, лепестковых цанг, оптических установок).

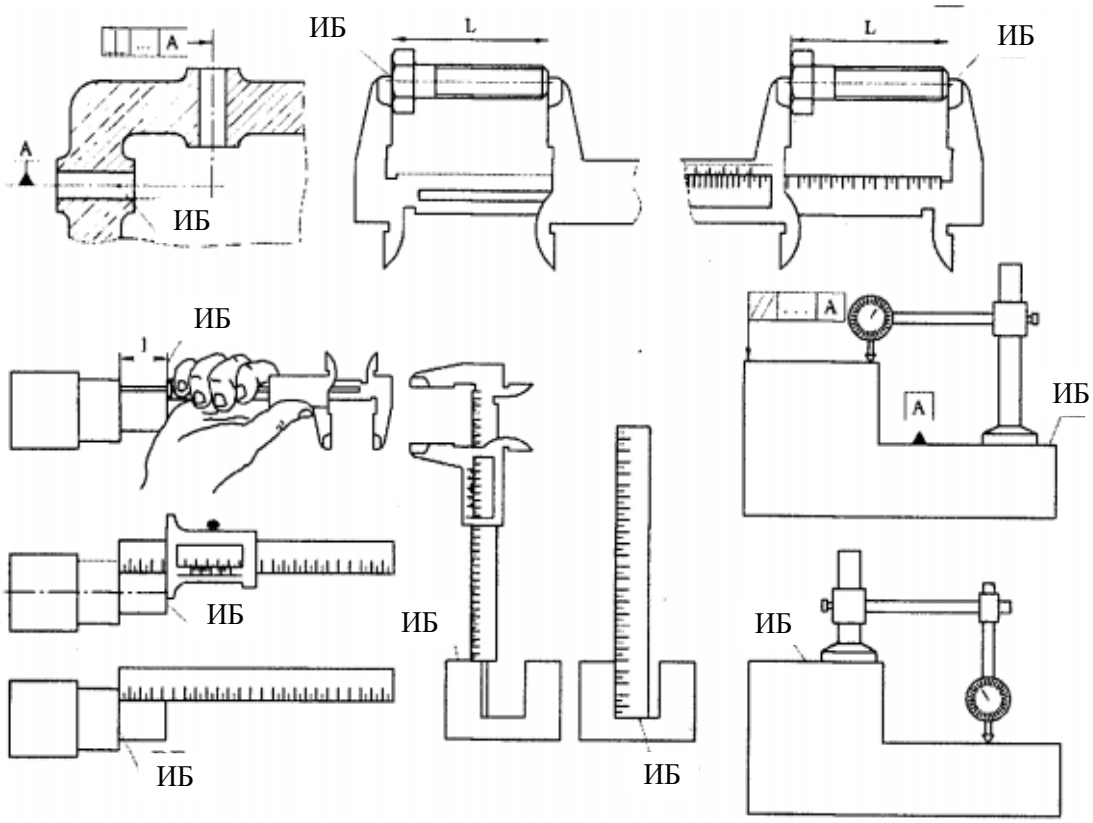


Рисунок 7.14. – Измерительные базы деталей

По лишенным степенями свободы база, как отмечалось раньше, может быть *установочной, направляющей, опорной, двойной направляющей, двойной опорной.* Число степеней свободы, которых можно лишить деталь, зависит от вида и размеров ее поверхности (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Число лишаемых степеней свободы у детали или заготовки в зависимости от вида и размеров поверхности

Вид базы	Размеры базы	Число лишаемых степеней свободы
Плоскость	Широкая	3
	Узкая	2
Поверхность	Точечная	1
Цилиндрическая поверхность (внешняя и внутренняя)	Длинная	4
	Короткая	2
Коническая поверхность (внешняя и внутренняя)	Длинная	5
	Короткая	3

По характеру проявления базы могут быть *явными* и *скрытыми* (мнимыми).

Явная база – база заготовки или изделия в виде реальной поверхности.

Скрытая база – база заготовки или изделия в виде мнимой плоскости, оси или точки (например, плоскости симметрии 1 и 2 (см. рисунок 7.11, *а*), ось 1 и плоскость симметрии 2 паза (см. рисунок 7.11, *в*) шпонки).

7.5. Определенность и неопределенность базирования

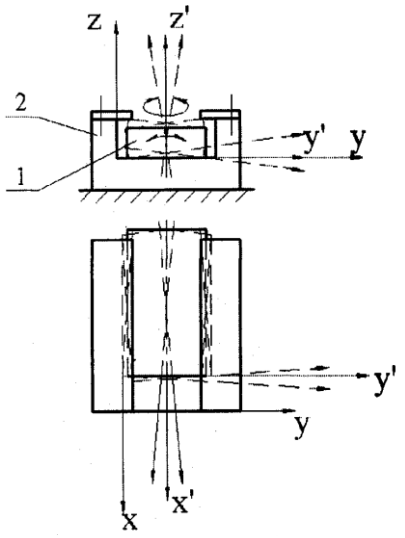
Под *определенностью базирования* понимают неизменность положения детали в выбранной системе координат во время работы в машине, в процессе изготовления или измерения.

Определенность базирования обеспечивается приложением к детали фиксирующих сил, которые создают силовое замыкание. Силы и моменты, которые создают силовое замыкание и обеспечивают непрерывность контакта, должны быть больше сил и их моментов, которые направлены на нарушение этого контакта в процессе работы детали в машине или в процессе обработки ее заготовки. Без соблюдения этого условия невозможны выполнение деталью ее служебного назначения и достижения нужной точности детали при ее изготовлении.

Силы, которые создают и сохраняют контакт между соединенными поверхностями соединяемых деталей, всегда должны быть приложены ранее сил, которые стремятся нарушить этот контакт.

Определенность базирования характеризуется непрерывным сохранением контакта. Если контакт нарушается, то возникает *неопределенность базирования.*

Под *неопределенностью базирования* понимается единичное или многократное изменение нужного положения детали (заготовки) относительно выбранной системы координат. Она порождает *погрешность* относительного положения или движения детали. Этот фактор необходимо учитывать в случае подвижных соединений деталей, когда у детали для выполнения ею служебного назначения в машине остается одна степень свободы. Например, ползун 1 в машине для выполнения своего служебного назначения должен иметь одну степень свободы – возможность двигаться вдоль оси *ОХ* по направляющей 2 (рисунок 7.15). Как видно, наличие зазора дает возможность ползуну занимать под действием рабочих сил и моментов целый ряд неопределенных положений.



1 – ползун; 2 – направляющая

Рисунок 7.15. – Неопределенность базирования

Неопределенность базирования заготовки при обработке влияет на точность расположения обработанных поверхностей относительно ТБ (рисунок 7.16).

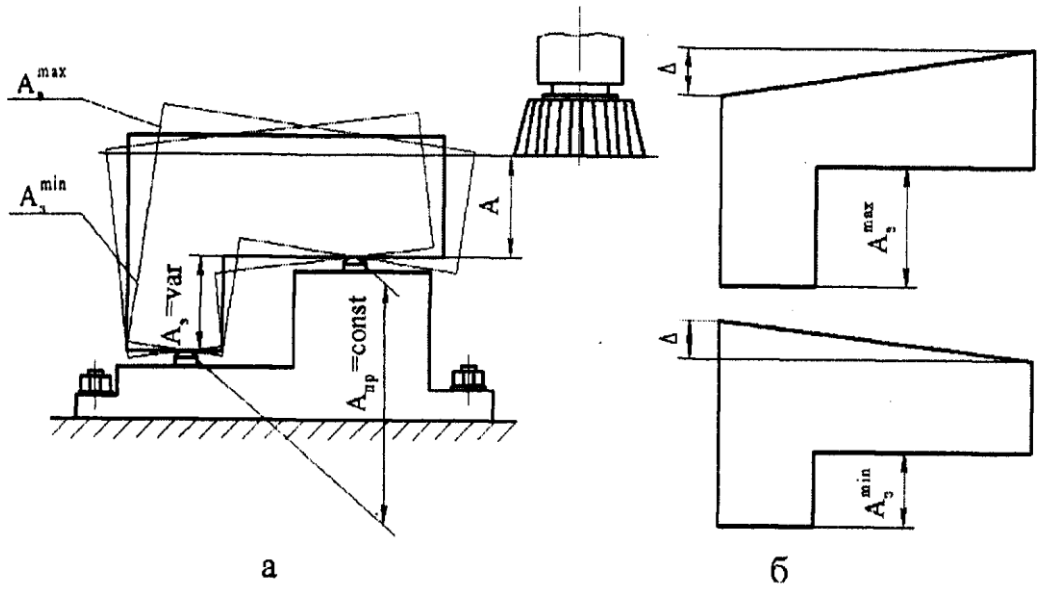
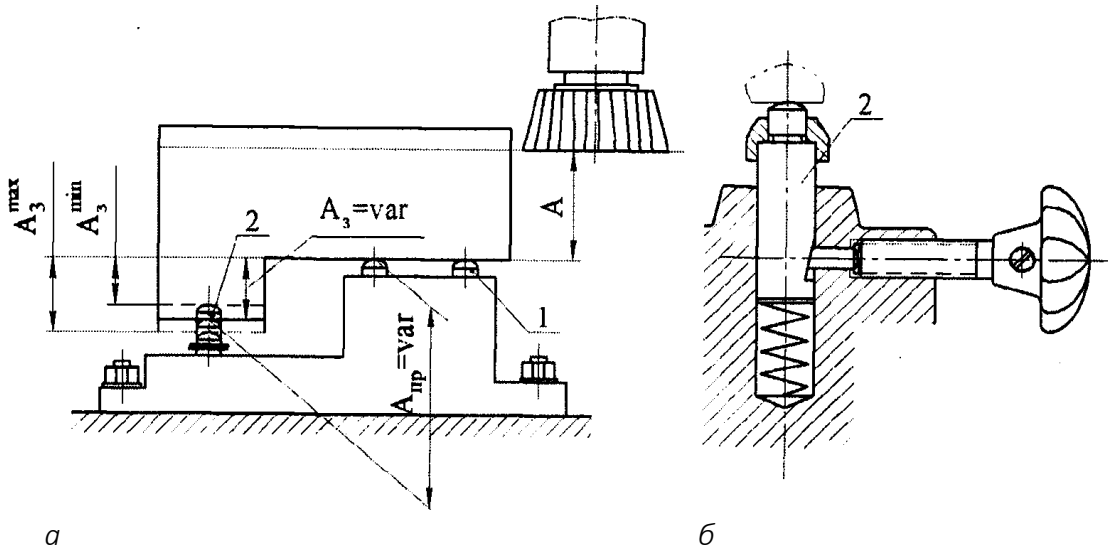


Рисунок 7.16. – Неопределенность базирования заготовки при фрезеровании (*а*) и ее влияние на точность обработки (*б*)

Для обеспечения определенности базирования необходимо тщательным образом назначать допуски соединений при конструировании, а при изготовлении правильно базировать и закреплять заготовку (рисунок 7.17).

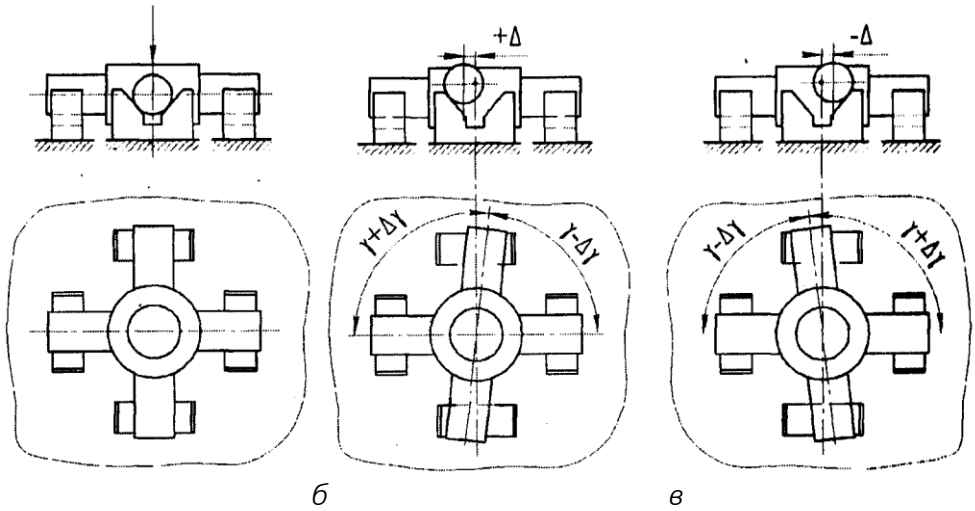


а *б*

1 – неподвижная опора; 2 – регулируемая опора

Рисунок 7.17. – Обеспечение определенности базирования (*а*) за счет использования регулируемой опоры (*б*) в приспособлении

Пример неопределенности базирования – выполнения базирования с избыточными связями при установке крестовины карданной передачи во время ее обработки (рисунок 7.18). На заготовку накладывается 8 связей во время протягивания ее торцов, т.е. две лишние.



а *б* *в*

Рисунок 7.18. – Схема установки крестовины на четыре призмы (*а*) и неопределенность базирования при этом (*б*, *в*)

Вследствие погрешности Δγ исходной заготовки это приводит к неопределенности ее базирования, деформации под действием сил закрепления и погрешности Δ расположения центрирующих отверстий (рисунок 7.18).

7.6. Смена баз

Под *сменой баз* понимают замену одних поверхностей детали, заготовки или сборочной единицы машины, которые используются в качестве базы, другими.

Различают организованную и неорганизованную смену баз. Под *организованной сменой* баз понимают замену, которой руководят. Неорганизованная смена баз происходит случайно или без контроля этого явления (например, при закреплении заготовки на столе станка или в приспособлении). Причинами такого случая могут являться погрешности геометрической формы заготовки (рисунок 7.19, *а*), неправильное расположение и погрешности установочных элементов (рисунок 7.19, *б*), неправильное приложение и последовательность приложения фиксирующих сил (рисунок 7.19, *в*), недостаточная квалификация и ошибки работника (рисунок 7.19, *г*).

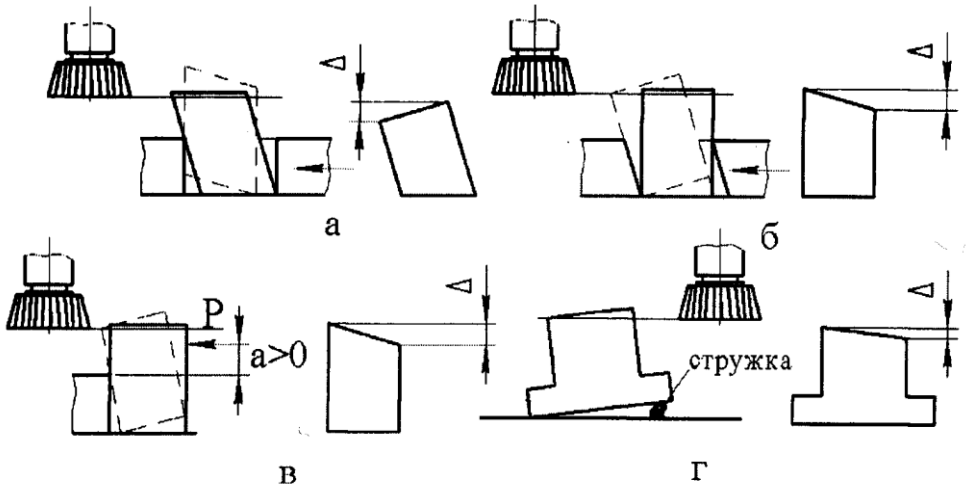


Рисунок 7.19. – Неорганизованная смена баз по разным причинам и вызванная этим погрешность обработки Δ

Необходимость в организованной смене одной или нескольких баз возникает в следующих случаях:

1) невозможность обработки всех поверхностей заготовки за один установ;

2) обоснованный переход на другие базы;

3) невозможность использования измерительной базы как технологической;

4) необходимость в сложных, неудобных приспособлениях;

5) когда возникает возможность достичь нужной точности более простым и экономическим путем.

Каждый переход с одних баз на других увеличивает накопление погрешностей относительного расположения поверхностей и в конечном итоге влияет на точность изготовления детали. Поэтому смены баз нужно стремиться избегать, а деталь обрабатывать с одного установа.

7.7. Разработка теоретической схемы базирования

Требования и последовательность разработки. Теоретическая схема базирования разрабатывается на каждой операции технологического процесса, исходя из условия, что технологической базой по каждой из координат должна быть измерительная база. Для этого:

1. Выявляют размерные связи выбранной обрабатываемой поверхности с другими поверхностями (осями, плоскостями) детали.
2. Устанавливают измерительные базы по каждой из координат.
3. Измерительные базы по каждой из координат принимают как технологические.
4. Устанавливают число степеней свободы, которых лишаются принятые технологические базы.
5. Выполняют теоретическую схему базирования.

Пример. При обработке паза в заготовке (рисунок 7.20, *а*) базами должны быть: по координате *x* – поверхность 1; по координате *y* – поверхность 2, по координате *z* – поверхность 3, поскольку с ними обрабатываемые поверхности связаны непосредственно размерами. Количество лишаемых степеней свободы диктуется служебным назначением детали, которое выражается точностью размеров и условий относительного расположения поверхностей.

Правило. Чем более точными условиями связана поверхность с измерительной базой, тем большего числа степеней свободы последняя должна лишать заготовку или детали при базировании.

Для обеспечения параллельности обрабатываемой поверхности к технологической базе последняя должна лишать заготовку как минимум двух степеней свободы, т.е. быть направляющей базой; чтобы обеспечить перпендикулярность - три степени свободы (установочная база).

Если по всем координатам точность размеров (условий) одинакова, вид базы диктуется ее габаритными размерами и удобством практической

реализации теоретической схемы базирования. Поэтому в рассмотренном примере принято за установочную базу поверхность 3, направляющую базу – поверхность 2 и опорную – поверхность 1 (рисунок 7.20, *б*).

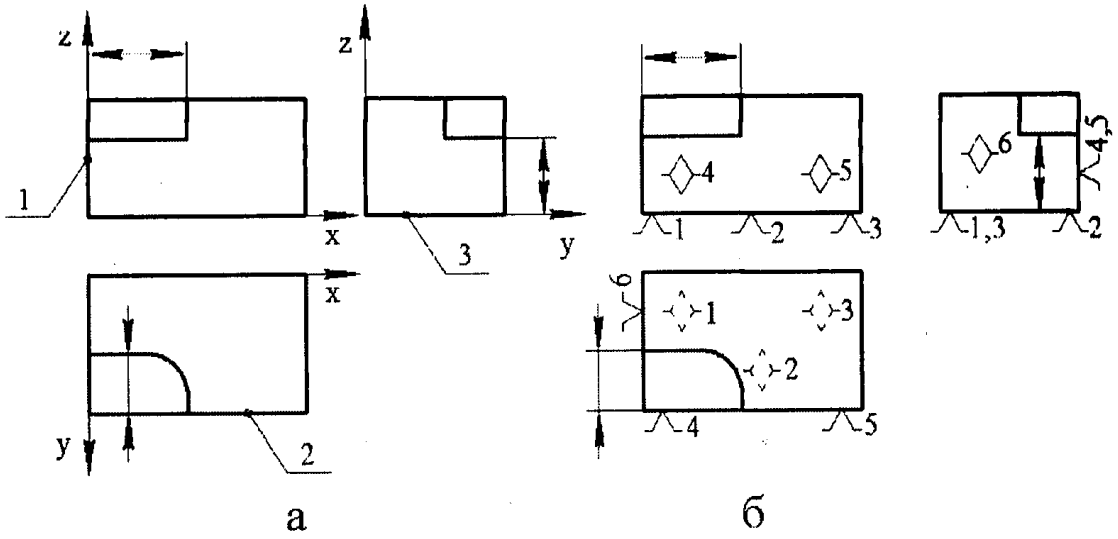


Рисунок 7.20. – Координация поверхностей паза (*а)*
и теоретическая схема базирования заготовки при его обработке (*б*)

Пример разработки теоретической схемы базирования с использованием явных баз

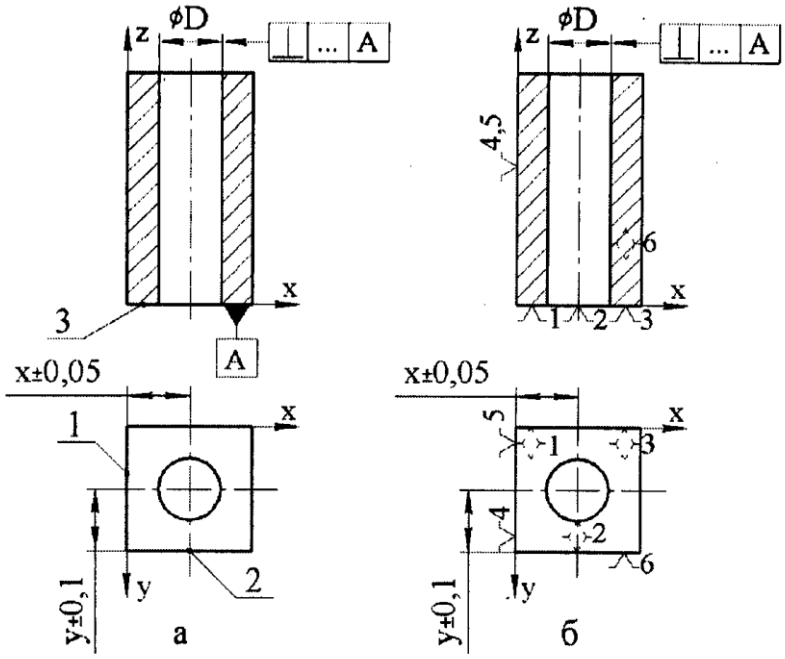


Рисунок 7.21. – Координация отверстия (*а*)
и теоретическая схема базирования заготовки при его обработке (*б*)

В корпусной заготовке необходимо обработать отверстие *ØD* с соблюдением параметров точности, указанных на чертеже (см. рисунок 7.21, *а*).

Исходя из размерных связей детали, измерительными базами по координатам *x, y, z* являются, соответственно, поверхности 1, 2, 3. Поскольку отверстие *ØD* должно быть перпендикулярным к поверхности 3 и она должна быть установочной базой. В связи с тем, что точность расстояния отверстия от поверхности 1 более высока, чем от поверхности 2, поверхность 1 должна быть направляющей базой, а поверхность 2 – опорной (см. рисунок 7.21, *б*).

Пример разработки теоретической схемы базирования с использованием неявных баз

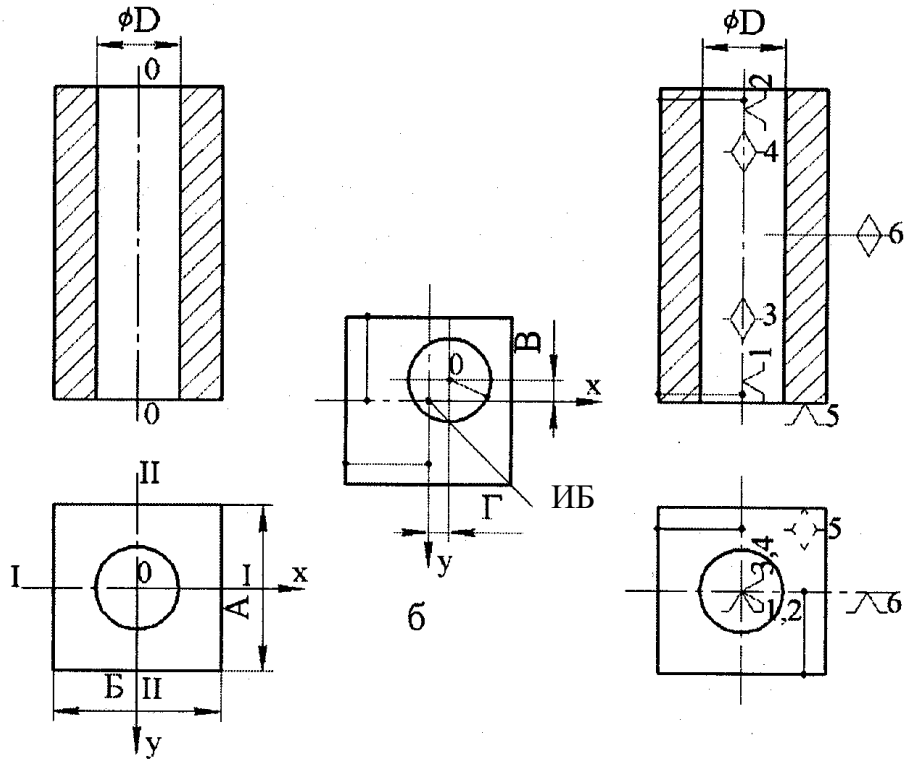


Рисунок 7.22. – К разработке теоретической схемы базирования с использованием неявных баз

Если в соответствии со служебным назначением отверстие *ØD* должно быть точно ориентировано относительно внешних поверхностей детали, то конструктор задает размерные связи на чертеже таким образом, что ось отверстия должна совпадать с линией пересечения плоскостей симметрии I-I и II-II внешнего контура,т.е. размеры *В* и *Г* равняются нулю (см. рисунок 7.22).

Т.е. ось 0-0 должна быть двойной направляющей базой, а торец заготовки – опорной.

7.8. Основы выбора технологических баз

Выбор технологических баз – один из важнейших этапов, от которого зависят:

– фактическая точность обработки;

– правильность относительного расположения поверхностей;

– конструкция приспособлений, режущего и измерительного инструментов;

– производительность процесса обработки заготовок.

Базы выбирают в начале проектирования технологического процесса одновременно с установлением последовательности и методов обработки поверхностей.

Обрабатываемая поверхность ориентирует свое положение относительно баз, которые используются при ее обработке. Поэтому, во-первых, выбору технологических баз должно предшествовать изучение служебного назначения детали в машине с целью выявления связей между поверхностями детали. Во-вторых, при обработке той или другой поверхности, за ТБ, как правило, выбирают поверхность, ось или точку, относительно которых необходимое положение занимает обрабатываемая поверхность (т.е. которые являются измерительными базами).

В общем случае деталь имеет две системы поверхностей: систему необработанных поверхностей и систему обработанных поверхностей, которые связаны между собой по каждой из координат. Поэтому при разработке технологического процесса изготовления детали решают три технологических задачи обеспечения:

1) точности и относительного расположения необработанных поверхностей;

2) точности, шероховатости и относительного расположения обработанных поверхностей;

3) точности относительного расположения системы обработанных поверхностей относительно системы необработанных поверхностей.

Первая задача решается правильным выбором вида исходной заготовки и метода ее получения.

Вторая задача решается таким образом:

– точность размеров, геометрической формы и шероховатости обрабатываемых поверхностей – правильным выборам соответствующих методов обработки и технологических систем;

– точность относительного расположения обрабатываемых поверхностей – надлежащим выбором технологических баз и систем.

Третья задача решается надлежащим выбором черновых баз (ЧБ).

В связи с этим рациональность и правильность разработки технологического процесса механической обработки в значительной степени определяются правильностью выбора первой технологической операции процесса и, соответственно, корректностью определения черновых баз.

На первой операции решают две основных задачи: устанавливают точность положения поверхностей, которые подлежат обработке относительно поверхностей, которые остаются у готовой детали необработанными; распределяют допуски на обработку между поверхностями, что подлежат обработке.

Решение первой задачи диктуется необходимостью выполнения деталью своего служебного назначения и обеспечения необходимого товарного вида (равномерность толщины стенок, симметричность и т.п.), а также достижение достаточной прочности или уравновешенности.

Решение второй задачи диктуется необходимостью сохранения требуемого слоя материала тех поверхностей детали, которые при работе в машине поддаются наиболее интенсивному изнашиванию, необходимостью равномерного распределения допусков на обработку, а также увеличением производительности обработки путем сокращения объема материала, который подлежит удалению в процессе изготовления.

Правила выбора черновых баз

Правило 1. Для деталей, которые имеют необработанные поверхности, черновыми базами нужно выбирать поверхности, которые у нее остаются необработанными, а если их несколько, такую из них, которая наиболее точно располагается относительно обработанных поверхностей (т.е. связанная непосредственным размером или условиями: параллельность, перпендикулярность, соосность и т.п.).

Например, вследствие погрешностей изготовления исходной заготовки стакана (рисунок 7.23, *а*) оси обрабатываемых (*2', 3'*) и необрабатываемых (*1*) поверхностей не совпадают. Поэтому для получения правильного относительного расположения этих поверхностей (обеспечить равностенность) на первой операции нужно использовать в качестве базы ось поверхности *1* (рисунок 7.23, *б*). Если его нарушить, расположение отмеченных поверхностей будет неточным и сохранится разностенность стакана (рисунок 7.23, *в, г*).

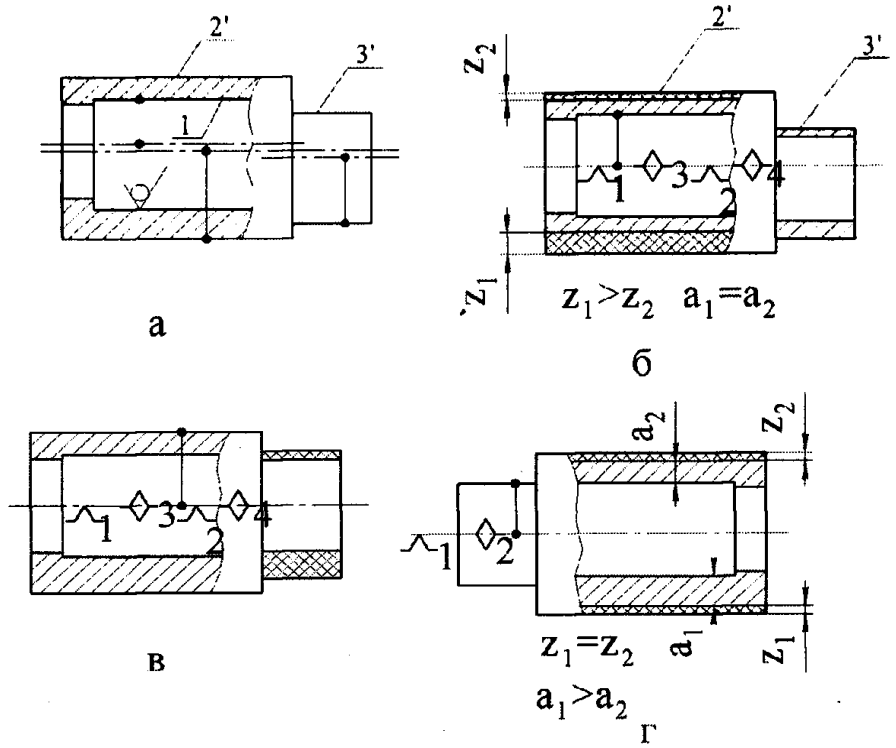
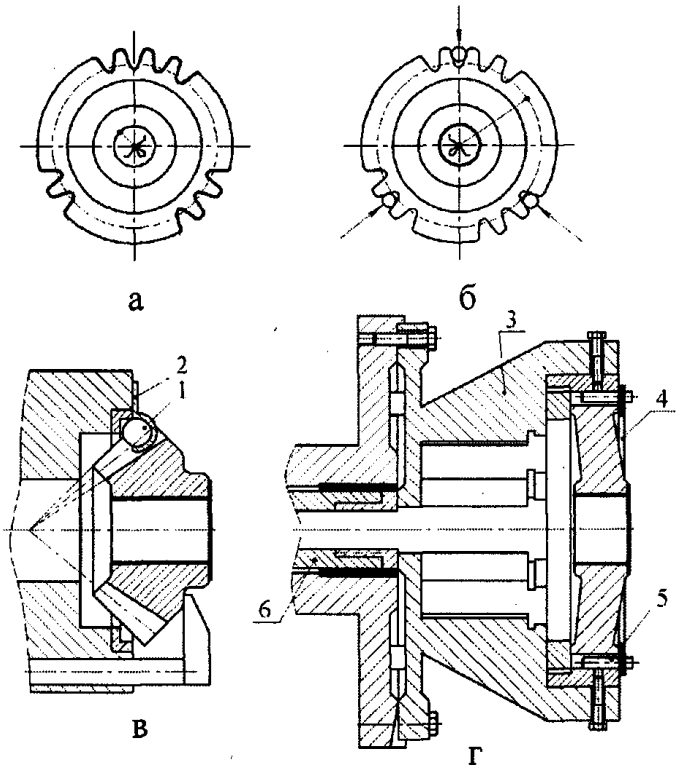


Рисунок 7.23. – Различные варианты базирования стакана при обработке

Правило 2. Если по причинам эксплуатационного, технологического характера или с целью экономии материала из какой-либо поверхности нужно снять равномерный припуск, то именно эту поверхность нужно выбирать как ЧБ на первой операции. Это правило применяют и для деталей, обрабатываемых полностью, если с какой-либо поверхности необходимо снять равномерный припуск.

Пример. При шлифовании зубцов шестерни заготовку базируют на отверстие, или его ось (рисунок 7.24, *а*). Чтобы обеспечить снятие с поверхности зубцов равномерного припуска при окончательной обработке отверстия шестерню базируют на ось делительного цилиндра или конуса зубчатого венца (рисунок 7.24, *б*), используя специальные приспособления - патроны с шариками или роликами (рисунок 7.24, *в, г*).

Правило 3. Черновые базы должны быть, по возможности, ровными и чистыми, на них не должно быть линий разъема форм, штампов, заусенцев, литников, штамповочных и литейных уклонов. При нарушении этого правила будет наблюдаться неопределенность базирования заготовки (рисунок 7.25).



1 – шарик; 2 – шариковый держатель; 3 – корпус мембранного патрона;
4 – диск – держатель роликов; 5 – ролик; 6 – шток пневмоцилиндра

Рисунок 7.24 – Схемы базирования шестерни при обработке зубчатого венца (*а*) и отверстия (*б*), а также патронов (станочных приспособлений) для реализации базирования конической прямозубой (*в*) и цилиндрической (*г*) шестерен

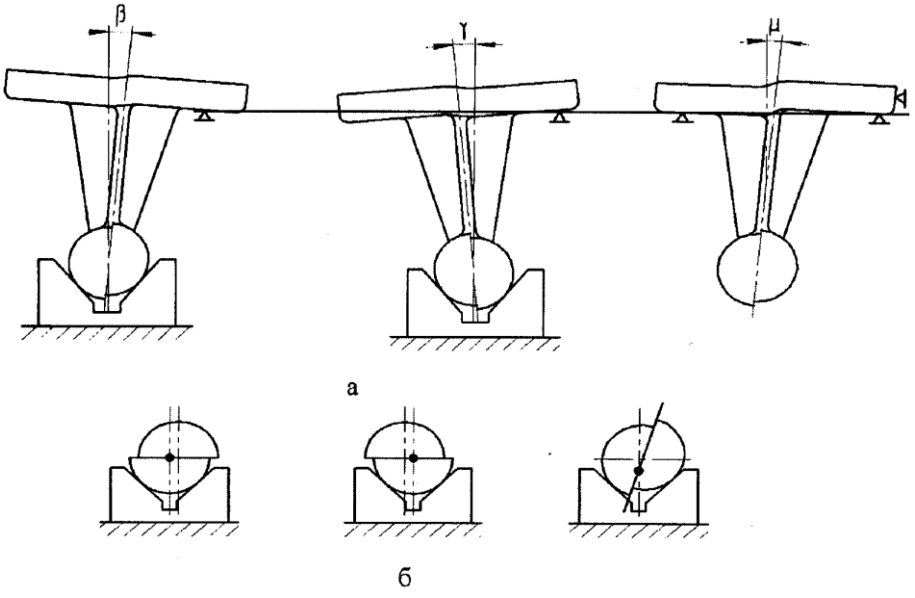


Рисунок 7.25. – Неопределенность базирования кронштейна (*а*) и вала (*б*) вследствие смещения полуформ при литье

Правило 4. Черновые базы после выполнения первой операции должны быть заменены чистовыми базами. Повторная установка заготовки на ЧБ, как правило, недопустима, поскольку необработанные поверхности имеют значительные отклонения от правильной геометрической формы, в результате чего не может быть обеспечена определенность базирования.

Основное назначение черновых баз – это обеспечение правильного базирования заготовки при выполнении первой операции механической обработки, целью которой является создание чистовых баз. Как исключение, нарушение правила 4 может быть допустимо в таких случаях, как:

1) исходная заготовка получена точными методами литья или штамповки;

2) обработка не требует высокой точности;

3) повторное установка реализуется в том же или однотипном устройстве при одинаковом расположении его установочных элементов, которые обеспечивают контакт с базами в тех же точках, что и при первой установке.

Правила выбора чистовых баз

Правило 1. В первую очередь необходимо выбрать ТБ для достижения нужной точности относительных поворотов поверхностей деталей, а потом – для достижения точности размеров, которые связывают поверхности. Эта необходимость вызвана тем, что точность звеньев – размеров достигается проще методом регулирования (по лимбу станка), а точность относительных поворотов (параллельность, перпендикулярность) зависят от точности изготовления станка и зазоров в его соединениях исполнительных элементов.

Необходимо помнить, что точность относительных поворотов рассматривается в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, потому и базирование заготовки для обеспечения нужной точности тоже нужно рассматривать в двух плоскостях. Поэтому для обеспечения перпендикулярности обрабатываемой поверхности к базе в двух плоскостях база должна лишать заготовку как минимум 3 степеней свободы. Для обеспечения параллельности обрабатываемой поверхности к базе или перпендикулярности в одной плоскости база должна лишать заготовку как минимум 2 степеней свободы.

Правило 2. В качестве ТБ нужно использовать конструкторскую или измерительную базы. Исходя из этого правила, базами должны быть выбраны те поверхности, оси, точки, от которых непосредственно задаются на чертеже размеры (условия), который определяет положение данной обрабатываемой поверхности. При этом необходимые в соответствии с чертежом размеры получают непосредственно, что позволяет полностью использовать установленные конструктором допуски при обеспечении размеров. Данное правило получило название *принципа совмещения баз*, поэтому рекомендуется совмещать измерительную (конструкторскую) базу с технологической (ТБ = КБ = ИБ). В случаях нарушения приведенного принципа возникает погрешность базирования.

Погрешность базирования $\omega_б$ — это погрешность размера или относительного поворота, которая возникает в результате колебания положения измерительной базы при базировании заготовки, детали или изделия и равняется разнице предельных расстояний от измерительной базы к режущей части установленного на размер режущего инструмента.

Пример. Для поверхностей 1, 2 корпусной заготовки (рисунок 7.26, *а*) измерительными базами являются соответственно поверхности 3 и 4, поскольку от них заданы на чертеже размеры В и А (с их допусками). Исходя из принципа совмещения баз, поверхности 3 и 4 необходимо использовать в качестве технологических баз (рисунок 7.26, *б*).

Однако базирование на поверхность 4 приводит к потребности в сложном приспособлении, увеличению затраты и времени на установку заготовки, сниженной жесткости установки, которое ограничивает производительность обработки (рисунок 7.26, *в*). На основании данных обоснованных позиций целесообразнее устанавливать заготовку на поверхность 5, нарушив принцип совмещения баз (рисунок 7.26, *г*). При этом, вследствие колебаний в пределах допуска размера *А*, в партии заготовок положение измерительной базы также будет изменяться ($ВБ'_2$, $ВБ''_2$ на рисунке 7.26, *г*), что вызывает колебание непосредственно не выдерживаемого конструкторского размера от K_{min} к K_{max}. Таким образом, погрешность базирования по координате *Z*: $\omega_б = K_{min} - K_{max} = \omega_K = T_A$.

Т.е. погрешность базирования численно равняется допуску на размер (условие), который непосредственно соединяет технологическую и измерительную базы в направлении выдерживаемого размера (в рассмотренном случае – размер А). По координате *У* технологическая и измерительная базы совпадают и погрешность базирования равна 0.

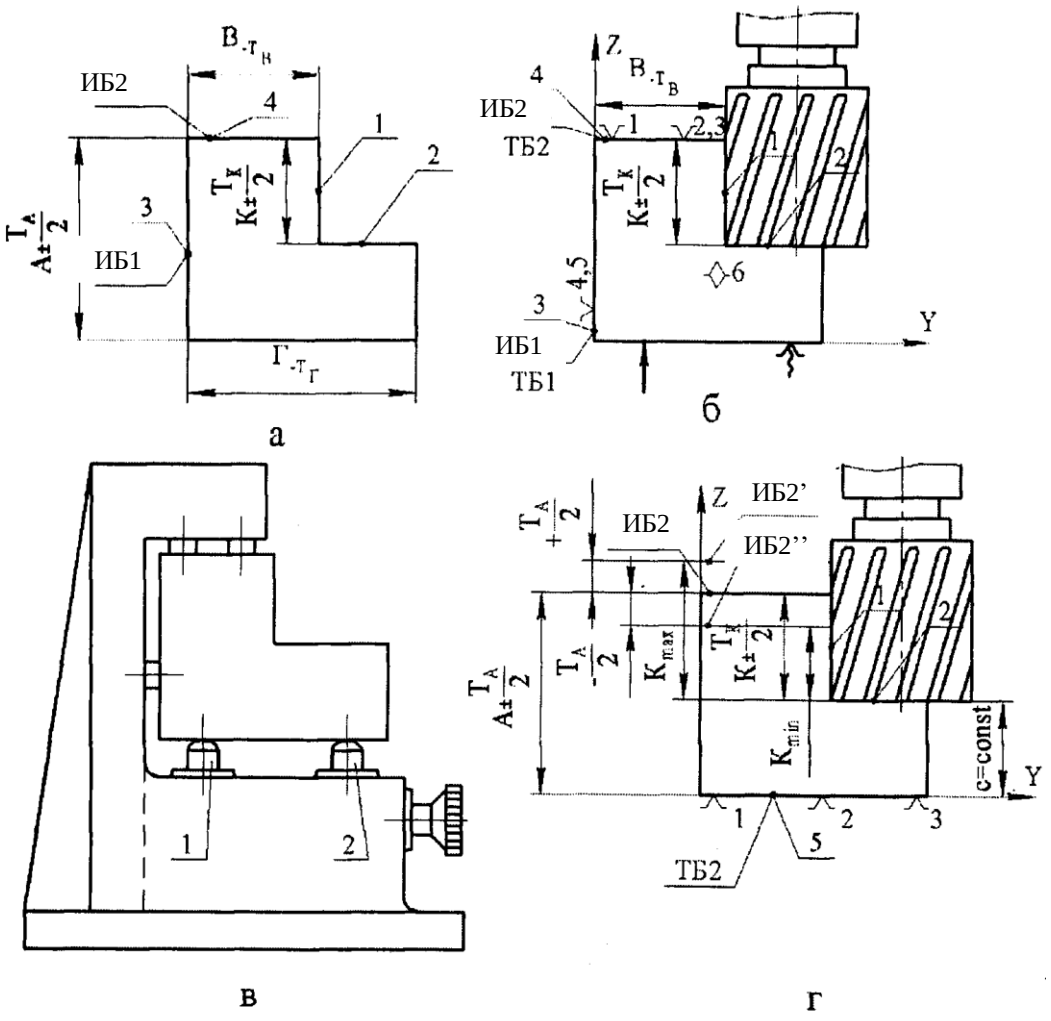


Рисунок 7.26. – Варианты базирования корпусной заготовки
при обработке поверхностей 1 и 2 (*б, г*)

Несовмещение баз допускают в исключительных случаях, как правило, когда измерительная база не может быть использована в качестве технологической (малые размеры, сложное приспособление и т.д.).

Правило 3. Когда по любым причинам невозможно установить заготовку (деталь) на измерительную базу, за технологическую базу можно принять любую другую поверхность, но с обязательным условием - чтобы погрешность базирования была при этом меньшей допуска конструкторского размера (К), который определяет на чертеже положение обрабатываемой поверхности как минимум на величину погрешности метода обработки: $Тк \geq \omega_б + \omega_м$.

Правило 4. Базы нужно выбирать так, чтобы обеспечить наименьшие деформации заготовки от сил резания и зажима. Для выполнения

этого правила базы должны иметь достаточную протяженность и быть расположенными ближе к обрабатываемым поверхностям. Необходимо добиться, чтобы силы резания и зажима вызывали в материале обрабатываемой заготовки возникновение только напряжения сжатия, для чего действующим силам нужно противопоставить реакции опор.

Правило 5. Все или большинство операций обработки выполнять от одних и тех же баз. Это повышает точность относительного расположения обработанных поверхностей, способствует унификации установочных и силовых элементов приспособления, что в свою очередь упрощает изготовление и их эксплуатацию. Данное правило получило название *принципа постоянства* баз. Нужно помнить, что всякая смена баз увеличивает погрешность относительного расположения поверхностей, обработанных с разных баз, что дополнительно вносит погрешность расположения самих технологических баз, от которых велась обработка этих поверхностей.

На операциях, где нужно обеспечить высокую точность размеров, заданных от поверхностей, которые являются ТБ, выполнение принципа постоянства баз проводит к более длинным технологическим размерным цепям. В особенности преимущество принципу совмещения баз нужно отдавать при малых допусках на размеры.

Правило 6. Чем точнее размер, который связывает ТБ с обрабатываемой поверхностью, тем большего числа степеней свободы должна база лишать заготовку.

Правило 7. Если нужно обработать две или несколько поверхностей, которые отличаются габаритами, используя их по очереди как базы, то сначала надо базировать заготовку на поверхности, которые имеют большие размеры. Выполнение этого правила ведет к уменьшению объема снятого материала и, как результат, влияет на производительность и экономичность обработки. Например, у заготовки две обрабатываемых поверхности (1 и 2 на рисунке 7.27, *а*) имеют разные габаритные размеры. В результате погрешности их расположения при выполнении правила 6 при обработке (рисунок 7.27, *б, в*) объемы материала, которые будут сняты, значительно меньше, чем при нарушении правила (рисунок 7.27, *г, д*), поскольку видно, что $(V_1 + V_2) < (V_3 + V_4)$.

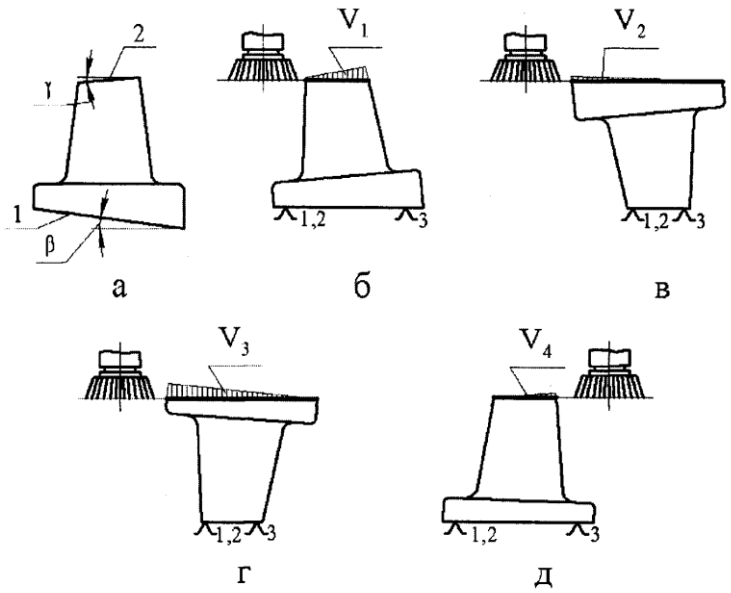


Рисунок 7.27. – Влияние базирования на объем материала, который изменяется при обработке

Правило 8. Для повышения точности установки за базы надо принимать поверхности более простой формы (плоскости, поверхности вращения), которые всегда имеют повышенную точность, т.к. почти все станки приспособлены к обработке плоскостей и поверхностей вращения, точность которых более высока, чем поверхностей другой формы.

Выбирая базы, необходимо учитывать дополнительно: простоту установки и снятия изделия, надежность и удобство его закрепления, возможность манипуляции присоединяемых деталей и сборочной и обрабатывающей оснастки с разных сторон и т.д.

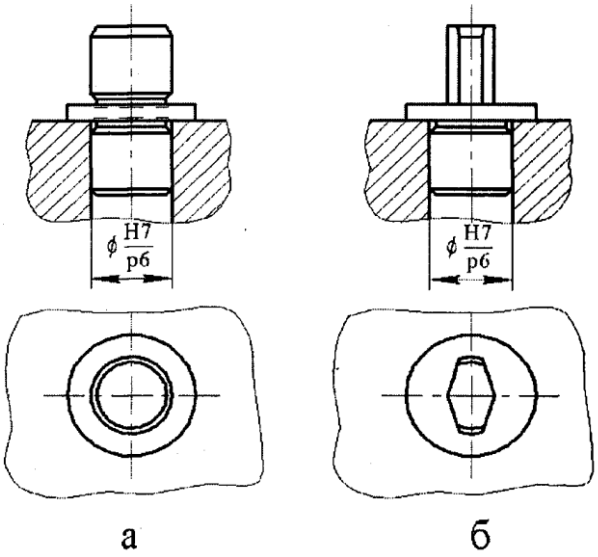
7.9. Типовые комплекты технологических баз

Базирование корпусных заготовок. При механической обработке корпусных заготовок в большинстве случаев применяют комплект баз *плоскость* и *два коротких отверстия, перпендикулярных к данной плоскости.*

Установка с использованием данного комплекта баз очень широко используется при обработке корпусов, плит малых и средних размеров.

Плоскость и два отверстия всегда являются чистовыми базами. Плоскость обрабатывают начисто на одной из первых операций, а отверстия, как правило, обрабатывают конечно методом развертывания по 7-му квалитету.

Реализуется схема с помощью опорных пластин и двух пальцев, один из которых цилиндрический, а второй срезанный (рисунок 7.28). Конструкции пальцев стандартизированы (ГОСТ 12209-66, 12210-66, 12211-66, 12212-66) и могут быть стационарными или сменными.



а – круглый; *б* – срезанный

Рисунок 7.28. – Установочные штыри

В условиях определенной конфигурации детали (рисунок 7.29, *а*) схема может трансформироваться базированием на цилиндрический выступ (рисунок 7.29, *б*) или выточку (рисунок 7.29, *в*) и отверстие сбоку, который предотвращает вращение заготовки вокруг оси выступа или выточки. В некоторых случаях вместо отверстия используется какой-либо элемент заготовки. Например, точка 1 на ребре жесткости или точка 2 на фланце (рисунок 7.29, *б*) или плоскости симметрии этих элементов.

К недостаткам рассмотренных схем относят быстрый износ пальцев, особенно при малом (до 10 мм) диаметре, а также наличие погрешности базирования в горизонтальной плоскости вследствие наличия зазоров в соединении «отверстие-палец» (посадки *H*7/*g*6, *H*7/*f*7).

Погрешность базирования предотвращают базированием на измерительные базы (оси отверстий) путем использования плавающих конических пальцев, а для выступов или выточек – плавающих конических элементов.

При обработке крупногабаритных, тяжелых заготовок, когда их установка на пальцы затруднена вследствие перекосов, или при обработке заготовок средних размеров, если их форма не дает возможность выполнить базовые отверстия, базирование выполняют по трем плоскостям.

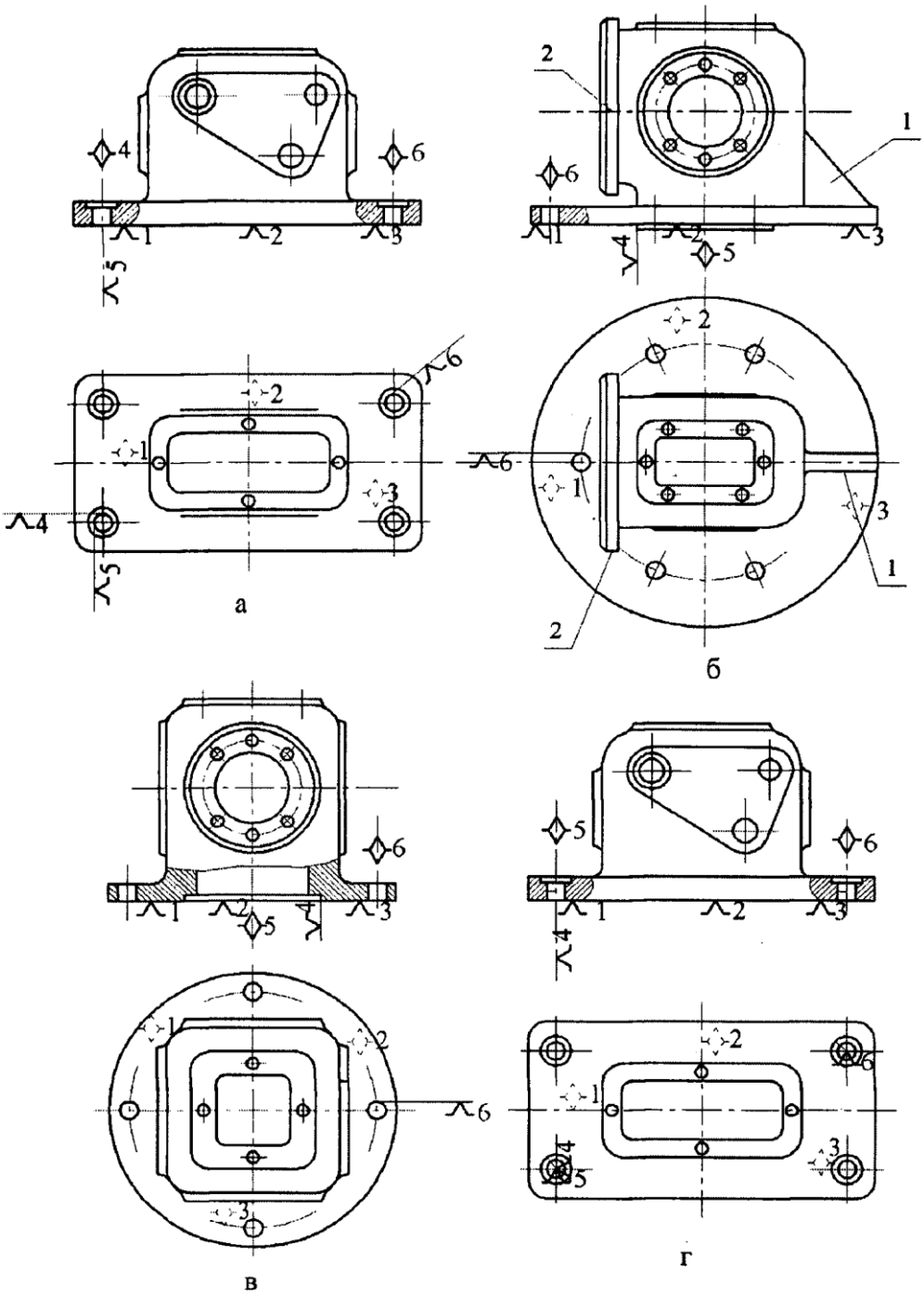


Рисунок 7.29. – Возможные схемы базирования корпусных заготовок

Базирование заготовок - тел вращения. При механической обработке таких заготовок чаще всего применяют следующие комплекты баз:

1) ось внешней цилиндрической поверхности и торец заготовки (рисунок 7.30);

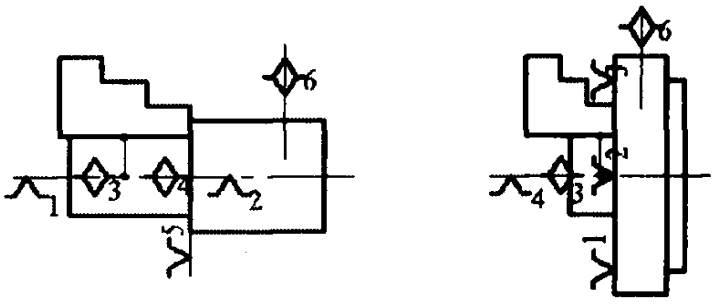


Рисунок 7.30. – Базирование
на внешнюю цилиндрическую поверхность и торец

2) отверстие или его ось и торец заготовки (рисунки 7.31, 7.32);

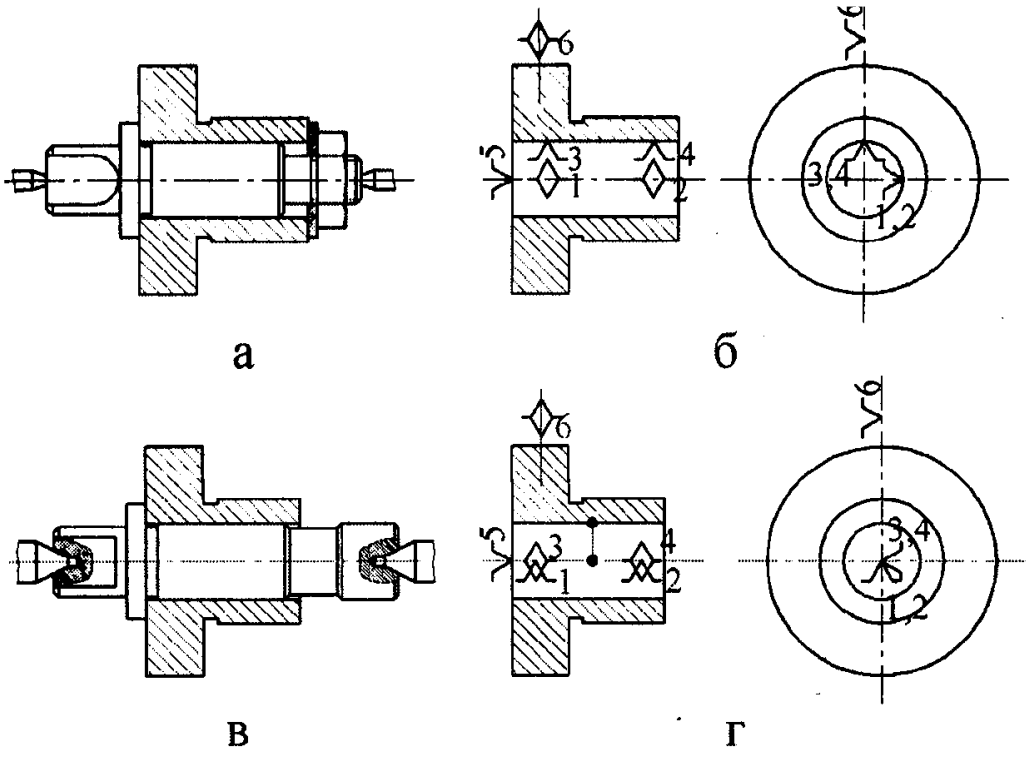


Рисунок 7.31. – Установка заготовки на оправку с зазором (*а*), с натягом (*в*)
и теоретические схемы базирования (*б, г*)

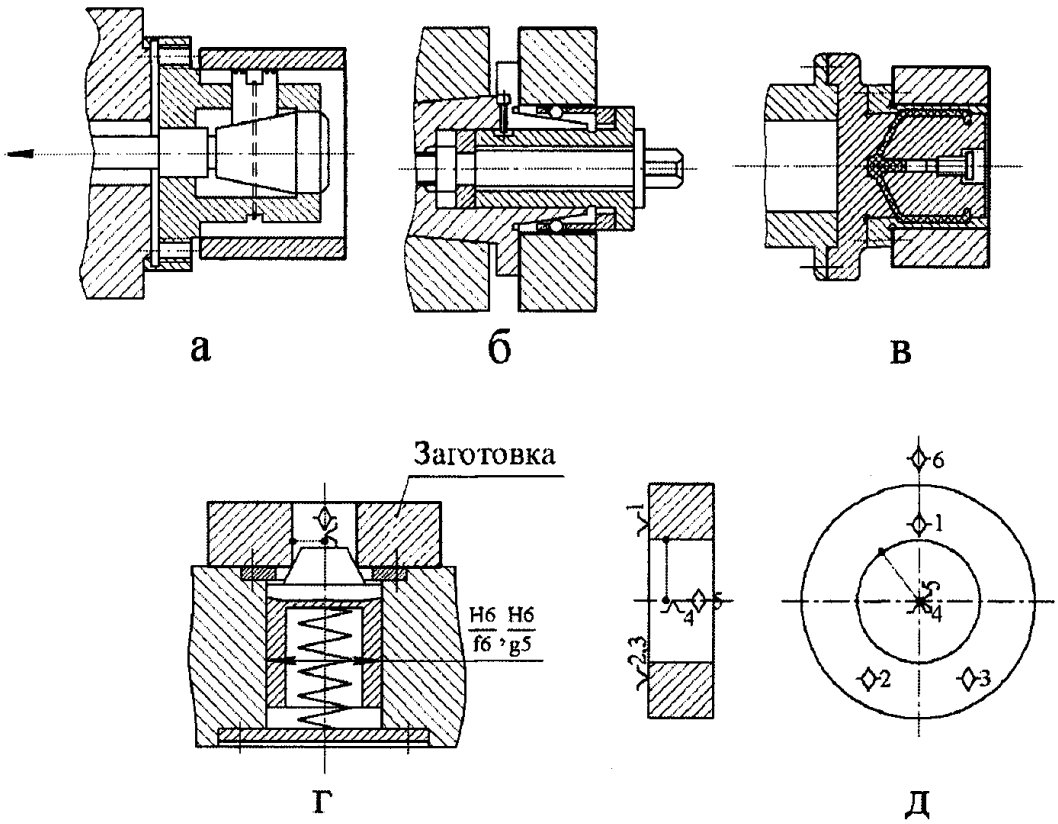


Рисунок 7.32. – Установка на отверстие с использованием разжимной трехкулачковой (*а*), шариковой (*б*) и гидропластинчатой (*в*) оправок, конического подпружиненного пальца (*г*) и теоретическая схема такого базирования

3) ось конической поверхности (рисунки 7.33, 7.34);

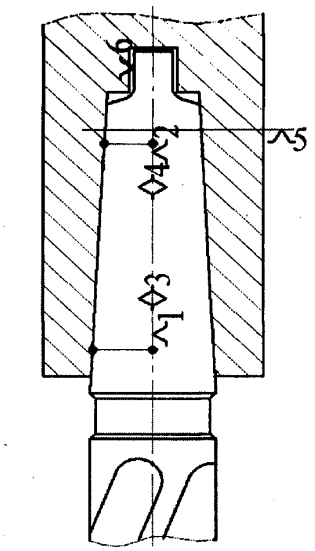


Рисунок 7.33. – Базирование режущего инструмента по оси конической поверхности хвостовика в шпиндельной оправке станка

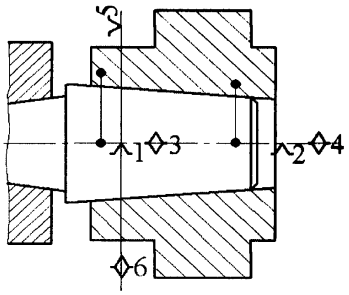


Рисунок 7.34. – Базирование втулки по оси конического отверстия

4) цилиндрические обрабатываемые поверхности (рисунок 7.35);

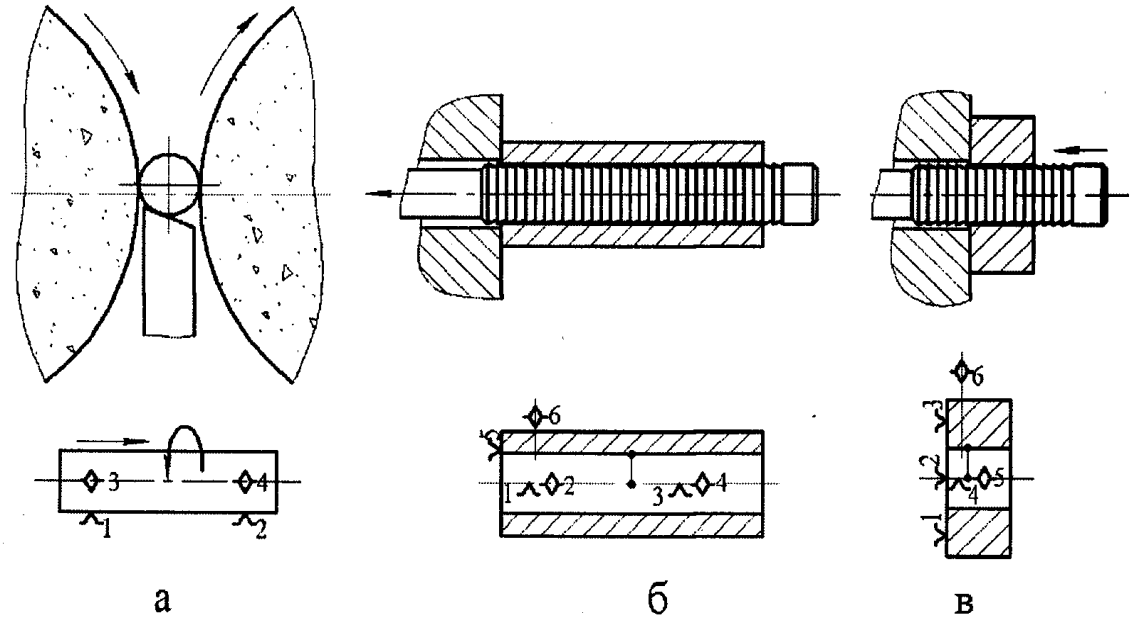


Рисунок 7.35. – Схема базирования на обрабатываемые поверхности
при бесцентровом шлифовании (*а*), протягивании длинного (*б*) и короткого (*в*) отверстий

5) два центровых отверстия (рисунок 7.36).

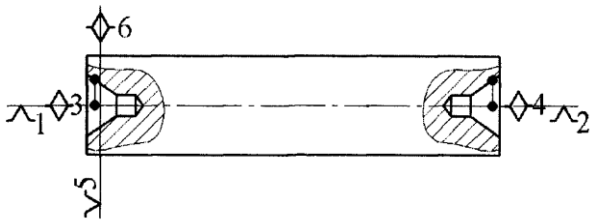


Рисунок 7.36. – Теоретическая схема базирования
на центровые отверстия при токарной обработке длинных валов

Базирование на ось внешней цилиндрической поверхности и торец реализуют с помощью трехкулачковых самоцентрирующихся или цанговых патронов.

Схемы базирования заготовок с внутренними цилиндрическими поверхностями принципиально подобны базированию по внешними цилиндрическими поверхностям. Количество степеней свободы, которых лишает цилиндрическая поверхность, зависит от отношения ее длины и диаметра (короткая или длинная).

Для базирования тел вращения на отверстие используют цилиндрические оправки, посадка заготовки на которых осуществляется или с зазором, или с натягом. В первом случае базой будет поверхность отверстия, во втором – ось отверстия (см. рисунок 7.31).

Ось отверстия также будет базой, если использовать самоцентрирующиеся разжимные цанговые, кулачковые, шариковые, гидропластинчатые оправки, конические подпружиненные пальцы (см. рисунок 7.32).

Базирование на коническую поверхность широко используется при базировании в шпинделе станка режущего инструмента (см. рисунок 7.33), а также для заготовок, которые имеют коническое отверстие. В этом случае ось конической поверхности хвостовика является двойной направляющей базой. Одна из плоскостей, перпендикулярных к оси конического отверстия, ограничивает перемещение инструмента вдоль его оси и является опорной базой, а второй опорной базой, лишающей инструмент вращения вокруг оси относительно шпинделя, является одна из боковых поверхностей лапки хвостовика. Заготовки, которые имеют коническое отверстие, могут базироваться на его ось с помощью конической оправки, установленной в конус шпинделя станка (см. рисунок 7.34).

При отдельных видах чистовой обработки (бесцентровое шлифование, хонингование, протягивание) базами могут служить обрабатываемые поверхности (см. рисунок 7.35, *а*) или их оси (см. рисунок 7.35, *б* и *в*).

При токарной обработке валов широко распространенным является базирование на центровые гнезда (см. рисунок 7.36); обработка вала при этом ведется в центрах. Установка вала на два центровых отверстия позволяет совместить ось обрабатываемой поверхности с осью центров, т.е. совместить базы с собственной системой координат для всех размеров, заданных от оси вала. Преимущества схемы: простота конструкции устройства, отсутствие погрешности при несовмещении баз для диаметральных размеров, обеспечение принципа постоянства баз при обработке на разных операциях.

Недостатки: необходимость формирования у заготовки дополнительных поверхностей – центровых конических отверстий (обрабатывают центровыми сверлами и шлифуют), а также наличие погрешности базирования в осевом направлении.

7.10. Погрешность различных схем базирования

Погрешность базирования на плоскость. При базировании на плоскость, которая является измерительной базой, погрешность базирования равняется нулю. В ином случае погрешность базирования равняется допуску на размер (условие), который непосредственно связывает технологическую и измерительную (конструкторскую) базы.

В общем случае, если ТБ и ИБ не параллельны $\omega_б = T_A \cos\alpha$, где T_A – допуск на размер, который непосредственно соединяет измерительную и технологическую базы; α – угол между технологической и измерительной базами.

Погрешность базирования на внешнюю цилиндрическую поверхность. Реализация базирования на внешнюю цилиндрическую поверхность осуществляется установкой в втулку или призму.

Технологической базой при установке на призму (рисунок 7.37) является плоскость, которая проходит через образующие цилиндра по касательной с рабочими поверхностями призмы.

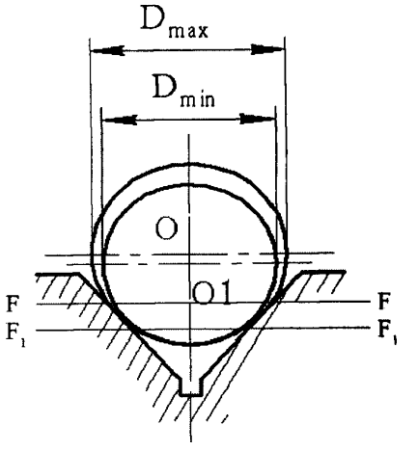


Рисунок 7.37. – Возникновение погрешности размеров при установке заготовки на призму

Измерительными базами в соответствии с заданными размерами (таблица 7.2) являются образующие M и N.

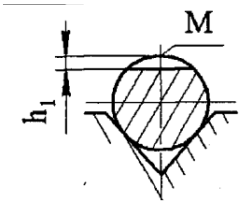
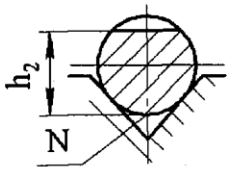
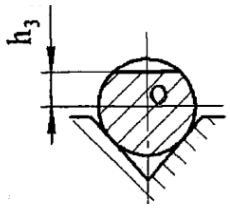
При колебании диаметра в партии заготовок в пределах допуска T_D от D_{min} до D_{max} технологическая база занимает положение соответственно $F – F$ и $F_1 – F_1$ (см. рисунок 7.37). Таким образом, во всех случаях имеет место погрешность базирования в результате несовмещения баз.

Величина погрешности базирования при установке внешней цилиндрической поверхности на призму зависит от допуска на диаметр цилиндра, угла призмы и положения конструкторской базы. Возможны три случая задания размера h (таблица 7.2): от верхней образующей (h_1), от нижней образующей (h_2) и от оси цилиндрической поверхности (h_3).

Погрешность базирования в вертикальной плоскости при установке заготовки цилиндрическими поверхностями на призму определяется выражением $\omega_б = T_D\, k$, где k – коэффициент (таблица 7.2); T_D – допуск на диаметр базы, мм.

Числовые значения коэффициента k для разных углов призмы приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Значения коэффициента k при установке заготовки в призму

Схема	Положение измерительной базы	Значения коэффициента k при угле призмы		
		60°	90°	120°
1		1,5	1,21	1,08
2		0,5	0,21	0,08
3		1,0	0,7	0,58

Исключение погрешности базирования достигается использованием в качестве базы оси внешней цилиндрической поверхности, которая реализуется самоцентрирующимися трехкулачковыми и цанговыми патронами, призматическими тисками и т.д.

Погрешность базирования на отверстие. Погрешность базирования при установке цилиндрическим отверстием на жесткую оправку появляется вследствие наличия зазора между отверстием и оправкой. Конструкторской (измерительной) базой в данном случае является ось отверстия, а технологической базой – поверхность отверстия. Несовпадение баз в результате наличия зазора и приводит к появлению погрешности базирования $\omega_б = S_{max} = S_{min} + T_A + T_B$, где S_{max} и S_{min} – максимальный и минимальный зазоры между отверстием заготовки и оправкой; T_A, T_B – соответственно допуск на диаметр отверстия и оправки.

Максимально возможное несовпадение оси отверстия и оси обработанной внешней поверхности (эксцентриситет) при этом $e = 0{,}5\omega_б$.

Пример. У втулки обрабатывается внешняя цилиндрическая поверхность *A* (рисунок 7.38). Базирование заготовки выполняется на оправке с посадочным диаметром $d = 25_{-0{,}014}$ мм. Задача: необходимо определить погрешность базирования, если при этом базовое отверстие втулки имеет диаметр $25^{+0{,}085}_{+0{,}025}$.

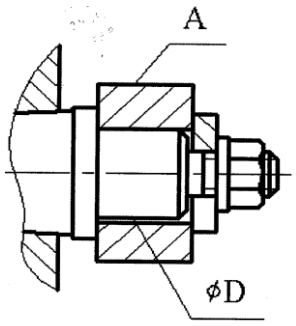


Рисунок 7.38. – Схема установки втулки на жесткой оправке

Решение. Как видно из предельных отклонений заданных размеров, базирование осуществляется по посадке с зазором, т.к. максимальный диаметр отверстия втулки превышает минимальный диаметр оправки. В соответствии с вышесказанным погрешность базирования будет равна максимальному зазору данного сопряжения, т.е.

$S_{min} = 0{,}025$ мм; $T_A = 0{,}085 - 0{,}025 = 0{,}06$ мм; $T_B = 0{,}014$ мм.

Тогда

$\omega_б = S_{max} = S_{min} + T_A + T_B = 0{,}025 + 0{,}06 + 0{,}014 = 0{,}099$ мм.

Исключение погрешности базирования достигается использованием в качестве базы оси отверстия, которое реализуется самоцентрирующимися

разжимными оправками (цанговыми, кулачковыми, шариковыми) или установкой заготовок на оправку без зазора (с натягом).

Погрешность базирования на плоскость и два отверстия. При установке заготовки на плоскость и два отверстия погрешность базирования в горизонтальной плоскости проявляется в смещении заготовки при выборе зазоров между отверстием и пальцами. Вследствие этого технологическая база (поверхность отверстия) и измерительная база (его ось) не совпадают.

Т.е. в результате смещения заготовки в результате выбора зазоров в одном направлении (рисунок 7.39, *а*) или перекоса в плоскости базирования относительно осей пальцев в результате выбора зазоров в разных направлениях (рисунок 7.39, *б*) погрешности базирования по осям *X* и *Y* равняются

$$\omega_{бx} = \omega_{бy} = S_{max}, \qquad (7.1)$$

где S_{max} – максимальный зазор соединения «отверстие–палец».

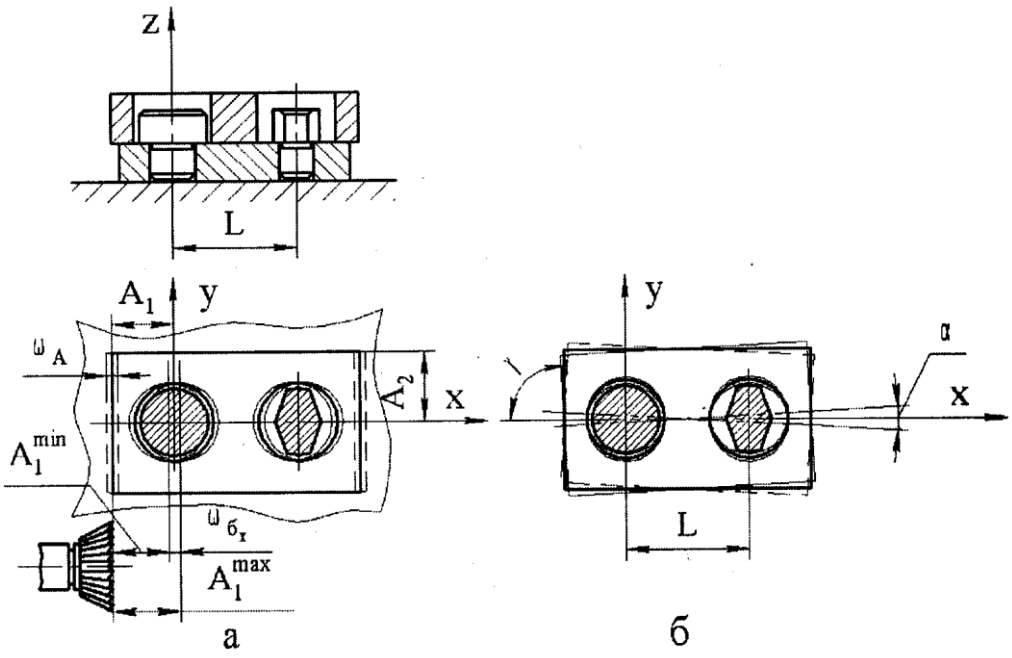


Рисунок 7.39. – Схема возникновения погрешности базирования

Максимальный угол перекоса заготовки

$$\mathrm{tg}\alpha = \omega_б = (S_{1max} + S_{2max})/2L, \qquad (7.2)$$

где $S_{1max} + S_{2max}$ –максимальный зазор соединения базового отверстия, соответственно, с 1-м и 2-м пальцем; L – расстояние между осями базовых отверстий (номинальный размер). Посадка отверстий на пальцы принимается, как правило, *H*7/*f*7 или *H*7/*g*6.

Перекос заготовки на угол α влияет не только на точность размеров, но и на точность относительного расположения обработанных поверхностей относительно баз (*A1*, *A2* и γ, см. рисунок 7.39). Погрешность базирования в вертикальной плоскости при совмещенных технологической и измерительной базах принципиально отсутствует, но фактически имеет место в связи с погрешностями формы (отклонениями от плоскостности) базы заготовки. В связи с ее малым числовым значением при расчетах данную погрешности базирования, как правило, не учитывают, считая, что при совмещении баз она равняется нулю.

С целью повышения точности базирования зазоры в соединении пальца с базовым отверстием делают возможно меньшими.

Для исключения погрешности базирования в качестве баз надо использовать оси отверстий, выточек, выступов. Реализацию таких схем осуществляют использованием плавающих центрирующих элементов и конических пальцев (рисунок 7.40).

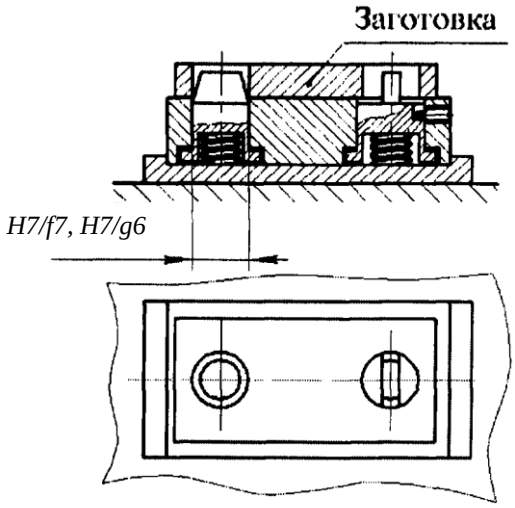


Рисунок 7.40. – Схема базирования заготовки
на плоскость и два коротких отверстия

Погрешность базирования на центровые отверстия. При базировании вала на центровые отверстия (на токарных операциях) погрешность базирования возникает в продольном направлении в результате погрешности выполнения центровых отверстий.

В итоге не обеспечивается фиксированное положение вала в данном направлении (рисунок 7.41). Измерительная база (левый торец вала) и технологическая база (вершина конуса центрового отверстия) не совпадают.

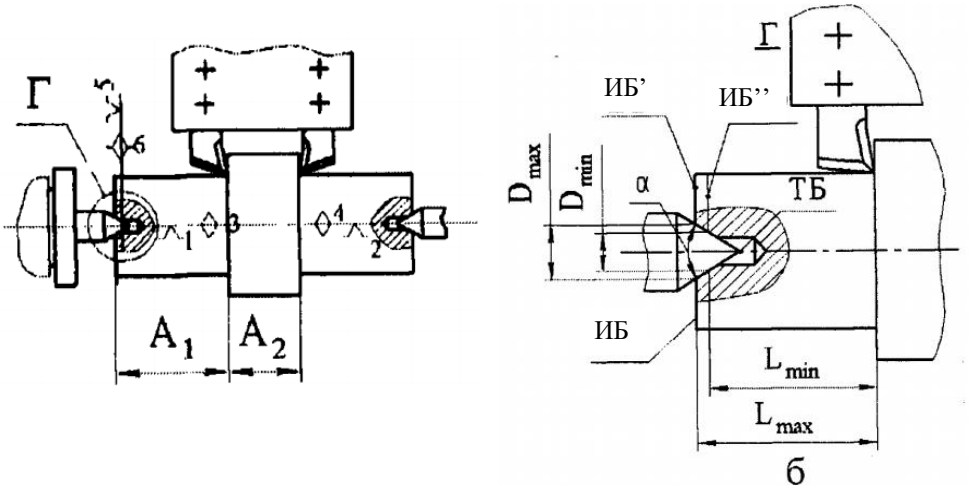


Рисунок 7.41. – Схема установки вала в центрах

В партии заготовок вследствие неодинаковой глубины центровых отверстий их диаметр изменяется от D_{min} к D_{max}. В связи с этим при использовании заднего центра будет изменяться положение левого торца вала (измерительной базы) относительно установленного на размер A_1 резца.

Тогда погрешность базирования:

$$\omega_б = (L_{max} - L_{max}) = 0{,}5\omega_D / \operatorname{tg}(\alpha/2). \qquad (7.3)$$

Пути уменьшения погрешности базирования:

а) повысить точность центрирования – контролировать глубину центрового гнезда калибром;

б) сортировать заготовки по диаметру центровых гнезд на размерные группы со следующей подналадкой системы при переходе на обработку валов с центровыми отверстиями новой размерной группы.

Пути исключения погрешности базирования:

а) применить плавающий передний центр, совмещая ТВ и ВБ (рисунок 7.42, *а*). Однако при этом в результате посадок с зазором в соединениях плавающего центра жесткость технологического комплекса будет снижаться;

б) не использовать переднее центровое гнездо, устанавливая, например, левый конец вала в цанговом или кулачковом патронах с упором в торец (рисунок 7.42, *б, в*);

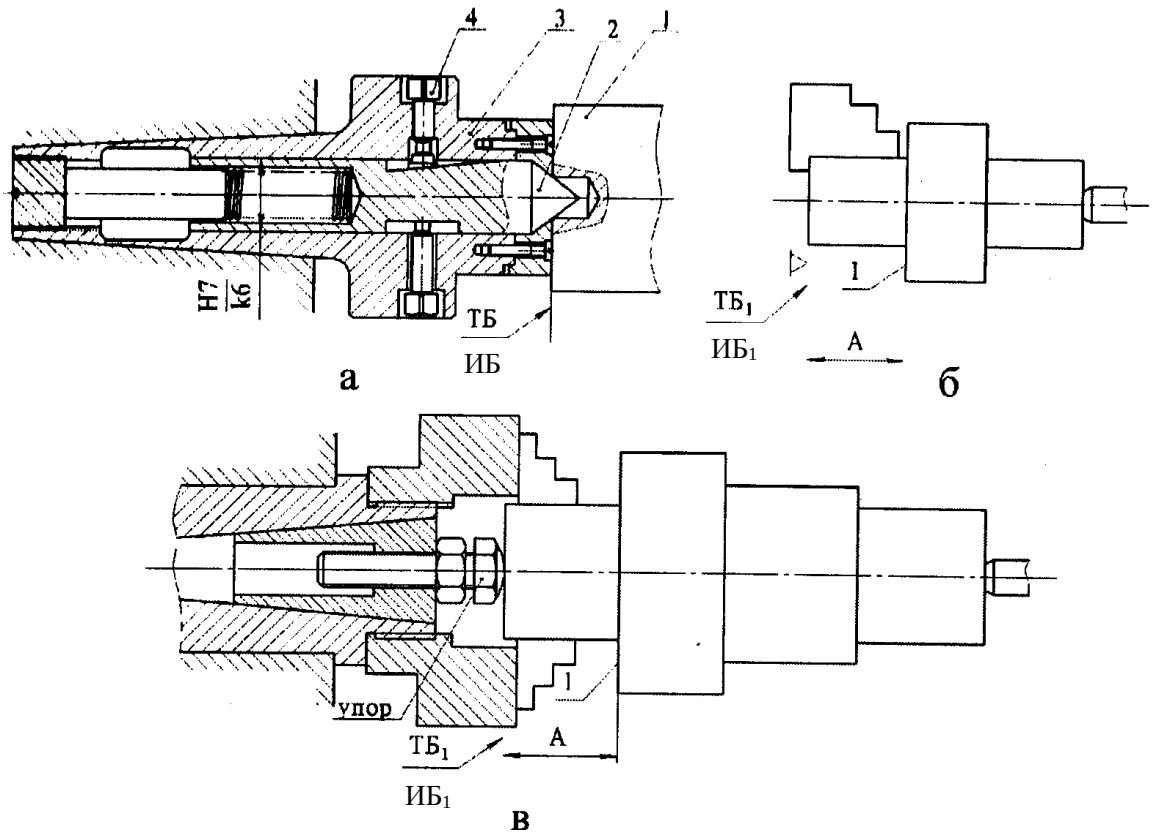


Рисунок 7.42. – Способы исключения погрешности базирования вала

в) продольные размеры задавать от технологической базы – вершины центрового гнезда (при этом установкой на передний центр будет обеспечиваться совместимость баз).

8. Точность изготовления детали

8.1. Точность обработки

Точность детали обеспечивается конструктором, разрабатывающим конструкцию и назначающим ее точные характеристики, технологом, разрабатывающим технологический процесс ее изготовления, рабочим, реализующим предписанные технологией действия (рисунок 8.1).

Точность изготовления детали – один из основных факторов, обеспечивающих высокое качество и надежность автомобилей, который характеризуется рядом показателей (см. п. 6.2 «Качество детали»).

Надежное обеспечение заданной точности обработки – главная задача, решаемая при разработке технологических процессов.

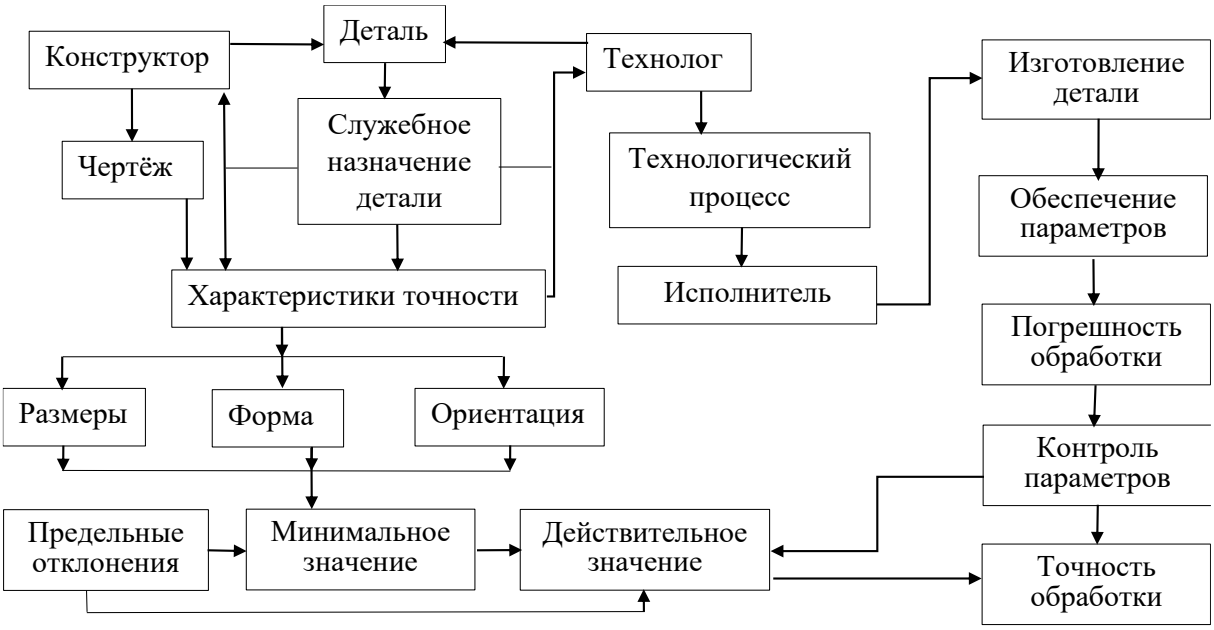


Рисунок 8.1. – Схема обеспечения точности обработки

Точность взаимного расположения поверхностей при обработке детали в несколько операций зависит от погрешности базирования детали на различных операциях.

Точность формы детали оказывает существенное влияние на работу сопряженных поверхностей. На нее влияют профиль и установка режущего инструмента, вид рабочих движений станка, износ направляющих, неуравновешенность шлифовального круга и др.

Точность размера определяется точностью установки режущего инструмента, длиной прохода и размерами самого инструмента (мерного или профильного).

Точностью обработки называют степень соответствия взаимного расположения поверхностей детали, ее формы и размеров параметрам, заданным на рабочем чертеже.

Различают *техническую* (досягаемую) и *экономическую* точность обработки.

Под экономической точностью понимают такую, которая достигается при минимальной себестоимости обработки в нормальных производственных условиях при затратах времени и квалификации рабочего, соответствующих характеру работы.

Понятие «экономическая точность» – относительное, поскольку даже незначительные изменения производственных условий могут серьезно повлиять на нее. Это зависит от характера операции, меняется с течением времени, из-за чего нормы точности время от времени пересматриваются.

Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон квалитетов точности. Для черновых операций это, в первую очередь, связано с точностью исходной заготовки, для чистовых – с условиями проведения обработки. Нормы точности приводятся в технологических справочниках и пособиях.

В связи с различием размеров, формы и жесткости обрабатываемых заготовок, состояния станков, режимов работы и других технологических факторов нормы дают средние значения экономической точности обработки (таблица 8.1).

Таблица 8.1. – Средняя экономическая точность некоторых методов металлообработки

Вид обработки	Квалитет точности (IT)	Вид обработки	Квалитет точности (IT)
Точение, растачивание: – черновое; – чистовое; – тонкое	 14 – 12 9 – 8 8 – 7	Развертывание: – черновое; – чистовое	 8 7 – 6
Фрезерование: – черновое; – чистовое; – тонкое	 14 – 12 9 – 8 8 – 7	Протягивание: – без предварительной обработки; – с предварительной обработкой	 11 – 9 8 – 7
Сверление	12 – 11	Шлифование: – предварительное; – чистовое; – тонкое	 8 7 7 – 6
Зенкерование	11 – 9	Притирка Суперфиниширование	6 6 – 5

Экономическая точность характеризуется погрешностью метода обработки, соответствующей данному методу и станку.

Погрешность метода обработки $\omega_м$ образуется вследствие того, что движение РИ и заготовки в процессе обработки не полностью соответствуют движению, предусмотренному кинематической схемой процесса из-за геометрических неточностей и износа станка, упругих и тепловых деформаций элементов технологического комплекса и т.п.

При выборе способов обработки в серийном и массовом производствах ориентируются не на техническую, а на экономическую точность обработки.

Под *достижимой* (технической, предельной) точностью понимают такую точность, которую можно достичь при обработке в особых, наиболее благоприятных условиях, непривычных для данного производства, высококвалифицированным работником при значительных затратах времени, несмотря на себестоимость.

В зависимости от предельно достижимой точности все рабочие процессы можно разделить на обычные, точные (прецизионные) и чрезвычайно точные (ультрапрецизионные) (таблица 8.2).

Таблица 8.2. – Предельная точность некоторых методов обработки

Методы обработки	Достигаемая точность, мкм				
	10	1	0,1	0,01	0,001
Механические	Лезвийное и абразивное резание. Вибрационно-абразивная обработка	Тонкое точение, шлифование, хонингование	Резание инструментом из сверхтвердых материалов. Алмазно-абразивная доводка, притирка, суперфиниш	Ультра-прецизионное шлифование, суперфиниширование, доводка, полирование	
Электрофизико-химические	Электроэрозионная обработка. Комбинированная электроабразивновибрационная обработка	Электролитическое полирование. Прецизионная электроэрозионная обработка	Электролитическое прецизионное полирование	Механохимическая доводка	
Нетрадиционные		Лазерная электронно-лучевая обработка	Прецизионная фотолитография. Химическое осаждение из газовой фазы	Химическое осаждение из газовой фазы, лазерная доводка, пружинно-эмиссионная доводка	Атомная, молекулярная, ионно-лучевая. Атомное или молекулярное осаждение

8.2. Факторы, влияющие на точность обработки резанием

На точность обработки влияет большое количество факторов, присущих самому процессу обработки, которые делят на *статические* и *динамические*.

С*татическими* называют факторы, вызывающие погрешности, величина и характер которых не зависят от режимов обработки. К ним относят следующие.

1. *Неточность изготовления и изнашивание элементов станка*. Технологическая точность металлорежущих станков регламентирована в узких пределах: радиальное биение рабочей поверхности шпинделей токарных и фрезерных станков допускается в пределах 0,010–0,015 мм, их торцовое биение 0,01–0,02 мм, отклонение от прямолинейности и параллельности направляющих станин токарных станков – в пределах 0,02 мм на длине 1000 мм. Неточность кинематической схемы станка также влияет на точность обработанной на нем детали (например, зубчатого колеса).

2. *Неточность изготовления режущего инструмента и приспособлений.* Точность изготовления РИ существенно сказывается на точности обработки при работе мерным и профильным инструментом, т.к. обрабатываемая заготовка копирует их профиль и размеры. Приспособления изготавливаются с учетом точности изготовления детали. При точности обработки по 6–9-му квалитетам допуск на точные размеры деталей приспособления устанавливают в пределах 0,3–0,5 допуска на соответствующие размеры детали. При более грубой обработке (ниже 9-го квалитета) допуски на детали приспособления составляют 0,1–0,2 допуска на соответствующие размеры детали.

3. *Погрешности установки и закрепления заготовки на станке.* Перед обработкой заготовку необходимо правильно скоординировать относительно режущего инструмента и зафиксировать ее в этом положении на время выполнения операции. При этом следует учитывать жесткость заготовки и величину зажимного усилия, которое может деформировать или сместить заготовку относительно режущего инструмента. Поэтому усилие закрепления заготовки, особенно на чистовых операциях, принимают с учетом обеспечения заданной точности обработки.

К *динамическим* относятся факторы, вызывающие погрешности в процессе обработки детали в зависимости от сил резания.

1. *Изнашивание и деформация режущего инструмента в процессе обработки.* Изнашивание инструмента характеризуется уменьшением размера в нормальном направлении к обрабатываемой поверхности, что ведет к изменению формы и размера обрабатываемой поверхности. Наибольшее влияние на изнашивание инструмента оказывает скорость резания, в меньшей степени – подача и глубина резания.

Износ инструмента за время его работы (U, мкм) пропорционален пути резания:

$$U = U_0 l_p, \qquad (8.1)$$

где U_0 – относительный удельный износ, мкм/тыс. м; l_p – путь резания, тыс. м.

Износ лезвийного режущего инструмента компенсируют периодической подналадкой станка или настройкой инструмента на размер. Влияние износа абразивного круга на форму детали компенсируется правкой алмазным инструментом, а на размер обработки – автоматической подачей.

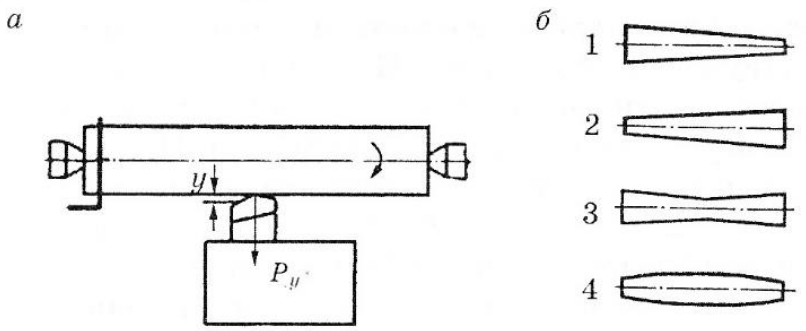
2. *Деформация элементов системы СПИД.* Способность технологической системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» (СПИД) противостоять действию сил резания, вызывающих деформацию элементов этой системы, характеризует ее жесткость.

Система должна обладать достаточной жесткостью, чтобы деформация ее элементов приводила к минимально допустимым погрешностям.

Упругая деформация системы СПИД под действием силы резания P_y, направленной по нормали к обрабатываемой поверхности, приводит к погрешности обработки.

Жесткостью системы СПИД (J, Н/мм) называют отношение составляющей P_y силы резания, ориентированной по нормали к обрабатываемой поверхности, к смещению режущей кромки инструмента y в направлении действия этой составляющей (рисунок 8.2, *а*):

$$J = P_y / y. \qquad (8.2)$$



а – схема обработки;
б – форма деталей при недостаточной жесткости элементов системы СПИД
(1 – передней бабки; 2 – задней бабки; 3 – передней и задней бабок; 4 –детали)

Рисунок 8.2. — Влияние жесткости системы СПИД на точность формы детали

Величина, обратная жесткости, называется *податливостью* системы СПИД (*W*, мм/Н). Следовательно, величина смещения режущей кромки инструмента *y*:

$$y = P_y / j = P_y W. \quad (8.3)$$

Если податливость системы переменна в точках приложения силы P_y при перемещении инструмента, то имеет место отклонение от заданной формы детали (см. рисунок 8.2, *б*). Для повышения точности обработки деталей необходимо повышать жесткость системы СПИД путем применения дополнительных опор, повышения жесткости закрепления обрабатываемой заготовки, а также контактной жесткости в сопряжениях отдельных элементов системы СПИД.

3. *Температурные деформации.* Возникают в обрабатываемой заготовке, режущем инструменте или станке вследствие их нагрева в процессе резания металла и в результате трения друг о друга подвижных частей станка.

На поверхности резцов в процессе резания развивается температура 700–800 °С, а удлинение резца за счет температурных деформаций достигает 30–50 мкм.

Для уменьшения влияния температурных деформаций на точность обработки применяют следующие методы:

– охлаждения смазывающе-охлаждающей жидкостью (СОЖ);

– снижения усилия резания и тепловыделения при финишной обработке и при разделении обработки на черновую и чистовую;

– многорезцовой обработки (повышается равномерность распределения теплоты по поверхности обработки).

4. *Остаточные напряжения.* Они возникают в результате поверхностного наклепа при изготовлении заготовок методом давления, при термообработке, механической обработке и т.п. Остаточные напряжения у заготовки постепенно стабилизируются и находятся в равновесии. При обработке резанием и снятии определенной части напряженного металла (припуска) это равновесие нарушается и происходит деформация заготовки и перераспределение остаточных напряжений. Для уменьшения влияния остаточных напряжений на точность обработки применяют естественное и искусственное старение заготовок, пропускание через них переменного тока, выдерживание в определенных климатических условиях длительное время и другие методы.

5. *Технологическая наследственность* (перенос погрешностей предшествующей обработки). При снятии неравномерного припуска с поверхности

заготовки переменной будет сила резания P_y, которая вызывает погрешность формы детали. Чем ближе форма заготовки к форме детали, тем равномернее снимаемый слой металла и меньше погрешность обработки.

6. *Неточность средств и методов измерения.* Неточность изготовления средств измерения вынуждает сужать поле допуска для непосредственной обработки, т.к. отклонение размера по чертежу δ должно включать погрешность обработки $\Delta_{обр}$ и погрешность измерения $\Delta_{изм}$:

$$\delta = \Delta_{обр} + \Delta_{изм}. \qquad (8.4)$$

Поэтому $$\Delta_{обр} = \delta - \Delta_{изм} \qquad (8.5)$$

Средства измерения рекомендуется выбирать с таким расчетом, чтобы погрешность измерения была не более 0,1 допуска на размер.

8.3. Этапы достижения точности обработки

В технологических процессах изготовления точность деталей формируется на стадии обработки заготовок на металлорежущих станках.

При изготовлении систему координат детали надлежит включить своими размерными параметрами в систему координат всего технологического комплекса. Для этого необходимо, прежде всего, чтобы заготовка заняла требуемое положение в отношении исполнительных поверхностей станка или приспособления. С этой целью заготовка устанавливается на столе станка или в приспособлении и координируется своими технологическими базами относительно координатной системы технологического комплекса.

После того как заготовка правильно ориентирована (базирована) на станке, ее положение должно быть дополнительно зафиксировано и сохранено в течение всего времени выполнения операции. Для этого заготовку зажимают (фиксируют усилиями закрепления) тем или иным способом.

Зажим (закрепление) – приложение к заготовке сил и пар сил для обеспечения постоянства ее положения, достигнутого при базировании.

Процесс базирования и фиксации заготовки называется установкой (установом).

Заготовка и режущий инструмент должны занимать нужное для обработки относительное положение. Для этого режущие кромки инструмента размещаются на нужных расстояниях от технологических баз заготовки. Этот процесс называют *наладкой кинематических и размерных цепей технологического комплекса*.

После фиксации достигнутого относительного положения заготовки и инструмента станок включается и производится обработка заготовки. Во время обработки действуют силы резания и происходит ряд других явлений, сопровождающих этот процесс. В результате этого начальное относительное положение режущего инструмента и технологических баз заготовки изменяется, что приводит к возникновению дополнительных погрешностей размеров и расположению обработанных поверхностей относительно ТБ.

Таким образом, процесс достижения точности детали при обработке ее заготовки можно разделить на три этапа:

– установка заготовки;
– наладка технологического комплекса;
– процесс обработки заготовки.

В процессе выполнения каждого из этих этапов появляются погрешности, которые, суммируясь, превращаются в результирующую погрешность. Каждая из составляющих погрешностей, в свою очередь, является суммой систематических и случайных погрешностей, порождаемых вышеприведенным количеством факторов (см. п. 8.1).

Таким образом, при изготовлении каждой детали существует погрешность, равная алгебраической сумме составляющих погрешностей и называемая производственной погрешностью:

$$\Delta_{пп} = \Delta_{у} + \Delta_{н} + \Delta_{о}, \qquad (8.5)$$

где $\Delta_{у}$, $\Delta_{н}$, $\Delta_{о}$ - соответственно, погрешности установки, наладки и обработки.

Порядок реализации выше приведенных этапов зависит от методов достижения точности.

8.3. Методы обеспечения точности обработки

Заданную точность обработки заготовки достигают:

1) методом пробных ходов и замеров (работой по замерам);
2) методом автоматического получения размеров на предварительно настроенных станках (работа по отладке).

Метод пробных ходов и замеров. Заключается выполнении на небольших участках заготовки последовательных пробных ходов и контроля, полученных размеров с дальнейшей корректировкой положения лезвия инструмента

относительно заготовки до получения нужного размера. Т.е. к обрабатываемой поверхности заготовки, установленной на станке, подводят режущий инструмент и с короткого участка поверхности снимают пробную стружку. После этого станок останавливают, выполняют измерение полученного размера и вносят поправку в положение инструмента, отсчитываемую по делениям лимба. Затем операции съема стружки и контроля размера повторяют и при необходимости вносят новую поправку в положение режущего инструмента.

Таким образом, заданный размер достигается путем постепенного приближения к нему.

В конечном итоге путем пробных ходов и измерений устанавливают нужное положение инструмента относительно заготовки, при котором обеспечивается требуемый (заданный) размер. После этого производят обработку поверхности заготовки по всей ее длине.

При обработке последующей заготовки всю процедуру установки инструмента пробными ходами и измерениями повторяют.

Преимущества метода:

1. Позволяет получить высокую точность обработки (в зависимости от точности оборудования).

2. При обработке партии мелких заготовок исключается влияние износа режущего инструмента на точность размеров, т.к. определяют и вносят необходимую поправку его положения с учетом износа.

3. Исключается необходимость производства сложных и дорогостоящих устройств.

Недостатки метода:

1. Зависимость точности обработки от минимальной толщины снимаемой стружки. Например, при токарной обработке доводочными резцами, эта толщина составляет 0,005 мм, при точении обычно заточенными резцами – 0,020 мм, а при некотором затуплении – 0,050 мм. Очевидно, рабочий не может внести поправку меньшую, чем минимальная толщина снимаемой стружки, а значит, и гарантировать получение размера с погрешностью меньшей этой толщины.

2. Точность зависит от производственных навыков (квалификации) рабочего. Так, погрешность установки нужного положения режущего инструмента рабочим 6-го разряда составляет 10 мкм, а рабочим 4-го разряда – 18 – 19 мкм.

3. Низкая производительность обработки из-за больших затрат времени на пробные ходы, замеры.

4. Высокая стоимость обработки из-за низкой производительности и высокой квалификации рабочего, требующей повышенной оплаты труда.

Данный метод используют в единичном, мелкосерийном производствах и опытном производствах, а также в ремонтном и инструментальном производствах. В серийном производстве – главным образом для исправления брака. В крупносерийном и массовом производствах метод используют при шлифовании, поскольку это позволяет легко компенсировать износ шлифовального круга, который часто протекает неравномерно.

Метод автоматического получения заданных размеров по предварительной наладке. В данном методе заданные размеры обеспечиваются автоматически предварительной наладкой технологического комплекса (ТК). При этом положение установленного на размер инструмента остается неизменным для всей партии заготовок, обработанных до замены или регулировки инструмента. Относительное положение заготовки и режущего инструмента строго координировано соответствующими упорами.

Основная задача отладки заключается в регулировании относительного положения инструмента и заготовки таким образом, чтобы размеры всех заготовок операционной партии (количество заготовок, подаваемых одновременно для обработки на рабочее место) располагались в пределах поля допуска. При этом инструмент и обрабатываемая заготовка устанавливаются в определенном положении относительно исполнительных поверхностей станка с помощью упоров, ограничивающих их перемещение по каждой из координат задания размеров (рисунок 8.3).

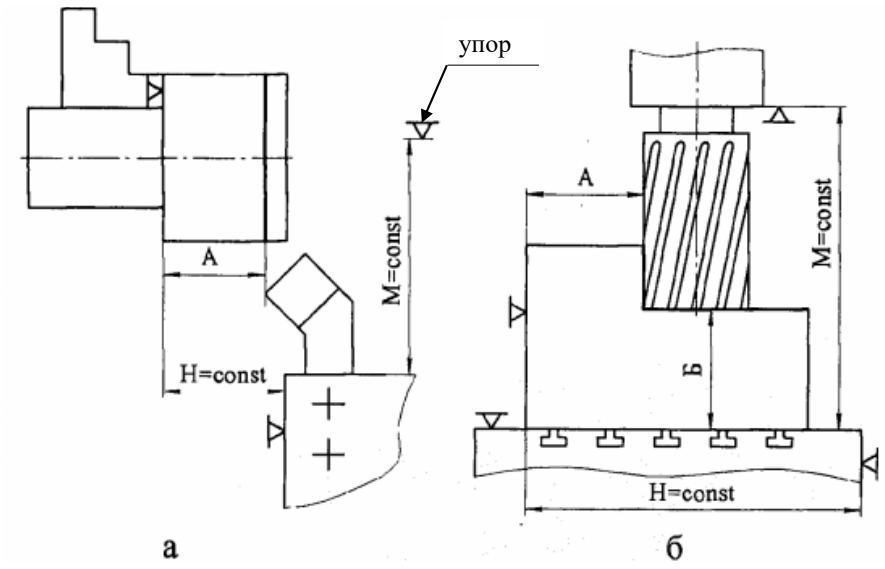
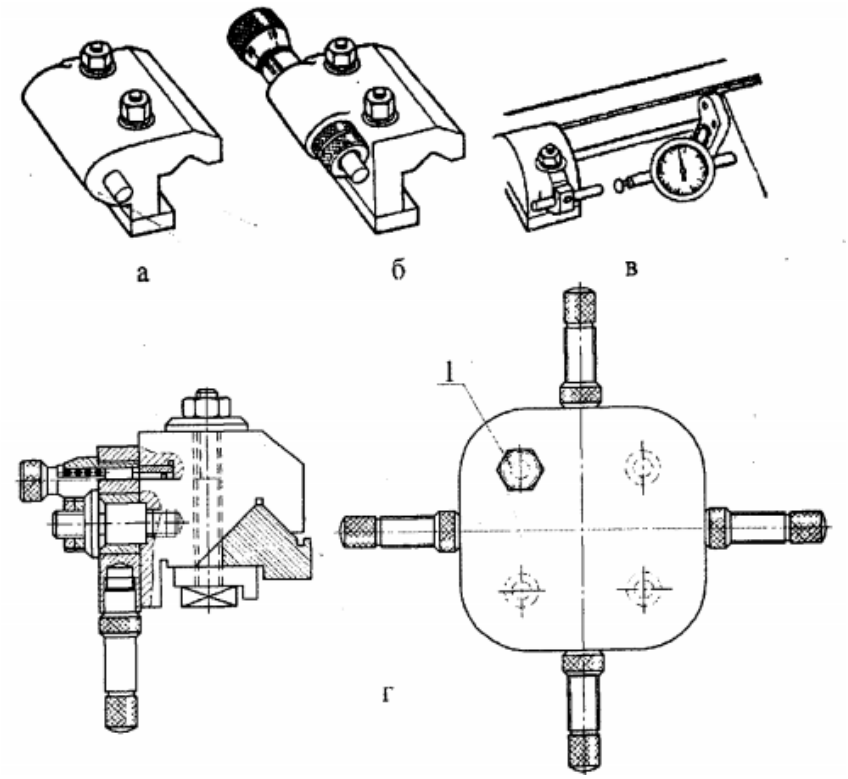


Рисунок 8.3. – Схема ограничения перемещений заготовки и инструмента упорами при точении (*а*) и фрезеровании (*б*)

В зависимости от требуемой точности используют упоры разнообразной конструкции. Например, для ограничения продольного перемещения токарного станка могут использоваться жесткий нерегулируемый упор (рисунок 8.4, *а*), обеспечения точности ступеней вала – многопозиционный регулируемый упор (рисунок 8.4, *г*), для увеличения точности перемещения используют упоры с микрометрическим регулированием или с индикатором (рисунок 8.4, *б, в*).



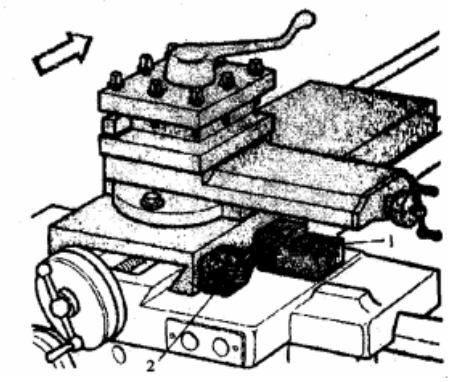
а – жесткий; *б* – с микрометрической регулировкой; *в* – с индикатором; *г* – четырехпозиционный регулируемый; 1 – позиционный фиксатор

Рисунок 8.4. – Упоры

Жесткие упоры используют при выполнении операций, когда необходимо выдерживать точность одного параметра по каждой из координат (рисунок 8.5).

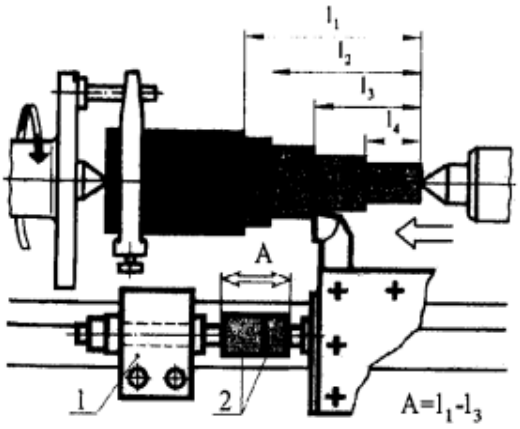
Когда операция многопараметрическая (например, точение ступенчатого вала (рисунок 8.6), перемещение инструмента должно изменяться по каждой из координат. В этом случае используют мерные вкладки, но работа по такой схеме малопроизводительна.

Продуктивнее использование многопозиционных барабанных упоров (рисунок 8.7).



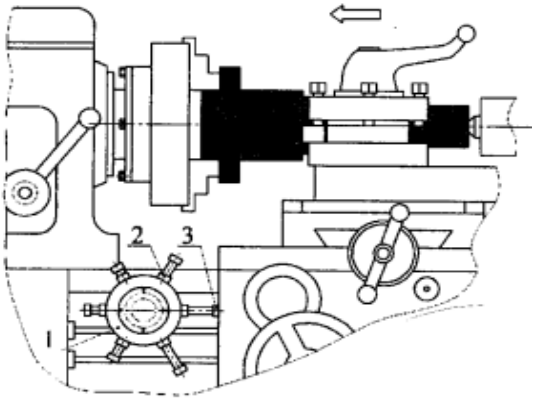
1 – неподвижный упор на каретке суппорта;
2 – подвижный упор поперечной каретки

Рисунок 8.5. – Обработка с жесткими поперечными упорами



1 – неподвижный жесткий упор; 2 – мерные вкладыши

Рисунок 8.6. – Обработка ступенчатого вала по упорам



1 – барабанный упор; 2 – контргайка; 3 – регулируемый упор

Рисунок 8.7. – Обработка ступенчатого вала
с использованием многопозиционного барабанного упора

Преимущества метода:

1. Точность обработки не зависит от минимально возможной толщины снимаемой стружки, поскольку припуск на обработку (глубина резания) устанавливается значительно больше этой величины.

2. Высокая производительность обработки за счет исключения затрат времени на осуществление пробных ходов и измерений.

3. Исключение ошибочных действий рабочего за счет автоматического получения заданных размеров по предварительной наладке.

4. Рациональное использование квалификации рабочих. В предыдущем методе необходимы квалифицированные рабочие – наладчики 4–5 разряда. В данном методе работу могут выполнять выполняют малоквалифицированные операторы 2–3 разряда.

5. Повышение экономичности производства за счет высокой производительности труда, уменьшения брака, затрат на заработную плату и т.д.

Недостатки метода:

1. Точность обработки зависит от квалификации наладчика, методики отладки и тех средств измерения, которые он использует.

2. Точность размеров и относительных поворотов зависит от способа установки заготовки.

3. Необходимость периодической подналадки, поскольку начальное относительное расположение инструмента и заготовки со временем может меняться. Подналадка требует определенных затрат времени и простоя станка.

Подналадка – это всякое корректирование отладки, вызванное выходом или угрозой выхода заготовок в брак.

Преимущества метода определяют его широкое использование в серийном и массовом производствах.

9. Качество поверхности детали

9.1. Геометрические характеристики поверхности

Качество поверхности деталей машин определяется геометрическими характеристиками и физико-механическими свойствами поверхностного слоя. К геометрическим характеристикам поверхностей элементов деталей относятся:

– форма;
– волнистость;
– шероховатость;
– направление неровностей.

Геометрическая форма. Ее правильность оценивается отклонением реального контура от идеального. Величина макронеровностей (овальность, конусообразность, бочкообразность) обычно составляет 30–50% допуска на размер детали.

Волнистость поверхности, характеризуется наличием закономерно повторяющихся волнообразных отклонений при соотношении L_1/h_1 = 50...1000 (рисунок 9.1).

Волнистость вызывается вибрациями, возникающими в процессе обработки на станках при определенных условиях (неуравновешенность вращающихся частей станка и детали, неравномерность процесса резания, автоколебания режущего инструмента).

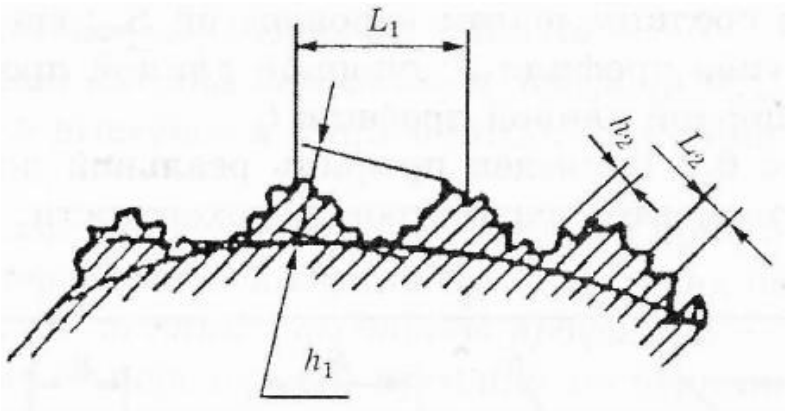


Рисунок 9.1. – Схема реальной обработанной поверхности

Шероховатость поверхности характеризуется соотношением $L_2/h_2 < 50$ и обусловливается как атомно-молекулярным строением твердого тела, так и механической обработкой резанием, в результате которой на поверхности остаются следы воздействия режущей кромки инструмента.

Шероховатость образуется в направлении главного рабочего движения (продольная шероховатость) и в направлении подачи (поперечная шероховатость).

9.2. Параметры шероховатости и методы их оценки

В соответствии с ГОСТ 25142-82 шероховатость поверхности деталей оценивается следующими параметрами:

- средним арифметическим отклонением профиля *Ra*;
- высотой неровностей профиля *Rz*;
- наибольшей высотой неровностей профиля R_{max};
- средним шагом неровностей S_m;
- средним шагом местных выступов *S*;
- опорной длиной профиля l_p;
- относительной опорной длиной профиля t_p.

На рисунке 9.2 приведен профиль реальной поверхности с обозначением элементов параметров шероховатости.

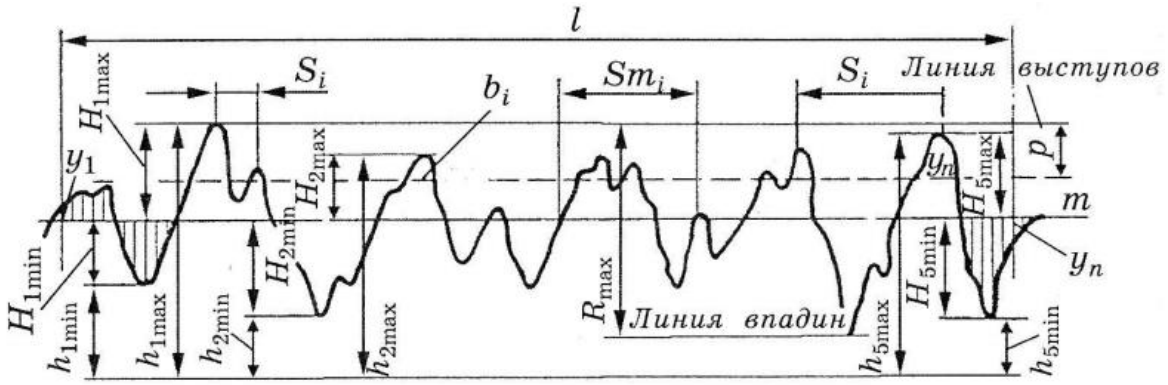


Рисунок 9.2. – Профиль реальной поверхности

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra определяется как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины L.

Расстояние до средней линии суммируется без учета алгебраического знака:

$$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i| \quad \text{или} \quad R_a = \frac{1}{l}\int_0^l |y(x)|dx, \tag{9.1}$$

где *l* – базовая длина (числовые значения базовой длины выбирают из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8,0; 25 мм); y_i – величина *i*-го отклонения профиля; *n* – число замеренных отклонений.

Параметр *Ra* изменяется от 100 до 0,008 мкм. Всего 42 значения.

Высота неровностей профиля Rz – среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью наибольшими выступами профиля *($H_{i\max}$)* и пятью наибольшими впадинами (H_i^{min}) профиля:

$$R_z = \frac{1}{5}\left[\sum_{i=1}^{5}\left|H_{i\max}\right| + \sum_{i=1}^{5}\left|H_{i\min}\right|\right]. \qquad (9.2)$$

Параметр *Rz* находится в пределах от 1600 до 0,025 мкм. Всего 49 значений.

Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\max}$ – расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей S_m – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля S_{mi} в пределах базовой длины:

$$S_{mi} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_{mi}\,. \qquad (9.3)$$

Средний шаг местных выступов профиля S – среднее арифметическое шага неровностей профиля по вершинам S_t в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i\,. \qquad (9.4)$$

Опорная длина профиля 1_p – сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне *p* в материале профиля линией, эквидистантной средней линии, в пределах базовой длины:

$$l_p = \sum_{i=1}^{n} b_i\,, \qquad (9.5)$$

где *bi* – длина *i*-го отрезка, отсекаемого на заданном уровне *p* линией, эквидистантной средней линии *m; p* – расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль и эквидистантной линии выступов профиля.

Относительная опорная длина профиля t_p – отношение опорной длины профиля к базовой длине:

$$t_p = \frac{l_p}{l}\cdot 100,\ \%. \qquad (9.6)$$

Согласно ГОСТ 25142-82 предусмотрено 14 классов шероховатости поверхности. Шероховатость поверхности взаимосвязана с точностью и способом обработки. Ее значения приведены в таблице 9.1.

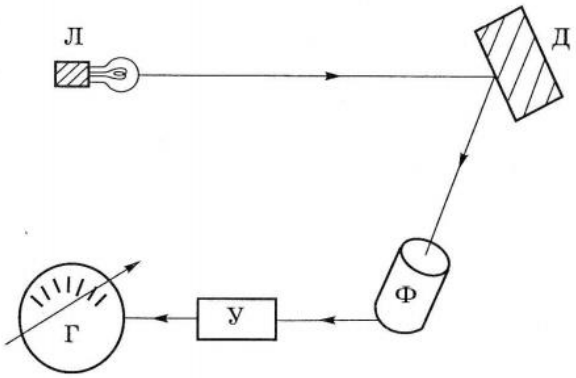
Таблица 9.1. – Зависимость шероховатости от способа и точности обработки

Метод обработки	R_a, мкм	Квалитет	Метод обработки	R_a, мкм	Квалитет
Точение:			Растачивание:		
предварительное	12,50	12...14	черновое	50...100	15...17
тонкое	1,25...2,50	7...9	получистовое	12,50...25	12...14
алмазное	0,32...0,63	6	чистовое	1,60...3,20	8, 9
			тонкое	0,40...0,80	7
Фрезерование цилиндрической фрезой:			Протягивание:		
			получистовое	6,30...12,50	9, 10
			чистовое	1,60...3,20	7, 8
черновое	25...50	12...14	тонкое	0,32...0,80	7
чистовое	3,20...6,30	11			
тонкое	1,60	8, 9			
Фрезерование торцовой фрезой:			Шлифование круглое:		
черновое	6,30...12,50	12...14	получистовое	3,20...6,30	8...11
чистовое	3,20...6,30	11	чистовое	0,80...1,60	6...8
тонкое	1,60	8, 9	тонкое	0,20...0,40	5
Сверление отверстий диаметром:			Шлифование плоское:		
до 15 мм	6,30...12,50	12...14	получистовое	3,20	8...11
свыше 15 мм	12,50...25	12...14	чистовое	0,32...0,63	6...8
			тонкое	0,20...0,08	6, 7
Рассверливание	12,50...25	12...14	Обкатка и раскатка роликами, шариками	0,40...1,6	6...9
Зенкерование:			Хонингование:		
черновое	2,50...25	12...15	плоскостей	0,10...0,32	7, 8
чистовое	2,50...6,30	10, 11	цилиндров	0,05...0,20	6, 7
Развертывание:					
предварительное	2,50...6,30	9, 10			
чистовое	0,63...1,25	7, 8			
тонкое	0,32	7			

Шероховатость поверхности оценивают качественно и количественно. Качественная оценка производится двумя методами: сравнением с образцами (субъективный) и оценкой при помощи приборов (объективный).

Первый метод оценки шероховатости основан на сопоставлении обработанной поверхности с образцами визуально (1...6 классы), с помощью лупы или сравнительного микроскопа МС-49 (7... 13 классы).

Второй метод реализуется рефлектометрами или пневматическими приборами. Схема рефлектометра приведена на рисунке 9.3.

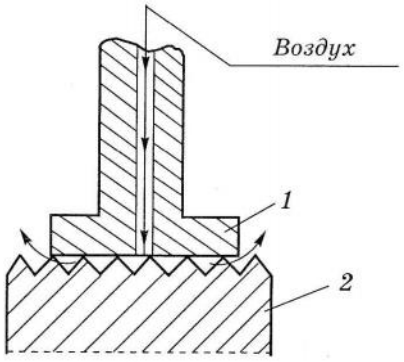


Л – лампочка; Д – деталь; Ф – фотоэлемент;
У – усилитель; Г – гальванометр

Рисунок 9.3. – Схема рефлектометра

Принцип работы рефлектометра основан на регистрации гальванометром величины микротока, возникающего в фотоэлементе, на который попадает отраженный от исследуемой поверхности луч света. Чем более шероховата поверхность, тем хуже ее отражательные свойства. Сравнивая показания гальванометра при отражении света от образца и от исследуемой поверхности детали, судят о степени соответствия шероховатости детали эталону.

Принцип работы пневматических приборов (рисунок 9.4) основан на измерении расхода воздуха, проходящего через калиброванное отверстие наконечника, который прижимается к исследуемой поверхности. Изменение расхода воздуха отмечается по шкале ротаметра прибора.

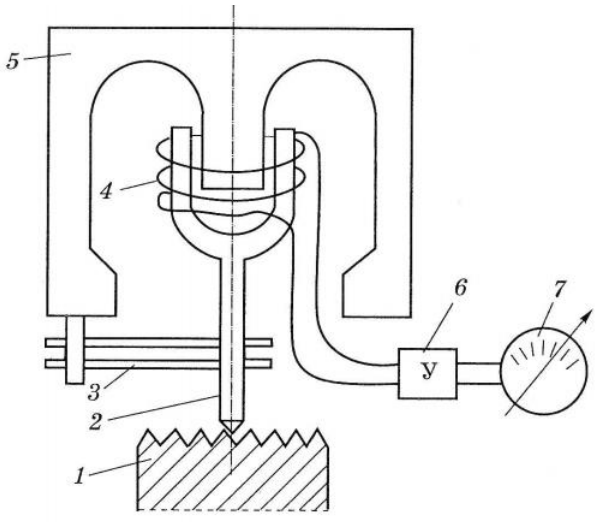


1 – наконечник прибора; 2 – исследуемая поверхность детали

Рисунок 9.4. - Схема измерения шероховатости
пневматическим прибором

Количественная оценка шероховатости поверхности заключается в измерении высоты микронеровностей и производится при помощи контактных (электрических) и бесконтактных (оптических) приборов.

Контактные электрические приборы подразделяются на профилометры и профилографы. Профилометры являются электродинамическими приборами и предназначены для определения численных значений высоты микронеровностей. Принцип действия профилометра Киселева КВ-7М заключается в возбуждении ЭДС в результате колебательных движений алмазной иглы *2,* перемещаемой по поверхности детали *1* (рисунок 9.5).



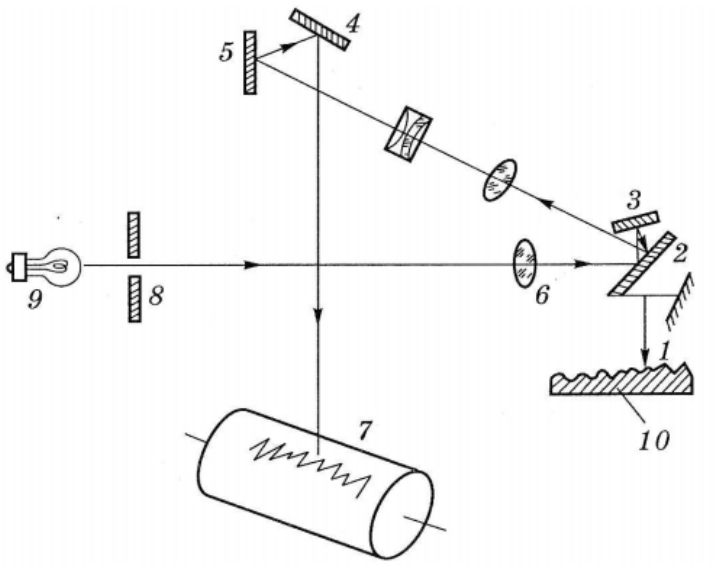
1 – исследуемая деталь; 2 – алмазная игла; 3 – плоские пружины;
4 – индукционная катушка; 5 – постоянный магнит; 6 – усилитель тока;
7 – регистрирующий прибор

Рисунок 9.5. – Схема датчика профилометра

Возбуждаемый перемещением индукционной катушки *4* относительно постоянного магнита *5* малый ток усиливается, проходя через усилитель *6* и регистрируется прибором 7 (гальванометр). Скорость перемещения датчика 10...20 мм/с; давление иглы на поверхность $0{,}5 \cdot 10^{-8}$...$2{,}5 \cdot 10^{-8}$ Па. Величина ЭДС пропорциональна линейным перемещениям индукционной катушки.

Профилометры применяются для оценки шероховатости с высотой микронеровностей 0,03...12 мкм.

Профилографы предназначены для изображения микропрофиля поверхности. Схема оптико-механического самозаписывающего прибора профилографа Б. М. Левина приведена на рисунке 9.6.



1 – алмазная игла; 2, 3, 4, 5 – зеркала; 6 – линза;
7 – барабан со светочувствительной бумагой; 8 – диафрагма; 9 – источник света;
10 – деталь

Рисунок 9.6. – Схема оптико-механического профилографа

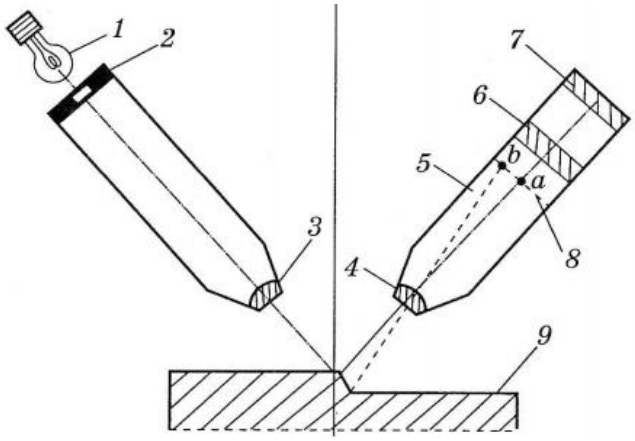
Принцип его работы заключается в следующем. Луч света от источника *9,* пройдя через диафрагму *8* и линзу *6,* попадает на подвижное зеркало *2,* которое связано с иглой *1.* Отражаясь от зеркал *2* и *3* и пройдя через две линзы, луч попадает на зеркала *4* и *5,* а затем на светочувствительную бумагу (пленку) на барабане *7*, изображая в увеличенном масштабе микропрофиль поверхности детали *10.* После обработки профилограммы определяют параметры шероховатости. По ней строят опорную длину профиля, которая предопределяет износостойкость поверхности и работоспособность детали.

Для количественной оценки шероховатости бесконтактным способом применяется двойной микроскоп МИС-11 конструкции В. П. Линника, схема которого приведена на рисунке 9.7. Он предназначен для измерения шероховатости *Rz* = 0,32...80 мкм.

Принцип работы прибора состоит в измерении искривления изображения светящейся щели с помощью шкалы, нанесенной на стекло микроскопа.

От источника света *1* луч, пройдя диафрагму *2* и линзу *3,* попадает на исследуемую поверхность под углом 45° и создает как бы световое сечение ее профиля. При этом изображение щели, наблюдаемое в микроскоп через линзы *4, 6* и 7, будет иметь смещение из положения *a* в положение *b* на сетке *8,* находящейся в тубусе *5* микроскопа, вследствие неровностей поверхности детали *9.* Смещение изображения щели будет пропорционально высоте

неровностей. Прибор снабжен фотонасадкой, с помощью которой можно получить изображение светящейся щели, искривленное неровностями поверхности.



1 – источник света; 2 – диафрагма; 3, 4, 6, 7 – линзы; 5 – тубус микроскопа; 8 – сетка; 9 – деталь

Рисунок 9.7. – Схема двойного микроскопа МИС-11

Для оценки шероховатости поверхности более высокого качества с параметром *Ra* = 0,16...0,01 мкм используют интерференционные микроскопы.

9.3. Физико-механические свойства поверхностного слоя

Физико-механическое состояние обработанной поверхности характеризуется структурой поверхностного слоя металла. Под действием силы резания и *наклепа* металла повышается его микротвердость и образуются остаточные напряжения, которые оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства деталей.

Под влиянием пластической деформации изменяется кристаллическая решетка. Это приводит к росту сопротивляемости металла дальнейшему увеличению деформации. Металл упрочняется, его твердость повышается, вязкость уменьшается. Такое изменение свойств металла под влиянием пластической деформации называется *наклепом*.

Поверхностная твердость при механической обработке в результате наклепа может повышаться в два раза и более. Глубина наклепанного слоя в зависимости от метода обработки может изменяться от нескольких микрометров до 0,1 мм.

Степень и глубина наклепа поверхностного слоя являются критериями качественной оценки пластической деформации. Для определения глубины

и степени наклепа применяются следующие методы: метод косых срезов; химического травления и электрополирования; рентгеноскопии и др.

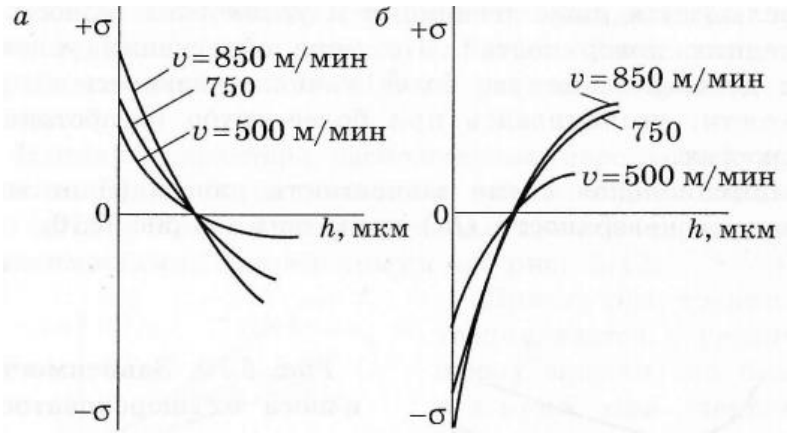
Метод косых срезов заключается в том, что исследуемую поверхность срезают под углом 1...2,5°, что позволяет в 30...50 раз увеличить площадь среза наклепанного слоя. После доводки и травления косого среза замеряют микротвердость.

Метод химического травления и электрополирования заключается в постепенном удалении поверхностных слоев и периодическом измерении твердости поверхности до выявления твердости исходного металла.

Метод рентгеноструктурного анализа является более точным, т.к. на рентгенограммах искаженной кристаллической решетки поверхности наклеп выявляется в виде размытого кольца.

Микротвердость определяют микротвердомерами (например, прибор ПМТ-3), путем вдавливания в поверхность алмазного пирамидального (четырехгранного либо трехгранного) наконечника. Давление на исследуемую поверхность составляет 0,2...5 Н в зависимости от исследуемого металла.

Характер и распределение остаточных напряжений зависят от скорости резания и подачи, геометрии и затупления режущего инструмента, свойств обрабатываемого материала. При обработке с малыми скоростями резания в поверхностном слое возникают сжимающие напряжения, при обработке с большими скоростями напряжения в разных слоях поверхностного слоя имеют различный характер.



а – из стали 45; *б* – из стали 18ХНМА

Рисунок 9.8. – Остаточные напряжения при обработке резанием заготовок

На рисунке 9.8 схематично показаны эпюры остаточных напряжений σ по глубине *h* поверхностного слоя деталей из сталей 45 и 18ХНМА, обработанных твердосплавными резцами.

Из рисунка видно, что при обработке углеродистой стали 45 в тонких слоях поверхности создаются остаточные растягивающие напряжения с переходом в сжимающие. Изменение знака остаточных напряжений происходит на глубине 0,01...0,025 мм. В высоколегированной стали 18ХНМА развиваются более высокие сжимающие напряжения с увеличением скорости резания *v.*

9.4. Формирование качества поверхности технологическими методами

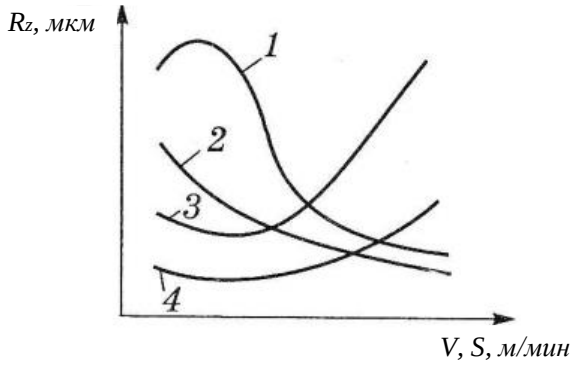
Обеспечение требуемой шероховатости поверхности. На данный показатель при обработке влияет ряд факторов:

– вид и структура обрабатываемого материала;
– режимы резания (скорость, подача);
– упругая и пластическая деформации материала в поверхностном слое;
– жесткость технологической системы СПИД;
– форма и состояние режущей части инструмента;
– трение инструмента по обрабатываемой поверхности;
– СОЖ.

Влияние режимов резания (*скорости V* и *подачи S*) на шероховатость при обработке деталей из различных материалов характеризуется зависимостью, представленной на рисунке 9.9.

Скорость резания (V) в зависимости от вида материала по-разному влияет на шероховатость. С увеличением скорости резания шероховатость поверхности у хрупких материалов уменьшается. У легкоплавких металлов при увеличении скорости шероховатость вначале уменьшается, а затем резко возрастает из-за значительного нагрева и оплавления поверхности. У конструкционных углеродистых сталей шероховатость вначале увеличивается, а затем при достижении скорости 20–30 м/мин начинает уменьшаться и при скоростях более 70 м/мин практически остается постоянной.

При обработке заготовок из коррозионностойких сталей на передней части инструмента нароста не образуется и шероховатость снижается с увеличением скорости резания.



1 – для конструкционных перлитоферритных сталей;
2 – для коррозионно-стойких и жаропрочных сталей;
3 – для легкоплавких металлов и сплавов

Рисунок 9.9. – Зависимость шероховатости поверхности
от режимов резания (*Rz = f(V)* – кривые 1–3, *Rz = f(S)* – кривая 4)

При шлифовании шероховатость с увеличением скорости уменьшается.

Подача (S). В общем случае при ее увеличении шероховатость увеличивается. При точении углеродистых сталей изменение подачи в диапазоне 0,05–0,10 мм/об практически не влияет на шероховатость. При увеличении подачи свыше 0,1 мм/об шероховатость возрастает примерно по закону параболы. При обработке деталей размерным инструментом (зенкер, развертка и др.) увеличение подачи приводит к незначительному повышению шероховатости. С увеличением подачи при шлифовании шероховатость возрастает.

Наименьшая шероховатость имеет место в диапазоне подач от 0,01 до 0,1 мм/об. С увеличением подачи шероховатость увеличивается. С уменьшением подачи до $S < 0{,}01$ мм/об шероховатость увеличивается за счет упругих отжатий.

Влияние подачи на шероховатость поверхности характеризуется кривой *4* (см. рисунок 9.9).

Глубина резания при обработке лезвийным инструментом практически не оказывает влияния на шероховатость. При шлифовании шероховатость возрастает с увеличением глубины резания. В диапазоне глубин 0,005–0,020 мм происходит интенсивный рост шероховатости, а при глубинах более 0,02 мм этот процесс замедляется.

Влияние глубины резания *t* на шероховатость незначительно и практически может не учитываться.

Форма резца оказывает значительное влияние на шероховатость. Увеличение главного и вспомогательных углов в плане приводит к росту

шероховатости. Затупление режущего инструмента и появление на нем зазубрин приводят к росту шероховатости: при обработке резцом – на 50–60%, цилиндрическими фрезами – на 100–115%, сверлом – на 30–40%, разверткой – на 20–30%. При обработке заготовок абразивным инструментом шероховатость снижается с уменьшением зернистости.

На шероховатость влияет геометрия режущего инструмента (РИ).

Жесткость системы СПИД оказывает заметное влияние на шероховатость, с ее уменьшением шероховатость возрастает. Чем больше вибрация системы СПИД, тем значительнее высота неровностей.

Применение *смазочно-охлаждающей жидкости* приводит к снижению шероховатости. При использовании минеральных серосодержащих и растительных масел высота микронеровностей уменьшается на 25–40%.

На шероховатость поверхности оказывает влияние *способ получения заготовки* и ее *химический состав*. Заготовки с мелкозернистой структурой и повышенной твердостью имеют меньшую шероховатость, чем с крупнозернистой структурой и пониженной твердостью. Заготовки из стали с повышенным содержанием серы и стали с присадкой свинца имеют повышенную шероховатость по сравнению с углеродистыми сталями.

Важной геометрической характеристикой поверхности является также направление неровностей после механической обработки резанием, что оказывает влияние на износ РИ при одинаковой шероховатости. Поэтому для определенных условий эксплуатации необходимо выбирать оптимальную направленность неровностей поверхности по отношению к главному рабочему движению деталей сопряжения.

Формирование физико-механических свойств. При обработке в поверхностном слое под действием сил резания происходит упругое и пластическое деформирование материала, приводящее к его наклепу. Одновременно происходит нагрев поверхностного слоя, приводящий к потере упрочнения, т.е. постоянно действует комплекс силовых и тепловых факторов и в зависимости от того, какие факторы преобладают, получается упрочнение (наклеп) или разупрочнение поверхностного слоя.

Степень и глубина наклепа изменяются в зависимости от вида и режимов обработки резанием, от геометрии режущего инструмента. Степень наклепа повышается при увеличении подачи. Влияние глубины резания на степень наклепа считается спорным: одни специалисты считают, что при ее увеличении наклеп возрастает из-за увеличения радиуса закругления лезвия, другие же влияние глубины резания на степень наклепа отрицают.

Теоретически увеличение скорости резания должно приводить к снижению твердости поверхности слоя, так как уменьшается время силового воздействия инструмента на деталь и повышается температура нагрева поверхностного слоя. Это утверждение верно для металлов, не претерпевающих при резании структурных изменений. В противном случае при увеличении скорости резания рост тепловыделения может вызвать поверхностную закалку, что приведет к повышению микротвердости поверхностного слоя, но не за счет наклепа, а из-за структурных изменений.

Степень наклепа зависит от углов заточки режущего инструмента. Увеличение отрицательных значений переднего угла (от 15 до 45°) приводит к росту степени наклепа. При увеличении заднего угла в пределах от 3 до 15° глубина наклепа уменьшается. Увеличение радиуса закругления режущей кромки приводит к увеличению степени и глубины наклепа. Аналогичная картина получается при изнашивании режущего инструмента.

При шлифовании общие закономерности возникновения наклепа сохраняются. Наклеп возрастает с увеличением глубины резания, продольной подачи стола или частоты вращения изделия, размера и радиуса округления абразивных зерен. Скорость резания или частота вращения абразивного круга действует по тем же зависимостям, что и скорость при точении.

При доводке происходит наклеп поверхностного слоя, особенно значительный в режиме полирования. Так, при хонинговании наклеп возрастает на 30–40%, а при суперфинишировании закаленной стали – на 25–30%.

Снижение остаточных напряжений поверхностного слоя. Все виды обработки и режимы резания, для которых характерны повышенные силы резания и пластические деформации, вызывают рост остаточных напряжений сжатия и снижение растягивающих напряжений, за исключением обработки пластичных металлов, когда повышение влияния силового поля может привести к усилению растягивающих и уменьшению сжимающих напряжений.

При точении степень, глубина распространения и характер эпюры остаточных напряжений поверхностного слоя зависят от воздействия каждого из факторов, участвующих в формировании остаточных напряжений.

При обработке пластичных материалов с увеличением подачи происходит рост остаточных напряжений растяжения. При точении низкопластичных материалов с увеличением подачи растут сжимающие напряжения. При обработке закаленных сталей при увеличении подачи возрастает температура поверхностного слоя, которая может привести к появлению растягивающих напряжений.

При обработке пластичных материалов с повышением скорости резания возрастают растягивающие напряжения, но если металл воспринимает закалку, то повышение скорости может привести к закалке металла поверхностного слоя, которая снижает растягивающие напряжения и вызывает появление напряжений сжатия. При обработке низкопластичных материалов увеличение скорости резания приводит к снижению сжимающих напряжений и даже появлению напряжений растяжения. При точении закаленных металлов возможен отпуск поверхностного слоя, который приводит к уменьшению сжимающих напряжений.

При уменьшении переднего угла инструмента (от положительных значений до отрицательных) возрастают остаточные напряжения сжатия. Затупление режущего инструмента приводит к возрастанию растягивающих напряжений при обработке пластичных материалов и увеличению сжимающих напряжений при обработке малопластичных материалов.

При шлифовании возникают большие напряжения в поверхностном слое и высокая температура в зоне резания. В зависимости от того, какой фактор будет преобладать, могут получиться различные эпюры напряжений по знаку и значению. Таким образом, ухудшение охлаждения обрабатываемого материала, увеличение частоты вращения круга, затупление зерен, «засаливание» круга, повышение его твердости, увеличение глубины шлифования и подачи, снижение частоты вращения изделия приводят к тому, что остаточные напряжения растяжения растут, а сжатия снижаются.

При доводке в поверхностном слое обычно возникают остаточные напряжения сжатия, соизмеримые по значению с напряжениями, появляющимися при других видах механической обработки.

10. Размерные цепи конструкции

10.1. Размерный анализ конструкции и технологии

При работе любой машины между ее исполнительными поверхностями возникают и действуют кинематические, динамические, электрические, механические, гидравлические, пневматические и связи свойств материалов, из которых изготовлены детали машины. Все виды связей в течение создания детали машины закладываются в виде размерных связей (размеры, расстояния, относительные повороты, форма, шероховатость поверхностей деталей). Точность реализации этих связей при изготовлении автомобиля обеспечивает его качество.

Конструктивные и технологические качества автомобиля зависят в первую очередь от верной расстановки размеров, выбора значений и назначенных допусков на них.

Размерные связи, которые закладываются в машину при ее конструировании, реализуют при изготовлении деталей и сборке. Для этого выявляют и проводят анализ размерных связей, получивший название размерный анализ.

Размерный анализ – это комплекс расчетно-аналитических процедур по выявлению и построению схем размерных связей машины, ее частей или технологического процесса изготовления, обоснованной простановки размерно-точностные параметров, назначения рациональных допусков и оценки полученных результатов с целью экономического и надежного обеспечения качества машины и ее составляющих.

Размерный анализ конструкции, выполняемый на стадии разработки технологии, ставит и решает следующие задачи:

– определить взаимосвязи деталей и сборочных единиц, создающих машину;

– определить методы достижения необходимой точности, которые определяют структуру технологических процессов изготовления деталей, а те, в свою очередь, структуру технологических процессов получения исходных заготовок;

– проанализировать правильность простановки размеров и допусков в чертежах и внести, при необходимости, изменения размеров и допусков в соответствии с намеченными технологическими методами и средствами обеспечения необходимой точности различных параметров машины;

– разработать последовательность сборки машины и ее сборочных единиц;

– выбрать технологические и измерительные базы деталей;

– определить требования к оборудованию, технологической оснастке и организации производства, технологическим обрабатывающим системам, методам и средствам контроля качества деталей и машины в целом.

Эксплуатационные показатели качества автомобиля зависят не только от его конструкции, но и от технологии изготовления деталей и сборки их в изделие.

Важной составляющей при проведении размерного анализа технологии является четкое и полное понимание служебного назначения машины,

конкретизация ее функций, а также выявление области и условий эксплуатации, необходимые для обоснованной постановки технологических задач по изготовлению и сборке всех ее составных частей.

В основе этой работы лежит анализ размерных связей сначала между деталями механизмов и узлов, а затем внутри каждой детали.

Размерный анализ технологии включает в себя расчеты:

– предельных значений величин припусков при заданных операционных и конечных размерах заготовки по операциям и переходам;

– технологических размеров и их допусков, которые выполняются вместо заданных в конструкторском чертеже при смене и несовмещении технологических баз с конструкторскими;

– граничных значений операционных размеров, обеспечивающих получение конечных размеров и оптимальных значений припусков.

По результатам размерного анализа ТП получают предельные отклонения размеров, которые заносят в технологическую документацию (карты эскизов, технологические карты), чертежи выходных заготовок, карты наладки станка, управляющих программ и др.

Размерные связи конструкции и технологического процесса проявляются в виде *размерных цепей*, поэтому размерный анализ базируется на основных положениях теории размерных цепей и методах их расчета.

10.2. Размерные связи

Размеры детали в собранной сборочной единице взаимоувязаны за счет существующих между ними размерных связей, которые представляют в виде сборочных *размерных цепей*.

Размерной цепью называется совокупность размеров, которые непосредственно принимают участие в решении поставленной задачи и образовывают замкнутый контур.

Конструкторская размерная цепь – это цепь, которая определяет расстояние или относительный поворот между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии. Конструкторские размерные цепи могут быть подетальными и сборочными.

Размерная цепь, которая определяет точность относительного расположения осей и поверхностей одной детали, называется *подетальной размерной цепью.*

Размерная цепь, которая определяет точность относительного расположения осей и поверхностей нескольких деталей в сборочной единице, называется *сборочной размерной цепью.*

В изделии столько размерных цепей, сколько параметров качества (точности) нужно обеспечить при изготовлении.

Любая размерная цепь состоит из *замыкающего звена* и двух или больше составных звеньев.

Замыкающее звено – это звено размерной цепи, которое будет исходным при постановке задачи или последним в результате ее решения (в т.ч. при изготовлении и измерениях). Замыкающее звено указывается прописными буквами русского алфавита или строчными буквами греческого с индексом Δ. Например, в размерной цепи *Б* (рисунок 10.1, *б*) замыкающим является звено *БΔ* , т.е. зазор между валом и втулкой.

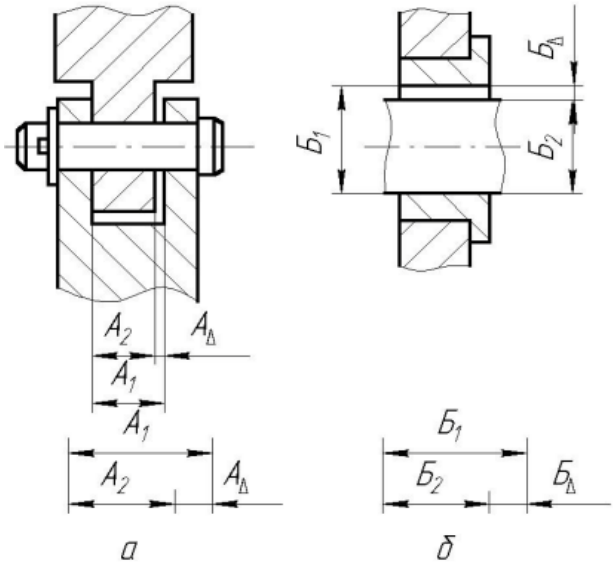


Рисунок 10.1. – Размерные цепи и их схемы

Пример 1. Конструкторская задача: необходимо обеспечить свободное вращение вала, исходя из служебного назначения механизма, посредством определения номинального размера и предельных отклонений зазора между корпусом и валом с размерами, соответственно, $Б_1$ и $Б_2$.

Звено $Б_Δ$ возникает в результате постановки задачи при проектировании. Исходя из нужного зазора определяются значения звеньев $Б_1$ и $Б_2$ размерной цепи. После этого выполняют проверку решения: по значению звеньев $Б_1$ и $Б_2$ определяют размеры зазора $Б_Δ$, который в данном случае получается последним.

Пример 2. Технологическая задача: в процессе изготовления деталей и сборки механизма необходимо обеспечить заданной конструктором величины $Б_Δ$. В этом случае зазор также получается последним и (если точность получена одним из методов взаимозаменяемости) технологически непосредственно не выдерживается и не контролируется, а получается автоматически.

Таким образом замыкающее звено сборочной размерной цепи – это звено, которое появляется в результате сборки.

Составляющим звеном размерной цепи называется звено размерной цепи, с изменением которого изменяется замыкающее звено. Обозначается прописными буквами русского или малыми греческого (кроме α, δ, ξ, λ, ω) алфавита с индексом составляющего звена.

Составляющие звена размерной цепи нумеруются последовательно, начиная со звена, соседнего с замыкающим. Цифры порядкового номера звена проставляют в виде индексов буквы, присвоенной размерной цепи.

Составляющие звенья делятся на увеличивающие и уменьшающие.

Увеличивающим называется составное звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается.

Уменьшающим звеном размерной цепи называется составное звено, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

Рекомендуется увеличивающие звенья обозначать стрелками над соответствующей размерной буквой направленной вправо – $\left(\vec{A}_i\right)$, а уменьшающие – стрелками, направленными влево $\left(\overleftarrow{A}_i\right)$. Для упрощения анализа размерных цепей последние изображают графически в виде размерных схем (рисунок 10.1).

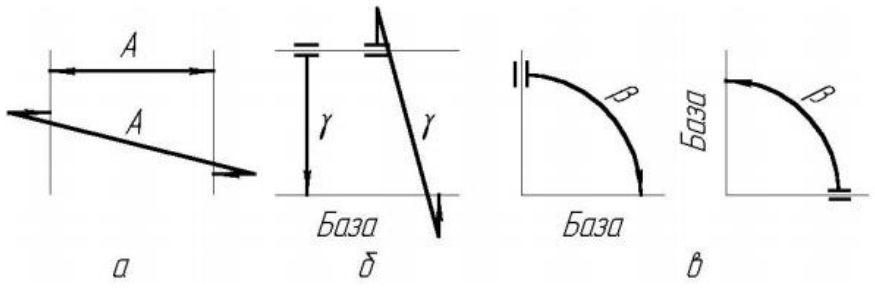


Рисунок 10.2. – Условное изображение звеньев
на схемах размерных цепей

На схемах размерных цепей звена условно обозначают: линейные размеры – двусторонней стрелкой (см. рисунок 10.2, *а*); параллельность – односторонней стрелкой с направлением острия к базе (см. рисунок 10.2, *б*); перпендикулярность – односторонней стрелкой с направлением острия к базе (см. рисунок 10.2, *в*). Отклонение от параллельности или перпендикулярности одной поверхности (оси) относительно второй, принятой за базу, называют относительным поворотом поверхности (оси).

При размерном анализе используют графические обозначения осей поверхности с помощью условных знаков – стяжек.

Стяжка представляет собой отрезок прямой с точками на концах. При этом одна точка ставится на линии контура поверхности, а вторая – на линии, которая обозначает ось этой поверхности. На рисунке 10.3 звено *А* – отклонение от соосности (эксцентриситет осей) вала и отверстия втулки, звено β – поворот оси вала относительно оси отверстия втулки за счет зазора, звено γ – относительный поворот (отклонение от перпендикулярности) оси вала и торца втулки. Если на схеме зазор между поверхностями не показан, вторые точки «стяжек» ставят возле линии, которые обозначают на чертеже соединения деталей. Так, на рисунке 10.3 звено *Б* – отклонение от соосности внешней поверхности втулки и отверстия корпуса за счет зазора соединения. При посадках с натягом это звено принимают равным нулю.

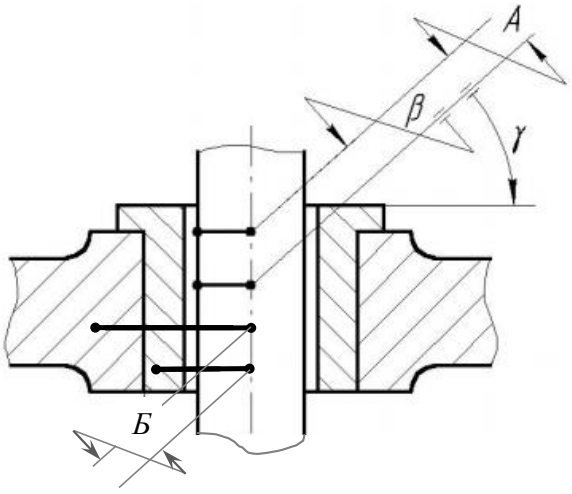


Рисунок 10.3 – Обозначение «стяжек» на размерных схемах

Рассмотрим поэтапно основные моменты размерного анализа конструкции путем выявления размерных связей на примере составления сборочной размерной цепи для коническо-цилиндрического редуктора (рисунок 10.4).

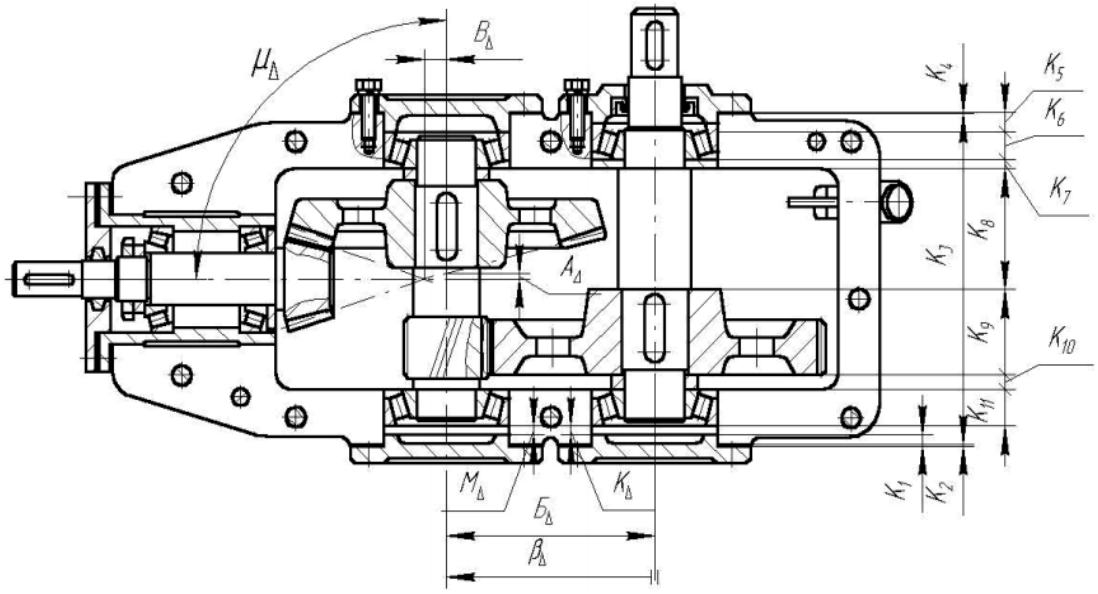


Рисунок 10.4. – Параметры точности редуктора

1. *Четко формулируют задачу, которую необходимо решить с помощью размерной цепи.* От этого зависит правильность выявления размерной цепи и ее соответствие поставленной задаче.

2. *В зависимости от поставленной задачи выявляют замыкающее звено (звенья), его номинальный размер и допустимые отклонения.*

Прежде всего определяются технические требования к сборочной единице в соответствии с ее служебным назначением. Ими могут быть точность расстояний между поверхностями, линиями или точками, параллельность или перпендикулярность осей или плоскостей, а также объединение этих требований. Выявленные по чертежу сборочной единицы технические требования являются замыкающими звеньями соответствующих размерных цепей.

Для обеспечения требуемой работы коническо-цилиндрического редуктора (см. рисунок 10.4) в соответствии с его служебным назначением необходимо при изготовлении и сборке выполнить следующие требования точности относительного расположения деталей:

а) смещение A_Δ, B_Δ вершин делительных конусов шестерни и колеса относительно осей их вращения должны быть в заданных границах;

б) угол μ_Δ между осями вращения конических колес должен быть выдержан в определенных границах;

в) расстояние $Б_\Delta$ между осями цилиндрических зубчатых колес, которые вращаются, должно быть в заданных границах;

г) оси вращения цилиндрических зубчатых колес должны быть параллельны в плоскости чертежа (допуск параллельности осей $T\beta_{\Delta}$) и в плоскости, перпендикулярной к плоскости чертежа (допуск на перекос осей $T\gamma_{\Delta}$);

д) для нормальной работы подшипников между крышками и торцами внешних колец подшипников при сборке необходимо обеспечить зазоры (K_{Δ}, M_{Δ}), достаточные для компенсации теплового расширения вала и не превышающие допустимое осевое смещение валов.

Номинальные размеры и допустимые отклонения параметров точности устанавливают, исходя из служебного (функционального) назначения изделия или его механизма по стандартам, на основе эксплуатации аналогичных изделий, путем теоретических расчетов или специально поставленных экспериментов.

Совокупность требований относительно точности замыкающих звеньев с количественными значениями и допустимыми отклонениями представляют собой нормы точности и технические требования на изделие.

3. Составляют конструктивную схему изделия (КС). На ней изображается только та часть изделия, для которой проводятся расчеты. КС должна четко иллюстрировать взаимодействие деталей данной цепи и, вместе с тем, не иметь избыточных конструктивных особенностей. Масштаб конструктивной схемы выбирается произвольно, чтобы ясно изображать объект и проставить все необходимые размеры.

4. Выявляют составляющие звена и составляют схему размерной цепи. На сборочном чертеже или на КС механизма наносится изображения замыкающего звена размерной цепи.

Для нахождения составляющих звеньев нужно идти от поверхностей (осей) деталей, которые создают замыкающее звено, к основным базам (осей) этих деталей, от них – к основным базам деталей, базируя первые детали, и т.д. вплоть до образования замкнутого контура. Таким образом можно выявить, последовательно связывая сопрягаемые размеры деталей, все составляющие звенья цепи, которые оказывают непосредственное влияние на замыкающее звено. Все выявленные замыкающие и составные звена должны образовывать замкнутый контур.

Например, в размерной цепи K величина зазора K_{Δ} (см. рисунок 10.4) зависит от относительного положения внешнего кольца первого подшипника и упорного торца крышки. В свою очередь, положение торца крышки относительно корпуса редуктора определяется расстоянием между торцевыми поверхностями крышки и толщиной прокладки. Итак, первым звеном K_1, которое

оказывает непосредственное влияние на замыкающее звено, является размер между торцовыми поверхностями крышки, вторым $К_2$ – толщина прокладки между крышкой и корпусом. Третье звено цепи $К_3$ – это расстояние между стенками корпуса. Толщина прокладки $К_4$ определяет положение второй крышки относительно корпуса. Расстояние $К_5$ между торцевыми поверхностями второй крышки определяет положение торца, в который упирается внешнее кольцо правого подшипника. Положение упорного торца внутреннего кольца второго подшипника зависит от отклонений монтажной высоты $К_6$ подшипника. Переходя последовательно от одной поверхности к другой, получим: $К_7$ – толщину кольца, $К_8$ – толщину буртика вала, $К_9$ – длину ступицы зубчатого колеса, $К_{10}$ – толщину кольца, $К_{11}$ – монтажную высоту первого подшипника. Тем самым пришли к второй поверхности, которая образовывает замыкающее звено.

В число составляющих звеньев необходимо включать только размеры деталей, которые оказывают непосредственное влияние на замыкающее звено. Этот принцип будет выполнен, когда каждая деталь будет принимать участие в одном размерной цепи только одним своим размером. В то же время один и тот самый размер может входить как звено в несколько размерных цепей.

Готовые изделия (подшипники качения, муфты, электродвигатели и т.п.) принимают участие в размерной цепи конечным своим размером, который охватывает несколько деталей комплекта. Например, конический роликоподшипник принимает участие в размерных цепях монтажной высотой.

11. Система обеспечения качества изготовления изделий

11.1. Основные принципы, управление и контроль

Обеспечение качества изготовления изделий – это совокупность запланированных и систематически осуществляемых мероприятий, которые создают необходимые условия для осуществления каждого этапа жизненного цикла изделия. Указанное решается соответствующими требованиями к оборудованию, сырью, материалам, комплектующим, технической документации, производственному персоналу, метрологическим условиям производства и т.д.

Поэтому реализация проектных показателей качества при изготовлении продукции определяется качеством технологических процессов, труда

и средств труда, предметов труда, контроля, управления, информационных и логических связей технологических и производственных процессов, образующих одну общую систему (рисунок 11.1).

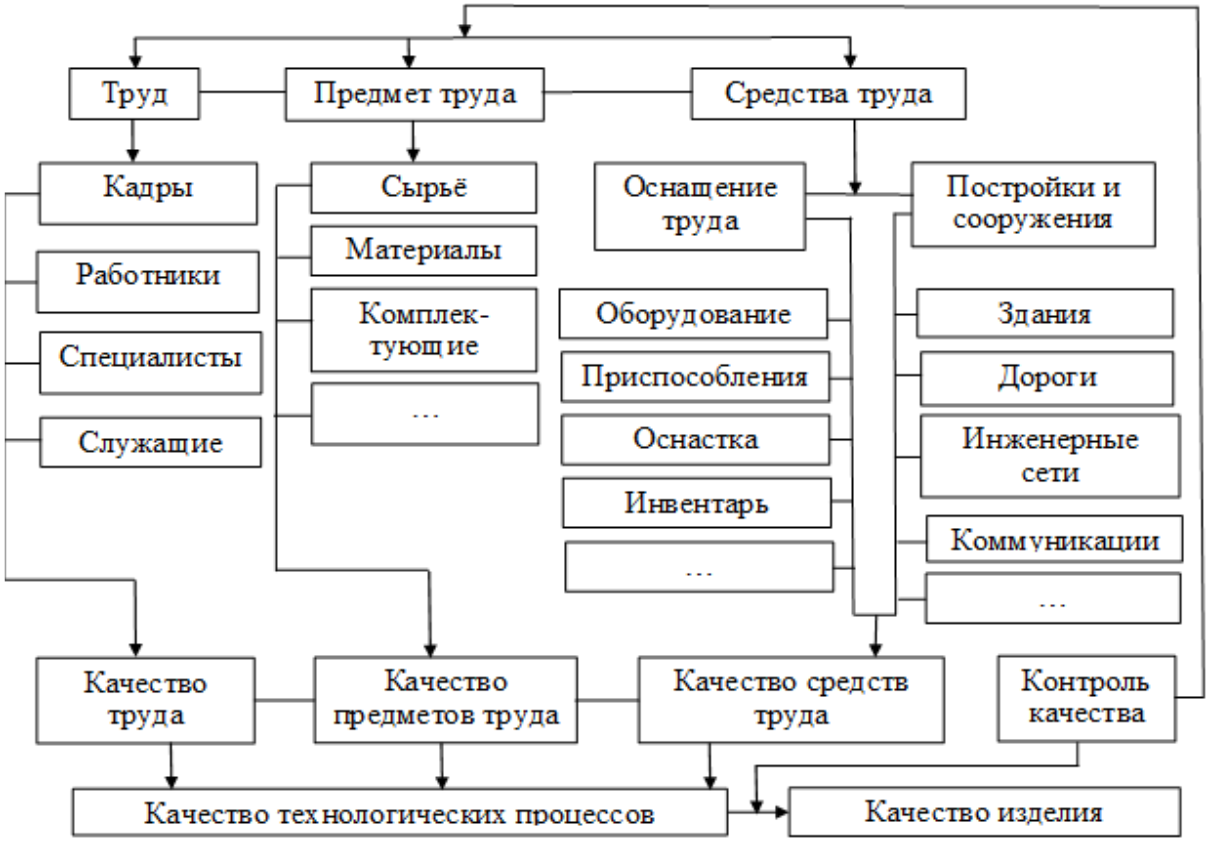


Рисунок 11.1. – Система обеспечения качества продукции

Международный опыт свидетельствует, что продукция наиболее соответствует требованиям потребителей (наиболее качественная), если на предприятии действует эффективная система обеспечения качества продукции.

Система обеспечения качества продукции – это совокупность управляющих органов, объектов управления, процедур, процессов и ресурсов, обеспечивающих достижение нужного уровня качества изделий. Главной целью этой системы является планомерное использование научно-технических, производственных и социально-экономических возможностей для постоянного повышения качества всех видов продукции.

Базовым элементом системы является комплекс стандартов предприятия, который регламентирует весь процесс обеспечения и управления качеством продукции через все элементы, определяющие его на всех этапах производства и иерархических уровнях управления.

Современные контракты на изготовление обязательно должны иметь требования к качеству продукции и предоставлять потребителю право проверки не только качества конечной продукции, но и всех элементов ее обеспечения.

Для регулирования процесса проверки системы качества Международной организацией по стандартизации утверждена серия международных стандартов МС ICO 9000:

МС ICO 9000 «Общее руководство качеством и стандарты обеспечения качества. Руководство по выбору и применению».

МС ICO 9001«Системы качества. Модель обеспечения качества проектирования и (или) разработки, производства, монтажа и обслуживания».

МС ICO 9002«Системы качества. Модель обеспечения качества производства и монтажа».

МС ICO 9003«Системы качества. Модель обеспечения качества конечного контроля и испытания».

МС ICO 9004«Общее управление качеством и элементы системы свойства. Руководящие указания».

В Беларуси данные стандарты используют для оценки системы обеспечения качества при заключении контрактов между предприятием и заказчиком. Предприятие-производитель должно дать документальное подтверждение наличию у него системы качества. Для этого проверяют:

– соответствие характеристик свойства продукции установленным требованиям;

– состояние производства и его способность производить продукцию в соответствии с установленными требованиями;

– наличие на предприятии задокументированных требований к элементам системы и их соответствие выбранной модели;

– соблюдение указаний документов системы и их способность обеспечить соответствие продукции установленным требованиям.

Система качества разрабатывается с учетом производственной деятельности предприятия и особенностей конкретной выпускаемой продукции.

Существенно повысить качество продукции нельзя путем проведения отдельных разовых, даже масштабных, мероприятий. Устойчивый рост качества может быть результатом только систематических плановых, связанных в едином комплексе технических, организационных и экономических мер, которые делят на основные группы.

К первой группе относятся работы по созданию конструкций машин, соответствующих лучшим межгосударственным стандартам, по созданию нового, более совершенного оборудования, устройств и средств контроля, производительных систем, позволяющих повысить качество не только основных технологических, но и транспортных, загрузочно-разгрузочных и контрольных операций, работы по внедрению в производство передовой, малоотходной и безотходной, принципиально новой технологии с использованием химических и электрофизических методов обработки, лазера, ультразвука и т.д.

Во вторую группу входят работы организационного характера: использование ЭВМ для совершенствования информационного обеспечения разработчиков, внедрение систем автоматизированного проектирования, гибких производственных систем, ориентация на высшие мировые достижения, специализация производства.

К третьей группе относятся мероприятия, направленные на усовершенствование системы морального и материального стимулирования повышения качества продукции. Некачественная работа должна непосредственно сказываться и на материальном вознаграждении, служебном положении и авторитете работника.

Система качества предприятия должна:

– достигать и поддерживать качество продукции на уровне, обеспечивающем постоянное удовлетворение установленным или предполагаемым требованиям потребителя;

– обеспечивать руководству предприятия уверенность в том, что качество достигается и поддерживается на заданном уровне;

– обеспечивать потребителю уверенность в том, что взаимосогласованное качество поставляемой продукции достигнута.

Для обеспечения этих требований предприятие организует свою деятельность так, чтобы контролировать все факторы, влияющие на качество изделий.

Введение системы качества на отечественных предприятиях – одна из предпосылок формирования рыночного механизма и сочетание его с мировой экономикой.

Система качества должна влиять на каждую составляющую жизненного цикла изделия по трем направлениям: обеспечение качества, управление качеством, контроль качества.

Основные принципы формирования качества изделий – это комплекс требований, которые создаются и внедряются на предприятии для его эффективной работы по обеспечению качества. Важнейшими из них являются следующие:

1. Ориентация не только на конечный контроль качества продукции, а на контроль качества процессов. Речь идет, прежде всего, об общем контроле производственного процесса. Проверка качества осуществляется на всех этапах производственного процесса путем контроля его элементов. В этом случае каждое рабочее место становится пунктом проверки качества. Ударение делается на предупреждении брака.

2. Полное закрепление ответственности за качество результатов труда за непосредственным исполнителем сформулированное в виде правил:

– не создавать (условия появления дефектов);
– не передавать (дефектную продукцию на следующую стадию);
– не принимать (дефектную продукцию на предыдущей стадии);
– не изменять (технологические режимы);
– не повторять (ошибок).

Эти правила детализируются для всех этапов технологического процесса и доводятся до каждого работника. Контроль осуществляется соответствующими работниками предприятия на всех стадиях производства продукции. Ответственность за качество вписывается в должностную инструкцию каждого работающего. При этом повышается роль контроля качества на каждом рабочем месте при уменьшении роли централизованного контроля. Каждый рабочий может остановить процесс для устранения замеченных им дефектов. При соответствующей автоматизации процесса остановка осуществляется автоматически, с помощью встроенных приборов контроля качества.

3. Принцип комплексного профилактического обслуживания. Состоит в осуществлении тщательной профилактики и обслуживании оборудования производственными рабочими с целью предупреждения возможности появления дефектов. Это приводит к более ритмичной работе предприятий, сокращению сбоев и простоев, а, значит, и к удешевлению продукции, хотя требует повышенных требований к квалификации производственных рабочих.

4. Тщательное исследование и анализ возникающих проблем от последующей операции к предыдущей. Культивирование принципа: «Твой потребитель – исполнитель следующей технологической операции».

5. Самостоятельное исправление ошибок: ответственные лица, допустившие брак, самостоятельно перерабатывают бракованные изделия.

6. Проверка: контролю подлежит по возможности каждое изделие, а не выборка из партии. Этот принцип применяется при контроле готовой продукции и там, где это возможно для комплектующих узлов и деталей. Если проверка каждого комплектующего изделия нецелесообразна экономически, тогда полагаются на принцип «$N = 2$», т.е. проверяют два изделия: первое и последнее. При стабильном процессе по замерам параметров первого и последнего изделий можно судить о качестве всей партии.

В приведенных базовых принципах отчетливо прослеживаются две основные составляющие, необходимые для их реализации, – человеческая и техническая.

Человеческая составляющая заключается в активном использовании человеческого фактора, развитии творческого потенциала работников путем обучения методам усовершенствования технологических и производственных процессов, моральным и материальным стимулированием их творческой активности.

Техническая составляющая обеспечения качества – это средства формирования и передачи необходимой оперативной информации о качестве на всех уровнях производственной системы – от поставщиков сырья до клиентов и от операторов к руководителю предприятия. В идеале это общая компьютерная сеть с соответствующим программным обеспечением, в которую оперативно водится вся измерительная и контрольная информация.

Обеспечение качества продукции – непрерывный процесс, в котором принимают участие все работающие на предприятии.

Поскольку любой технологический процесс имеет отклонение показателей качества продукции от установленных в технической документации требований, необходимо проводить работу по обеспечению значений этих отклонений в допустимых пределах. Эту задачу решают с помощью системы управления качеством, непосредственными объектами которой являются процессы, от которых зависит качество продукции.

Управление качеством – это оперативные методы и деятельность при создании, изготовлении и эксплуатации изделий по выявлению несоответствия в производимой продукции. Цель управления – устранение выявленных несоответствий и причин, которые их вызвали.

Процесс управления качеством продукции (как и любого объекта управления) состоит из четырех этапов:

1. Сбор и обработка информации о состоянии управляемого объекта.
2. Выработка решения о том, как в данной ситуации на основе собранной информации действовать на объект, чтобы достичь желаемой цели.
3. Действие на управляемый объект в соответствии с отработанным решением.
4. Действие обратной связи, сообщающее о состоянии объекта, достигнутого в результате руководящего действия, для использования этих сведений для последующих действий.

С объекта управления непрерывно или периодически поступает информация о несогласованности фактического показателя качества с плановым.

На основе этой информации управляющая подсистема корректирует программу управления, оценивая эффективность предварительного решения.

Исследование и управление качеством изготовления изделий. При анализе качества выпускаемой продукции для его управления качеством по результатам исследования широко используются вероятностно-статистические методы, которые непосредственно применяются при анализе дефектов продукции в производстве, испытаниях и эксплуатации, при контроле точности и стабильности ТП, их статистическом регулировании и т.д.

Метод статистического анализа качества изготовления позволяет осуществить управление процессом обработки, определить периодичность наладки технологического оборудования, выбрать вид и средства контроля изделий, определить долю бракованных изделий.

При этом методе на основании статистических данных устанавливаются закон распределения контролируемого параметра качества и его числовые характеристики (математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение). Полученные характеристики (с учетом процента риска) сравнивают с данными, приведенными в нормативном технической документации, и делают заключение о качестве технологического процесса.

Статистический анализ ТП дает возможность оценки и исследования точности обработки, сборки, контроля операций, определения вероятности брака, надежности технологического процесса и т.д. Однако метод требует большого объема наблюдений (поэтому экономически целесообразен в крупносерийном и массовом производстве) и, кроме того, не определяет влияние на качество отдельных факторов, не указывая конкретные пути его повышения.

Контроль качества изделий. Разработка руководящих решений осуществляется на основании контроля, т.е. на сопоставлении информации о фактическом состоянии характеристик управляемого процесса или его результата с заданными показателями качества разрабатываемой, производимой и используемой продукции. При управлении качеством продукции эта функция осуществляет технический контроль, под которым понимается проверка соответствия объекта контроля (изделий и процессов) установленным требованиям нормативных документов по контролю качества продукции.

Контроль представляет собой обратную связь в системе управления качеством. Поэтому объектами контроля должны быть все составляющие элементы производственного процесса.

Под *контролем качества* понимается проверка соответствия количественных или качественных характеристик изделий или процессов (от которых зависит их качество) установленным техническим требованиям.

Контроль качества продукции является неотъемлемым элементом производственного процесса и представляет собой процесс, состоящий из контрольных операций, проектирование которых выполняют по функциональной принадлежности отделы главного технолога и главного металлурга одновременно с разработкой технологических процессов заготовительной, обрабатывающей и сборочной стадий.

Техническая подготовка контрольных операций включает разработку технологии технического контроля, проектирования и изготовления контрольного оборудования. Необходимая для контроля информация фиксируется в основных документах: на чертеже изделия, в технологической карте и в специальной инструкции.

Система контроля представляет собой совокупность средств контроля, методов выполнения контрольных операций и исполнителей, взаимодействующих с объектом контроля по правилам, установленными документацией.

Объектами контроля являются все составляющие элемента производственного процесса: предметы труда, средства труда, трудовые процессы, труд и условия труда исполнителей. К предметам труда, качество которых должно контролироваться, относятся материалы и изделия.

Цель контроля – установить их соответствие требованиям и обеспечить сохранение качества входных материалов в процессе изготовления, своевременно выявить и изъять брак.

Материалы, детали и узлы, приобретаемые предприятием, становятся частью готовой продукции и оказывают непосредственное влияние на ее качество. Производитель несет ответственность за качество конечной продукции в целом вне зависимости от качества приобретаемых им ресурсов. Поэтому производитель должен обеспечить условия, при которых привлекаемые в производственный процесс материально-технические ресурсы будут отвечать установленным требованиям.

Контроль средств труда преследует цель исключить возможность возникновения брака из-за неудовлетворительного состояния средств и предупредить преждевременное их изнашивание. Для этого проводится обучение персонала, который эксплуатирует технику или занимается ее техническим обслуживанием и ремонтом, осуществляется своевременное и в полном объеме обеспечение запасными частями.

Контроль трудовых процессов включает контроль ТП и процессов создания конструкторской, технологической и другой документации для исключения возможности выпуска некачественной продукции через некачественные процессы разработки и изготовления изделий. Для этого технологические процессы должны быть надежными и стабильными.

Контроль проектирования выполняется на стадиях разработки продукции и осуществляется в виде технологического контроля, нормоконтроля (контроль за правильным использованием стандартов, руководящих материалов и другой нормативно-технической документации), патентной экспертизы и экспертизы технической документации.

Качество технической документации контролируется непосредственно исполнителями и руководителями всех уровней в отделе главного конструктора, главного технолога, главного металлурга и в других службах завода. Контроль технической документации предусматривает систематическую работу по усовершенствованию и корректировке технической документации с целью повышения (обеспечения) качества и надежности продукции на основании анализа материалов контроля текущего производства, испытаний и эксплуатации продукции.

При изготовлении продукции должно соблюдаться точное соответствие технологического процесса требованиям технической документации, то есть технологическая дисциплина.

Обеспечение технологической дисциплины достигается организационными, методическими и техническими мероприятиями, исключающими ее нарушения.

Контроль технологической дисциплины проводится по отдельным технологическим процессам. Он включает проверку наличия и состояния технологии изготовления, испытания и контроля изделий, наличия и состояния средств технологической оснастки производства, наличия системы контроля за ходом технологических процессов, знания и строжайшего соблюдения производственным персоналом установленных технических требований. По результатам контроля оформляются документы: технологический паспорт (ГОСТ 3.1503-74), карта измерений (ГОСТ 3.1504-74) и журнал контроля технологического процесса (ГОСТ 3.1505-74).

Обязательными должны быть контроль и испытание готовой продукции, а также контроль и испытание при производстве желательно с использованием статистических методов контроля.

Для предотвращения появления дефектов на послепроизводственных этапах должны быть предусмотрены соответствующие ресурсы, условия и меры по сохранению качества продукции при погрузочно-разгрузочных работах, складировании, перевозке, монтаже и т.п.

Одним из требований международных стандартов является необходимость обеспечения идентификации и слежения за всеми перемещениями продукции.

Идентификация – это процедура, которая предусматривает маркировку и этикетирование сырья, материалов, комплектующих изделий, готовой продукции, а также технической и технологической документации на них. Она должна обеспечить возможность проследить за использованием или местонахождением каждого предмета материально-технического обеспечения с целью выяснения возможных причин нехватки изготовленной продукции или дефектов производства и технологических процессов. Идентификация необходима на всех этапах производства, поставок и монтажа продукции.

Маркировка и этикетирование объектов должны быть четкими, прочными и соответствовать техническим условиям. Все обозначения должны оставаться неизменными с момента получения продукции до ее поставки в пункт назначения. Возможность слежения за всеми перемещениями обеспечивает выявление дефектных партий сырья, изготовленных из них деталей и изделий, в которых были использованы эти детали, с целью их незамедлительного изъятия, при необходимости, из продажи или эксплуатации.

Контроль качества труда исполнителей предполагает установление качества труда конструкторов, технологов, операторов, рабочих.

Показатели качества труда работника устанавливаются ГОСТ 15467-79. В них включаются: процент сдачи результатов труда с первого предъявления, процент выхода пригодной продукции (или процент брака), количество и значимость дефектов в работе, показатели качества результатов труда, в т.ч. показатели качества производимой продукции.

Контроль условий труда заключается в проверке выполнения требований охраны труда и техники безопасности, организации рабочего места, промышленной санитарии и гигиены.

Раздел III
Технология производства деталей и агрегатов автомобилей

12. Заготовки деталей

12.1. Материалы заготовок

Маркировка материалов и их назначение. Основными материалами, используемыми в современном автомобилестроении, являются сплавы на основе железа – стали и чугуны. Кроме них при производстве автомобилей используют сплавы из цветных металлов: алюминиевые, медные, цинковые и магниевые, а также различные неметаллические материалы: стекло, резину, пластмассы и др.

Материалы, из которых изготавливают автомобильные детали, называют *конструкционными*. Наиболее широкое применение из них имеют *стали*. Они классифицируются по химическому составу, способу производства и применению.

По химическому составу различают стали углеродистые и легированные.

Легированная сталь – сплав железа с углеродом, включающий специальные добавки, предназначенные для улучшения механических или химических свойств. В качестве легирующих добавок применяется: хром, никель, кремний, марганец, молибден, вольфрам, бор, медь, азот, ванадий, титан и т.д. Пример легированных сталей: хромистые хромоникелевые, хромокремнистые, хромомарганцево-титановые и т.д.

Стандартом приняты условные обозначения марок сталей в виде двузначных цифр, показывающих среднее содержание углерода в сотых долях процента. Так, например, сталь марки 35 — это сталь, содержащая около 0,35% углерода. У низкоуглеродистых сталей (до марки 20 включительно) после цифр могут идти буквенные обозначения «кп» (кипящая) или «пс» (полуспокойная). Например, 08 кп или 15 пс.

В маркировку легированных сталей входят буквы и цифры. Первые две цифры указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы за цифрами обозначают: С – кремний, Г – марганец, Н – никель, М – молибден, Х – хром, К – кобальт, Т – титан, Ю – алюминий, В – вольфрам, Ф – ванадий, Р – бор и т. д. Цифры после букв показывают среднее содержание легирующего элемента в процентах. Отсутствие цифры свидетельствует

о том, что содержание данного элемента не превышает 1%. Наличие буквы А в конце марки указывает на сталь высокого качества. Например, марка стали 30ХГСА несет в себе следующую информацию: сталь принадлежит к группе хромокремнемарганцевых сталей высокого качества (А), среднее содержание углерода 0,30%, доли хрома (Х), марганца (Г) и кремния (С) — около 1,0–1,2%.

При классификации сталей по способу производства учитывают особенности их изготовления на металлургических заводах и содержание в них вредных примесей.

Различают четыре группы сталей: обыкновенного качества, качественные, высококачественные, особо высококачественные. Стали обыкновенного качества представляют собой углеродистые стали с содержанием до 0,6% углерода. Такие стали в автомобильной промышленности, как правило, не применяются. Основное число используемых сталей относится к категории качественных и высококачественных.

Для качественных сталей колебание содержания углерода в них не более 0,08%, содержание серы и фосфора – 0,035 %. Повышенные требования к химическому составу обеспечиваются благодаря выплавке в конвертерах и основных мартеновских печах.

Для высококачественных сталей диапазоны содержания углерода и вредных примесей еще более сужены. Так, колебания содержания углерода составляют не более 0,07%, содержание серы и фосфора не должно превышать 0,025%. Выплавляются такие стали в электрических или кислых мартеновских печах.

Особо высококачественные стали отличаются тем, что содержание серы и фосфора в них не более 0,015%, а содержание газов значительно ниже. Благодаря этому особо высококачественные стали отличаются повышенной прочностью, ударной вязкостью и твердостью. Получают их в электрических печах с электрошлаковым переплавом или другими методами.

По *применению* различают следующие классы сталей: строительные, машиностроительные общего назначения, машиностроительные специализированные (автоматные, пружинные, подшипниковые, жаропрочные и жаростойкие, криогенные и др.), инструментальные, с особыми физическими или химическими свойствами.

Стали поставляются металлургическими заводами в виде сортового проката, т.е. круглых, квадратных или шестигранных прутков и проволоки в мотках. В общем объеме металла, перерабатываемого в автомобильной

промышленности, доля сортового проката составляет 25% при производстве легковых и 44% при производстве грузовых автомобилей.

Для изготовления кузовных деталей холодной листовой штамповкой используют холоднокатаные кипящие (низкокремнистые) стали, содержащие 0,05–0,11% угле–0,07% алюминия).

Тонколистовые качественные малоуглеродистые стали выпускаются в основном толщиной 0,8 мм в виде листов, полос, лент и рулонов.

Стали для рессор и пружин обеспечивают необходимый комплекс свойств за счет химического состава (содержания углерода и легирующих элементов) и режимов термической обработки. Пружины малого сечения изготавливаются из углеродистых сталей 65, 70, 75, 85. Для деталей повышенной износостойкости (например, рессор, пружин буксирного приспособления, торсионы) применяют стали, легированные марганцем (0,7–1,2%), например, 60Г, 65Г и 70Г или содержащие кремний (1,5–2,0%). Кремнистые стали 50С2, 55С2, 60С2А, а также стали 50ГС и 60С2Г используют для изготовления рессор, пружин задней и передней подвесок, рычагов привода регулятора давления задних тормозов и т. п. Сортамент этих сталей – калиброванные прутки, проволока, листы и полосы.

Из литейных углеродистых сталей изготавливают ступицы колес, чашки дифференциалов, рычаги, вилки переключения передач, диски тормозные, муфты, кулачки, храповики, маховики, балансиры и др. При этом детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок, изготавливают из сталей 15Л, 20Л, 25Л. Ответственные детали, работающие в условиях изнашивания, повышенных статических и динамических нагрузок, изготавливают из сталей, содержащих большее количество углерода, – 45Л, 50Л.

Чугуны – сплавы железа с углеродом (более 2% углерода, обычно от 3,0 до 4,5%), в них имеются также марганец (до 1,5%), кремний (до 4,5%), сера (не более 0,08%), фосфор (до 1,8%) и некоторые другие элементы. Углерод в чугуне может находиться в твердом растворе, в составе карбида железа и в свободном состоянии в виде графита.

По химическому составу чугуны подразделяются на нелегированные и легированные. В первой группе содержание хрома, никеля и меди не превышает 0,1%. Суммарное содержание легирующих элементов в чугунах второй группы 3–4% для низколегированных, до 10% – для среднелегированных и более 10% – для высоколегированных.

Классификация чугунов и их маркировка базируются на характере микроструктуры и технологии получения: серый, ковкий, высокопрочный и вермикуляркый (чугун с вермикулярным графитом) чугуны.

Серый чугун обладает хорошими литейными свойствами, что позволяет получать сложные отливки с тонкими стенками. Отливки из него хорошо обрабатываются резанием. Стандарт предусматривает восемь марок серых чугунов: от СЧ10 до СЧ35. Цифры в марке серого чугуна соответствуют величине временного сопротивления деформации в килограммах на квадратный миллиметр при испытаниях на растяжение.

Из серых чугунов изготавливают блоки и гильзы цилиндров двигателей (СЧ20, СЧ25), диски и барабаны тормозных механизмов, нажимные диски сцепления, маховики (СЧ20, СЧ25), выпускные коллекторы (СЧ15, СЧ20) и др.

Ковкий чугун обладает достаточной прочностью и пластичностью из-за наличия в его структуре графита в хлопьевидной форме. Благодаря пониженному по сравнению с серыми чугунами содержанию кремния они лучше обрабатываются резанием. Марка ковкого чугуна содержит информацию о средней величине временного сопротивления в килограммах на квадратный миллиметр и относительном удлинении в процентах. Ферритные чугуны марок КЧ3О-6 и КЧ33-8 используются для изготовления шкивов, крышек и кронштейнов, а также деталей электрооборудования автомобилей. Чугуны марок КЧ35-10 и КЧ37-12 применяются для нагруженных деталей, таких, как картеры, кронштейны, крышки коренных подшипников, чашки дифференциала. Из перлитных чугунов КЧ60-3 и КЧ70-2 изготавливают шатуны, коленчатые и распределительные валы, поршни.

Чугун с вермикулярным графитом содержит 80–90% графита в виде лепестков, однако в отличие от пластинчатого графита отношение длины лепестка к его толщине не превышает 2–10, форма кромок графитных включений более округлая. Применяется для изготовления массивных отливок сложной конфигурации – картеров (массой до 40 кг), корпусов дифференциала (до 22 кг), тормозных колодок.

Высокопрочный чугун (чугун с шаровидным графитом) отличается значительной пластичностью и вязкостью, которые обусловлены шаровидной формой включений графита. Одновременно он имеет повышенную прочность, поэтому в его условное обозначение входят буквы «ВЧ». Он может использоваться взамен литой и кованой стали, серого и ковкого чугунов (картеры, кронштейны, коленчатые и распределительные валы).

Литейные цветные сплавы. Для изготовления заготовок применяются в основном алюминиевые, медные, магниевые и цинковые сплавы.

Алюминиевые сплавы отличаются высокой жидкотекучестью, малой склонностью к образованию горячих трещин, небольшой литейной усадкой, хорошей герметичностью и достаточно высокими механическими свойствами. Заготовки деталей из алюминиевых сплавов изготавливаются литьем в песчано-глинистые или в металлические формы (кокиль).

Литейные латуни содержат до 81% меди, от 0,5 до 7,0% алюминия, от 0,5 до 4,0% железа, от 0,6 до 4,0% марганца, 2,5–4,5% кремния, до 2,5% олова и 4,0% свинца. Остальное приходится на долю цинка. В латунях имеются также незначительные количества примесей сурьмы, фосфора и некоторых других элементов.

Из латуни литьем в песчано-глинистые формы и в кокиль изготавливают такие детали, как пробки и заглушки.

Оловянистые бронзы представляют собой сплав мели с оловом (до 6%) с присадками фосфора, цинка (до 15%), свинца (до 20%), никеля и других компонентов.

Оловянистые литейные бронзы марок БрОЦС и БрОЦСН применяются для изготовления деталей трубопроводной арматуры, втулок шкворней и шатунов, упорных шайб и т.д.; алюминиевые и свинцовистые бронзы – для изготовления подшипников и различных втулок.

Магниевые и цинковые сплавы вызывают повышенный интерес в связи с уменьшением массы автомобилей путем замены ряда чугунных и стальных отливок более легкими. Магний – самый легкий из металлов, применяемых в автомобильной промышленности. В состав магниевых сплавов входят: алюминий (от 2,5 до 10,0%), марганец (от 0,10 до 2,0%), цинк (от 0,1 до 6,5%), а также цирконий, кадмий и разнообразные примеси.

Одним из основных преимуществ цинковых сплавов является их высокая жидкотекучесть, позволяющая получать качественные тонкостенные отливки литьем под давлением. Цинковые литейные сплавы, кроме цинка, обычно содержат магний (до 0,1%), медь (до 5%) и алюминий (до12%), а также небольшие количества железа, свинца, олова, кадмия в виде примесей. Современные цинковые сплавы прочнее, чем большинство алюминиевых, имеют высокую износостойкость, сравнимую с износостойкостью бронзы, отличаются хорошей демпфирующей способностью и коррозионной стойкостью.

Композиционные материалы. В настоящее время композиционные материалы широко используются во многих отраслях. Композиционными

называются материалы, состоящие из двух и более разнородных по химическому составу и структуре компонентов, целенаправленно распределенных в объеме детали. Наиболее распространенными материалами являются гетинакс, текстолит, стеклотекстолит. В автомобилестроении применяются прессуемые и спекаемые порошковые материалы. Все композиционные материалы состоят из матрицы и наполнителя. Матрицей называют компонент, служащий связующим материалом. Она обеспечивает форму деталей и определяет механическую прочность материала. В матрицу включаются различные компоненты для обеспечения необходимых свойств, как правило, для упрочнения материала.

Матрица бывает металлической или неметаллической. В качестве металлической матрицы используют алюминий, магний, медь, железо, никель, кобальт, титан. Неметаллическая матрица — полимерные, углеродные и керамические материалы. Из полимерных компонентов наиболее распространены эпоксидные, фенолоформальдегидные и полиамидные смолы.

В качестве наполнителей используют металлы, технический углерод, силикаты, кварц, стекло, полимеры, нитевидные кристаллы и др. Наполнитель может быть порошковым, волокнистым, пластинчатым.

Основное назначение матрицы – связывать частицы наполнителя, воспринимать и распределять нагрузки на наполнитель. Поэтому материал матрицы должен быть пластичным и обладать высокой прочностью контактного взаимодействия с поверхностью наполнителя. В качестве наполнителя, как правило, используют более прочное вещество.

Материалы для подшипников. Эти материалы должны иметь низкий коэффициент трения, хорошую прирабатываемость, обладать высокой задиростойкостью, износостойкостью, высоким сопротивлением усталостному разрушению и коррозии.

Необходимый комплекс свойств вкладышей подшипников обеспечивается специфической гетерогенной микроструктурой используемых сплавов, которая представляет собой сочетание мягких и твердых участков. Различают два типа гетерогенной структуры: с мягкой основой и твердыми включениями, с твердой основой и мягкими включениями.

Для подшипников скольжения используют различные материалы: баббиты — сплавы на оловянной и свинцовой основе с добавками сурьмы, меди и других элементов; оловянистые и свинцовистые бронзы; сплавы на цинковой и алюминиевой основе (ЦАМ), антифрикционные чугуны. Также применяют различные композиционные материалы: многослойные (из двух, трех

и более слоев), порошковые материалы на медной и железной основе, термореактивные пластмассы (текстолит и др.), термопластичные пластмассы (капрон, амид, фторопласт).

Широко известны алюминиевые подшипниковые сплавы. В их составе основными компонентами являются Sn, Cu, Ni и Si. Антифрикционные свойства пропорционально зависят от содержания в них Sn.

Большое распространение получили многослойные подшипники скольжения. Основой вкладышей таких подшипников является стальная лента, которая обеспечивает прочность и жесткость вкладыша. Рабочий слой, обеспечивающий высокие антифрикционные свойства, изготавливают из разных материалов: олова, свинцово-оловянного сплава, бронзы и др. В ряде случаев для повышения эксплуатационных свойств применяют вкладыши с большим числом слоев. В автостроении используют трех- и четырехслойные вкладыши подшипников.

Резиновые материалы. Для изготовления резинотехнических изделий применяют резиновые материалы, представляющие собой пластические массы, в которых связующими являются высокопластичные полимеры – атуральные или синтетические каучуки.

При комнатной и особенно при повышенной температуре каучук проявляет ползучесть, что не позволяет изготавливать детали непосредственно из него, однако после специальной обработки (вулканизации) это становится возможным. При вулканизации в каучук вводятся специальные вещества (сера, оксиды цинка или магния, пероксиды, нитросоединения), которые образуют поперечные химические связи между макромолекулами каучука. В связи с тем, что основным вулканизатором является сера, резину определяют еще как продукт вулканизации смеси каучука и серы с различными добавками. Кроме вулканизаторов в состав резины входят: наполнители, пластификаторы, противостарители и красители.

Определяющая роль в основных свойствах резины принадлежит каучукам. Натуральный каучук получают из сока каучуковых деревьев – латекса, в котором содержится 30–37% каучука. Синтетический каучук получают из спирта, природного газа, нефти, попутных газов нефтедобычи и т. д.

Различают следующие классы резиновых деталей: уплотнительные; вибро- и звукоизолирующие, противоударные, защитные; опоры скольжения (подпятники и др.); трубы, гибкие компенсационные проставки (патрубки, муфты); противоизносные и фрикционные детали; декоративные (полосы, шнуры); шины.

Перспективы применения новых материалов. Применение новых материалов связано прежде всего со снижением доли стальных и чугунных деталей, отличающихся высокой плотностью и повышающих массу автомобиля. Больше половины всего объема в производстве современного легкового автомобиля составляют детали из чугуна и стали (55*%),* около 9% – из алюминиевых сплавов. Пластмассовые детали составляют 11%, резина и стекло – 7,5 и 3,0% соответственно. Доля магниевых, цинковых, медных и титановых сплавов мала и в совокупности не превышает 1%. Прочие материалы (фрикционные материалы, уплотнительные прокладки, лаки, краски, электрические провода, обивочные материалы и т. п.) составляют 13,5%.

Стремление к снижению массы автомобиля связано с возможностью повысить грузоподъемность транспортного средства, сократить расход топлива и вредные выбросы в окружающую среду. В этом смысле наиболее перспективными материалами, способствующими существенному уменьшению массы, являются алюминиевые сплавы. Использование их в грузовых автомобилях позволяет увеличить грузоподъемность на 0,7–2,0 т, а замена стали и чугуна алюминиевыми сплавами позволяет снизить общую массу тягача с прицепом на 3 т.

Широкое применение алюминиевых сплавов для изготовления не только деталей кузова и двигателя легкового автомобиля, но и деталей шасси позволяет уменьшить его массу на 40%, в т.ч. и за счет так называемого вторичного уменьшения, например, применение менее мощного и более легкого двигателя из-за использования легких материалов, установка топливного бака меньшей вместимости за счет уменьшения расхода топлива, использование пружин, амортизаторов и тормозных устройств меньших размеров и т. п.

12.2. Требования к заготовкам

В разработке технологического процесса изготовления детали выбор метода получения ее заготовки является важным этапом.

Основные требования к заготовкам следующие:

1) форма и размеры заготовки должны в максимальной степени приближаться к параметрам готовой детали;

2) физико-механические свойства материала заготовки не должны вызывать затруднений при механической обработке;

3) материал заготовки должен иметь свойства, обеспечивающие требуемые эксплуатационные качества детали;

4) толщина дефектного слоя заготовки и объем снимаемого при обработке металла должны быть минимальными, однако припуски должны быть достаточными для последующей обработки;

5) поверхности, принимаемые за черновые базы, должны быть по возможности гладкими.

12.3. Основные способы получения заготовок

Способ изготовления заготовки определяется назначением и конструкцией детали, условиями ее работы, материалом, точностью обработки, объемами выпуска изделий и экономической целесообразностью, а также производственной возможностью заготовительных цехов.

Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения, определить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать их допуски.

Изготовление заготовок литьем. Литьем преимущественно изготавливают корпусные детали (головки, блоки, картеры различных агрегатов), гильзы цилиндров, ступицы колес, коленчатые и распределительные валы. Литье заготовок из черных и цветных металлов осуществляется различными способами (таблица 12.1).

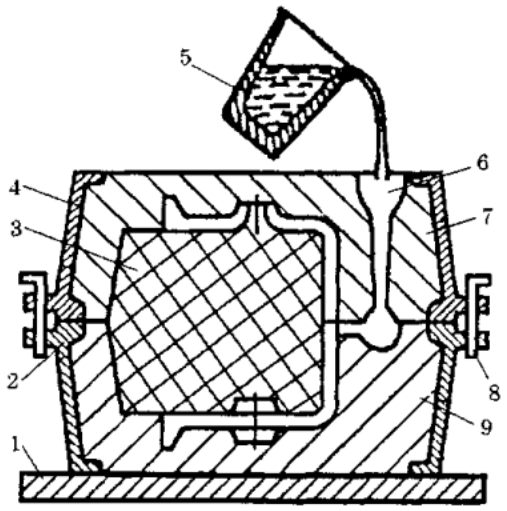
Литьем в песчано-глинистые формы с ручной или машинной формовкой по металлическим или *деревянным моделям* отливают заготовки из серого и ковкого чугуна, стали, цветных металлов и сплавов. Формы для заливки жидким металлом получают в специальной формовочной смеси с помощью моделей будущих отливок и элементов литниковой системы (рисунок 12.1).

Основными компонентами формовочных и стержневых смесей являются кварцевый или циркониевый песок, глина, 1,5–3,0% дополнительных связующих (сульфитно-спиртовая барда, битум, канифоль, жидкое стекло, термореактивные смолы). После засыпки формовочной смеси в верхнюю и нижнюю опоки и ее уплотнения модель извлекают из формы, устанавливают литейные стержни, собирают форму и заливают ее металлом.

Этот способ литья при невысокой точности размеров и формы заготовки позволяет получать детали сложной формы при относительно низкой стоимости.

Таблица 12.1. – Характеристика основных методов получения заготовок литьем

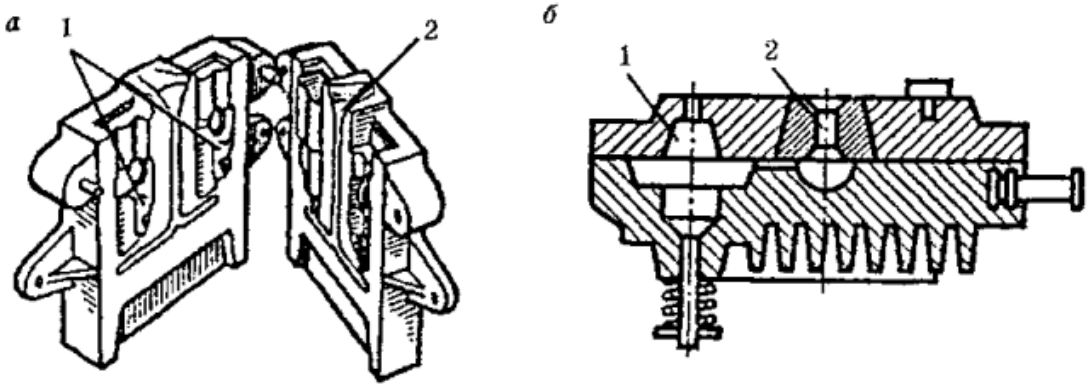
Метод получения	Максимальная масса заготовки, т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность выполнения, квалитет	Шероховатость *Ra*, мкм	Материал	Тип производства
	Разовые формы					
Литье в песчано-глинистые формы: машинная формовка по деревянным моделям	до 10	чугун 3–5, сталь 5–8, цветные сплавы 3–8	16–17	20–5	чугун, сталь, специальные сплавы	серийное
машинная формовка по металлическим моделям	3–5	то же	14–16	20–5	то же	крупносерийное
Литье по моделям (выплавляемьм, выжигаемым, растворяемым, замораживаемым)	до 0,15	0,5	11–12	10–25	труднообрабатываемые сплавы	серийное
Литье в оболочковые формы (песчано-смоляные, химически твердеющие)	до 0,15	сталь 3–5, алюминий 1,0–1,5	13–14	40–10	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
	Многократные формы					
Центробежное литье	0,01–1	5–6	12–14	40–10	чугун, сталь, цветные сплавы	крупносерийное и массовое
Литье под давлением	до 0,01	0,5	8–12	5,00–0,63	цветные сплавы	крупносерийное и массовое
Литье без давления	7 (чугун), 4 (сталь), 0,5 (цветные сплавы)	15 (чугун), 10 (сталь)	12–15	20–15	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое



1 – плита; 2, 4 – нижняя и верхняя опоки; 3 – стержень; 5 – заливочный ковш;
6 – литниковая система; 7, 9 – верхняя и нижняя полуформы;
8 – скобы для скрепления опок

Рисунок 12.1. – Заливка металла в песчано-глинистую форму

Литье в многократные металлические разъемные формы (кокили) (рисунок 12.2) осуществляют заливкой металла в форму, на рабочую поверхность которой наносят пульверизатором разделительный слой (огнеупорную краску), а затем кокиль подогревают до температуры 200–400 °С. Способ эффективен при литье заготовок сложной конфигурации из цветных сплавов. Чугун и сталь из-за высокой температуры их плавления вызывают интенсивное разрушение поверхностей кокиля. Производительность способа в 2–3 раза выше по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы.



1 – гнездо для заливки металла; 2 – литниковая система

Рисунок 12.2. – Кокили с вертикальным (*а*)
и горизонтальным (*б*) разъемами

При *центробежном литье* металл заливают во вращающуюся форму. Отливка формируется под действием центробежных сил, возникающих при вращении формы до полного затвердевания металла.

Центробежным литьем получают заготовки типа тел вращения с внутренними цилиндрическими поверхностями (гильзы цилиндров, втулки). Способ позволяет снизить расход металла из-за меньшей материалоемкости литниковых систем (до 40%), а также трудоемкость и себестоимость последующей обработки резанием. Возможно получение комбинированных заготовок из разных материалов.

Литье под давлением – наиболее производительный способ получения литых заготовок, при котором жидкий металл подается в пресс-форму под давлением до 100 МПа (рисунок 12.3).

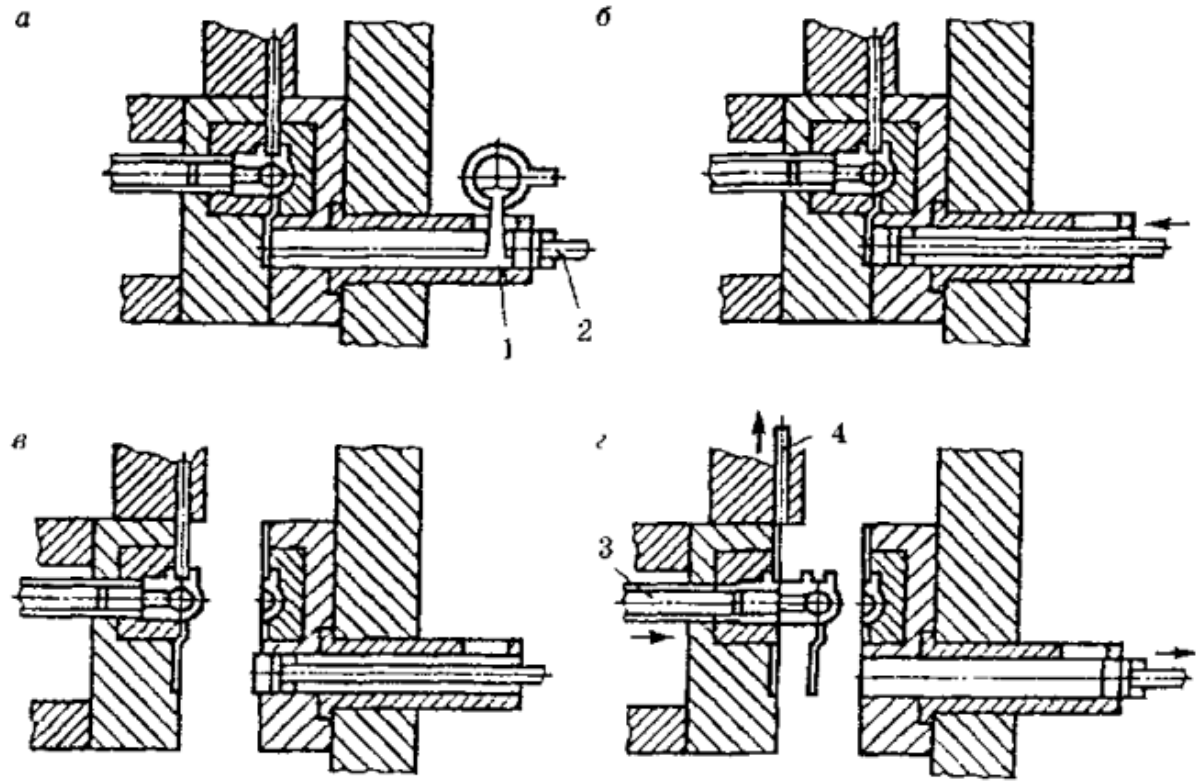


Рисунок 12.3. – Схема литья под давлением

В полость пресс-формы выдвигают стержень – знак, а в прессовальную камеру *1* заливают расплавленный металл (см. рисунок 12.3, *а*), который под действием поршня *2* заполняет полость металлической пресс-формы (см. рисунок 12.3, *б*). После затвердевания металла извлекают стержень — знак *4* и раскрывают пресс-форму (см. рисунок 12.3, *в*), из которой выталкивателем *3* удаляют отливку (см. рисунок 12.3, *г*).

Литье под давлением применяют для изготовления заготовок из цветных сплавов со сложными тонкими стенками (блоков и головок цилиндров легковых автомобилей, корпусов масляных насосов и др.). Прочность деталей, полученных литьем под давлением, на 20–30% выше, чем в песчано-глинистые формы. Заготовки имеют незначительные припуски на механическую обработку, а производительность составляет 50–400 заготовок в час.

При литье в *оболочковые формы* последние изготавливают из песчано-смоляной смеси, состоящей из 90–95% кварцевого песка и 5–10% термореактивной фенолоформальдегидной смолы. При размещении металлической полумодели, подогретой до 150–200 °С, в формовочную смесь образуется корка (оболочка) толщиной 5–15 мм. Для отверждения корки модель помещают в печь при температуре 300–350 °С. Затем модель извлекают и получают две полуформы, при соединении которых образуется оболочковая форма. Форму изготавливают из двух или более частей.

На рисунке 12.4 приведен один из вариантов технологического процесса изготовления оболочковой формы.

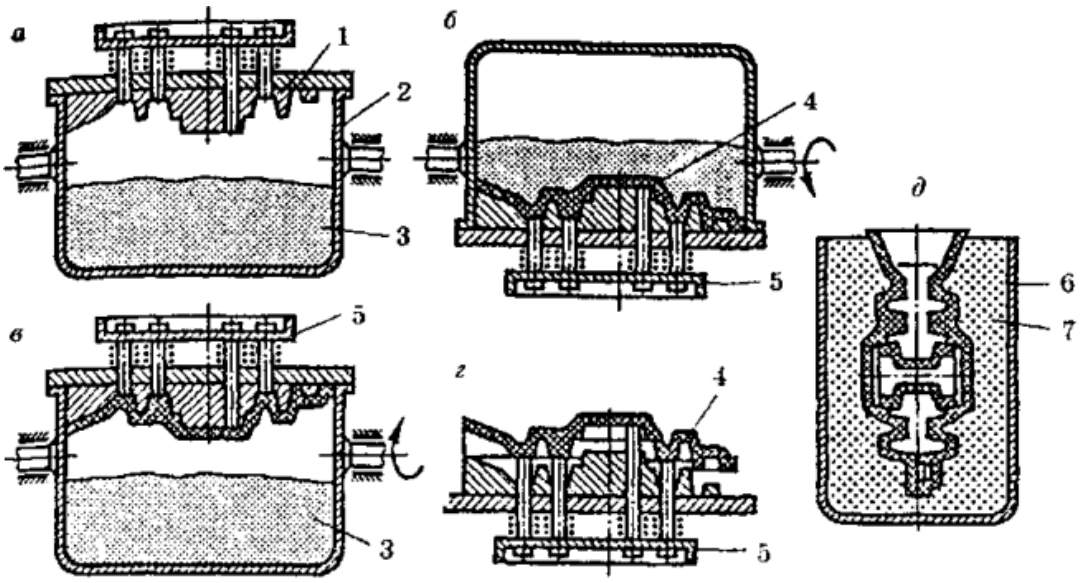


Рисунок 12.4. – Технология изготовления оболочковой формы

Нагретая модель *1* (см. рисунок 12.4, а) помещается в бункер *2*, в котором находится формовочная смесь *3*. После поворота модели с бункером на 180° формовочная смесь насыпается на нее и выдерживается на нагретой модели до образования оболочки (см. рисунок 12.4, *б*). Затем модель с бункером возвращают в исходное положение (см. рисунок 12.4, *в),* а полученная оболочка прокаливается в печи.

Образованная таким образом твердая оболочка *4* снимается с модели выталкивателем *5* (см. рисунок 12.4, *г).* Заливка металла осуществляется в форму, составленную из двух оболочек, при расположении формы как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. В последнем случае для предохранения формы от преждевременного разрушения ее помещают в опоку *6* и засыпают чугунной дробью *7* (см. рисунок 12.4, *д).* Выбивка отливок из формы происходит на специальных вибрационных установках.

Стоимость литья в оболочковые формы в 2 раза выше по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы, но объем последующей обработки резанием на 30–50% меньше, а расход формовочных материалов в 10 раз ниже. Процесс литья в оболочковые формы легко автоматизируется, что значительно улучшает условия труда. Способ применяется для получения отливок сложных деталей (чугунных коленчатых и распределительных валов двигателей).

Литье по выплавляемым моделям (рисунок 12.5).

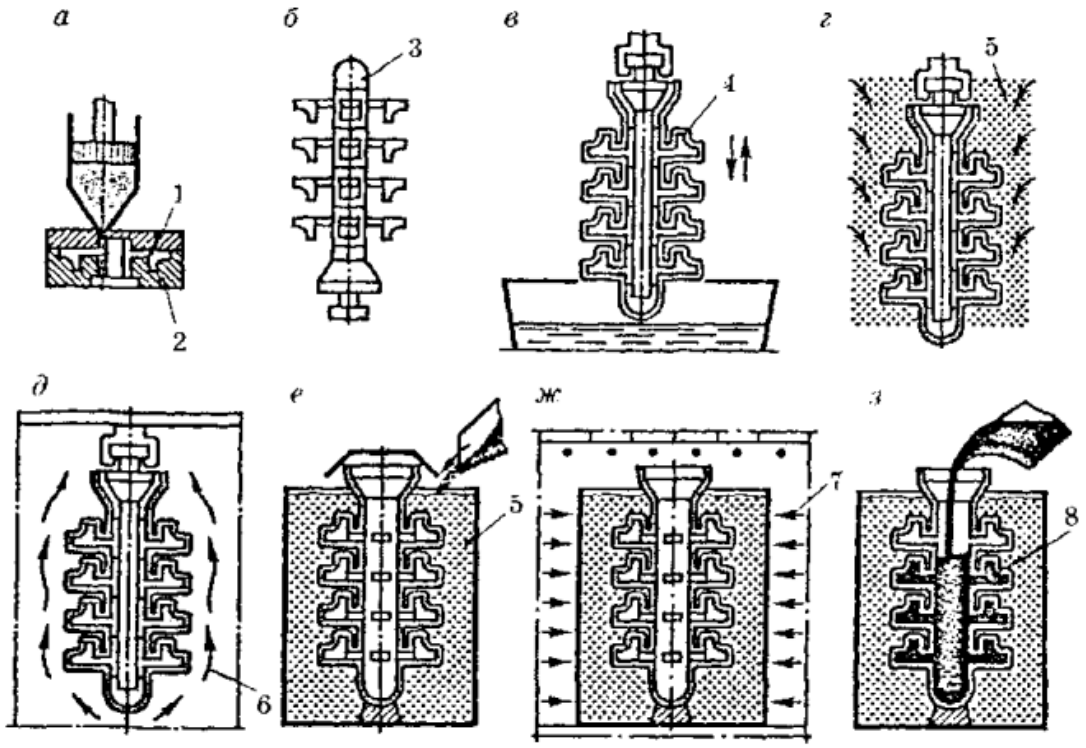


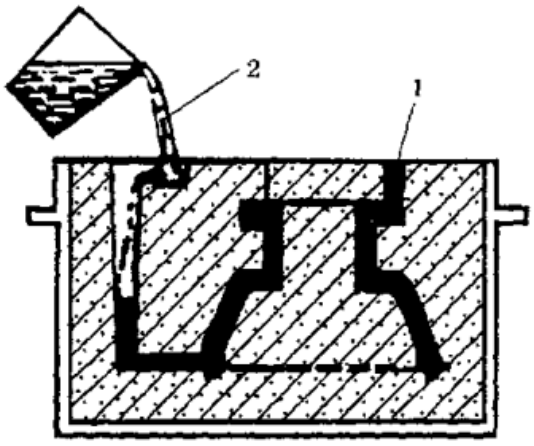
Рисунок 12.5. – Технология литья по выплавляемым моделям

Формовочная смесь из легкоплавких материалов *1* (температура плавления 50–70 °С), состоящая из воска, стеарина, а также других материалов (парафин, синтетический церезин, буроугольный воск), подается под давлением в пресс-форму *2* (см. рисунок 12.5, *а*). После затвердевания состава

полученную модель извлекают из пресс-формы и собирают в блоки *3* (см. рисунок 12.5, *б).* Блок моделей покрывают жаропрочным слоем *4* при многократном окунании в специальную смесь, состоящую из маршаллита и связующего состава (жидкого стекла или этилсиликата) (см. рисунок 12.5, *в).* После этого блок моделей обсыпают в несколько слоев мелким кварцевым песком *5* (см. рисунок 12.5, *г)* и просушивают на воздухе или в парах аммиака *6* (см. рисунок 12.5, *д).* Затем выплавляют состав из полученной оболочковой формы и производят ее формовку в опоке путем засыпки кварцевым песком *5* (см. рисунок 12.5, *е*) с последующим прокаливанием в печи *7* при температуре 850–950 °С (см. рисунок 12.5, *ж).* Готовую форму *8* заливают жидким металлом (см. рисунок 12.5, з). После охлаждения отливки извлекают из формы, очищают и отделяют от литниковой системы.

Описанный способ позволяет получать заготовки из высоколегированных сталей и труднообрабатываемых сплавов сложной формы с высокой точностью (11-й, 12-й квалитеты) и шероховатостью поверхности *Ra* = 10,0–2,5 мкм (шлицевые валы, зубчатые колеса, крыльчатки насосов и др.).

Способ литья по *газифицируемым моделям* (рисунок 12.6) принципиально отличается от известных технологических процессов производства отливок тем, что модель не извлекается из формы при ее изготовлении, а образует единое целое с формовочной смесью. При заливке формы металлом он замещает модель, выжигая ее и образуя отливку, которая полностью соответствует конфигурации исходной модели.



1 – полистироловая модель; 2 – расплавленный металл

Рисунок 12.6. – Литье по газифицируемым моделям

Изготовление заготовок *пластическим деформированием* металла. В автомобильной промышленности применяются различные способы получения заготовок методом пластического деформирования металла (таблица 12.2).

Свободная ковка осуществляется с подогревом углеродистых сталей до температуры 1100–1250 °С. Полученные заготовки имеют большие припуски на обработку резанием, точность их низкая, а дефектный слой весьма значительный.

Таблица 12.2. – Характеристика способов получения заготовок пластическим деформированием металла

Способы пластического деформирования	Точность, квалитет	Шероховатость поверхности *Ra*, мкм
Свободная ковка	17 и ниже	До 80
Ковка с подкладными штампами	14 – 17	80
Штамповка на молотах и прессах	13 – 14 (безоблойная 9 – 11)	80 – 20
Объемная штамповка на горизонтально-ковочных машинах	13 – 14	80 – 20
Вальцовка на ковочных вальцах	14 – 15	80 – 20
Холодная высадка на автоматах	10 – 12	5,0 – 1,25
Поперечно-винтовая прокатка	14 – 15	40 – 10
Радиальное обжатие на ротационно-ковочных машинах	10 – 11	До 0,4
Штамповка выдавливанием	9 – 11	80 – 20

Заготовка, выполненная свободной ковкой, может быть улучшена по форме и размерам путем обжатия ее на подкладном штампе. Применение подкладных штампов целесообразно при размере партии 50–200 заготовок.

Горячая объемная штамповка осуществляется на молотах или штамповочных прессах с открытыми и закрытыми штампами при подогреве металла до температуры пластического деформирования. Однако штамповка на молотах нерациональна, так как окончательная форма заготовок получается за несколько ударов, что вызывает смещение верхнего штампа относительно нижнего и увеличение припуска на обработку резанием.

Наибольшее распространение в автомобильной промышленности получила объемная штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах. Штамповка на них требует точного расчета объема металла, необходимого для изготовления отдельных заготовок.

Горячая штамповка широко применяется для изготовления заготовок стальных коленчатых и распределительных валов, поворотных цапф, зубчатых колес коробок передач и задних мостов, крестовин карданного вала и дифференциала, шатунов и других деталей.

При *штамповке на горизонтально-ковочных машинах* (рисунок 12.7) конструктивные формы заготовок должны допускать разделение штампов на три части с двумя перпендикулярными плоскостями разъема *X–X и Y–Y*.

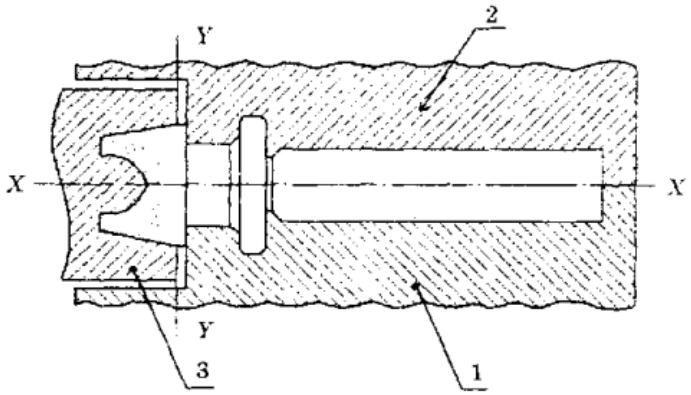


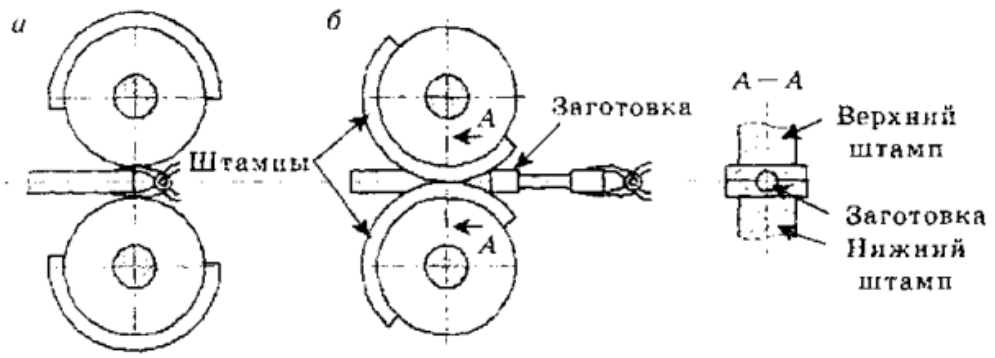
Рисунок 12.7. – Схема штамповки на горизонтально-ковочной машине

Материал подается на расчетную длину, после чего подвижная часть матрицы *2* смыкается с ее неподвижной частью *1.* Затем пуансон *3*, перемещаясь в горизонтальной плоскости, ударяет по выступающей части заготовки до заполнения матрицы металлом по всему контуру.

Способ является высокопроизводительным при изготовлении заготовок, имеющих форму тел вращения. Стойкость штампов составляет 10–20 тыс. заготовок.

При *вальцовке на ковочных вальцах* деформирование заготовки происходит во вращающихся секторах – штампах, расположенных на валиках (рисунок 12.8, *а*). Валики вращаются синхронно и при замыкании образуют профиль заготовки (рисунок 12.8, *б*). Вальцовка применяется для предварительного или окончательного обжатия заготовок из прутка или полосы (шатуны, ключи, вилки, рычаги).

Вальцовка длится 4–5 с, поэтому после нее можно выполнять последующую штамповку без дополнительного подогрева. Такое сочетание вальцовки и штамповки повышает производительность, снижает расход металла на 10–15% и обеспечивает более благоприятное расположение волокон металла, чем при штамповке на молотах и прессах.



а – исходное положение; *б* – процесс вальцовки

Рисунок 12.8. – Схема вальцовки на ковочных вальцах

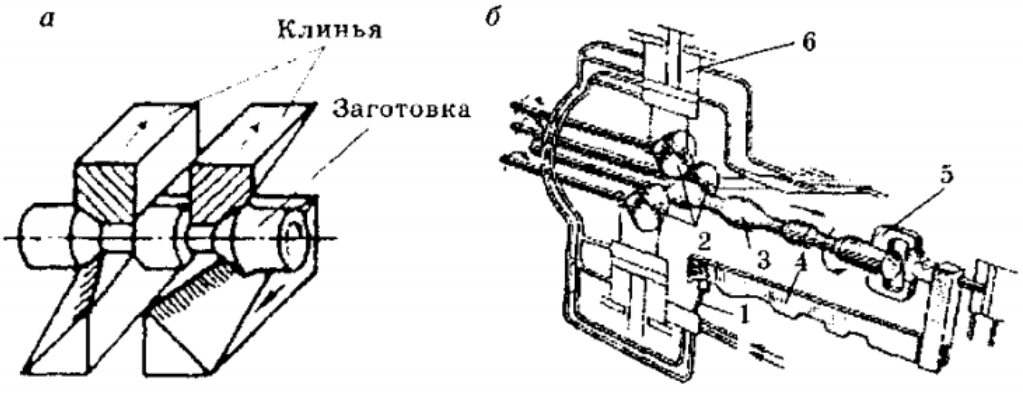
Холодная объемная штамповка (высадка) применяется для получения заготовок крепежных деталей и других мелких деталей (толкателей, клапанов) на специальных холодновысадочных прессах-автоматах (производительность до 400 шт./мин).

Широкое распространение получила электровысадка, обеспечивающая 11-й, 12-й квалитеты точности, экономию (в 2 раза) металла и меньшую (в 5 раз) трудоемкость по сравнению с механической обработкой.

Холодная листовая штамповка состоит из формоизменяющих операций, посредством которых плоская заготовка превращается в пространственную деталь заданной формы и размеров (гибка, отбортовка, вытяжка). Область применения – изготовление деталей кузова, дисков колес, поддонов картеров, колпаков воздухоочистителей, крышек и др. Пробивкой отверстий и вырубкой по замкнутому контуру изготавливают плоские детали типа шайб, рычагов, крышек, прокладок. Исходным материалом служат малоуглеродистая сталь, алюминиевые и магниевые сплавы, неметаллические материалы (кожа, картон, резина).

Поперечно-клиновая прокатка (рисунок 12.9, *а)* перераспределяет металл вдоль оси заготовки с помощью инструмента в виде клиньев, вытянутых вдоль плоских плашек. Клинья имеют наклонные боковые поверхности, поэтому при поступательном перемещении они постепенно врезаются в материал заготовки, делают ее тоньше, растягивают в обе стороны вдоль оси. Части металла, находящиеся между клиньями, остаются недеформированными. В результате заготовка приобретает вытянутую форму с несколькими утолщениями.

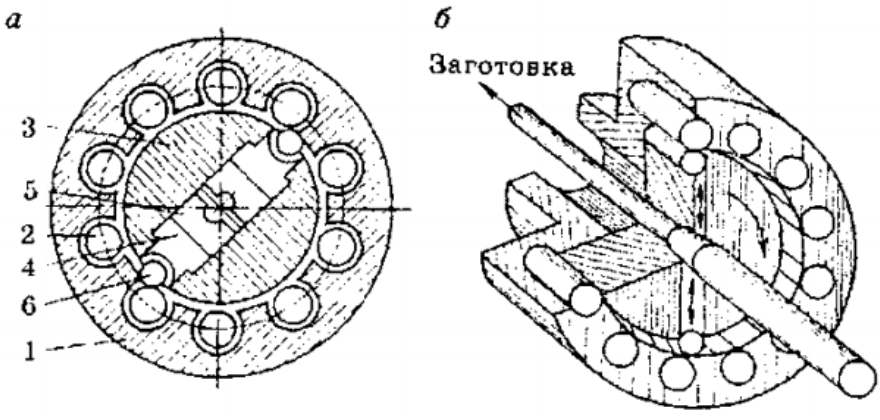
При *поперечно-винтовой прокатке* форма заготовке придается тремя периодически сходящимися и расходящимися валками, при этом заготовка и валки вращаются в одну и ту же сторону (рисунок 12.9, *б).*



1 – щуп; 2 – валки; 3 – заготовка; 4 – копир; 5 – зажим;
6 – гидроцилиндр

Рисунок 12.9. – Поперечно-клиновая (*а*)
и поперечно-винтовая прокатка (*б*)

Схема *радиального обжатия заготовки на ротационно-ковочных машинах* приведена на рисунке 12.10. В головке шпинделя *3* ротационной машины имеется паз, в котором размещены два ползуна *4*, свободно перемещающиеся в радиальном направлении (рис. 12.10, *а*). На внутренних торцах ползунов установлен штамп *5*, а на внешних торцах — упорные ролики *в*. В пазах обоймы *1* свободно расположены ролики *2*. При вращении шпинделя (или обоймы) ролики 6, набегая на ролики *2*, будут перемещать ползуны к оси головки на смыкание штампа *5*. Удары половинами штампа по поверхности заготовки происходят с интервалом 0,7 с.



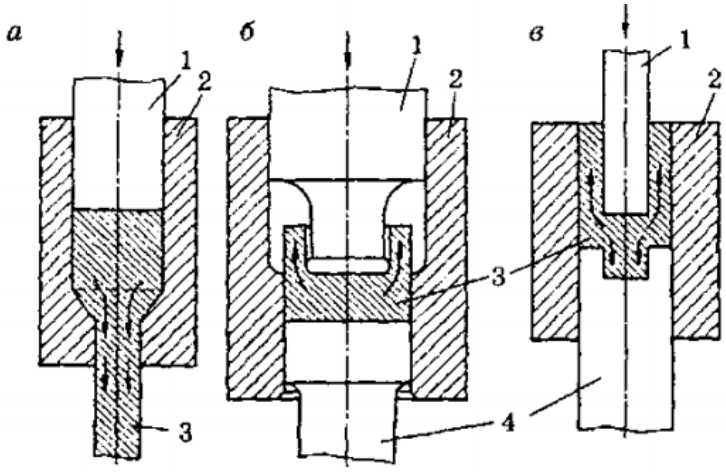
а – поперечное сечение головки; *б* – схема получения заготовки

Рисунок 12.10. – Радиальное обжатие
на ротационно-ковочных машинах

Способ применяется для изготовления точных заготовок из прутка или трубы (ступенчатые валики, оси и другие детали) с предварительным подогревом или в холодном состоянии, обеспечивает получение заготовок с высокой точностью и высоким коэффициентом использования металла (0,85–0,95).

При *штамповке холодным выдавливанием* металл течет в отверстие матрицы или в зазор между пуансоном и матрицей, в результате чего обеспечивается получение заготовок сложной формы из цветных металлов, сплавав или мягкой стали.

Существуют три вида холодного выдавливания: прямое, обратное и комбинированное (рисунок. 12.11).



а – прямое; *б* – обратное; *в* – комбинированное;
1 – подвижный пуансон; 2 – матрица; 3 – заготовка; 4 – неподвижный пуансон

Рисунок 12.11. – Схемы холодного выдавливания

При получении заготовок холодным выдавливанием обеспечиваются незначительные припуски на обработку, а коэффициент использования металла составляет 0,90–0,98.

Другие способы получения заготовок. *Сортовой металл (прокат)* применяют при изготовлении гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней, крепежных и фасонных деталей.

Исходными материалами служат горячекатаные и холоднотянутые прутки, полоса, лист, труба, проволока, специальный прокат из стали, цветных металлов и их сплавов. При получении заготовок из стального калиброванного прутка 7–9-го квалитетов точности не требуется механическая обработка по наружному диаметру (или только финишная обработка). Заготовки из проката

сокращают расход металла, а механическая обработка ограничивается лишь сверлением отверстий, снятием фасок и другими нетрудоемкими операциями.

Синтетические материалы (текстолит, капрон, волокнит и др.) используют для изготовления заготовок сложной формы с точными размерами и высоким качеством поверхностей. Прессованием из текстолита изготавливают зубчатые колеса распределительных валов, или литьем под давлением из капрона – подшипники скольжения, втулки, шайбы; из волокнита – подшипники скольжения, крыльчатки водяных насосов. Благодаря разнообразию способов получения детали из пластмасс можно изготавливать комбинированными (на металлическом основании).

Замена металлов синтетическими материалами в условиях крупносерийного и массового производства снижает себестоимость деталей из черных металлов в 1,5–3,5 раза, а из цветных металлов и сплавов в 5–10 раз.

Суть *метода порошковой металлургии* заключается в прессовании смеси порошков (железомедных, медно-графитовых и др.) под давлением 100–600 МПа и последующем их спекании при температуре ниже точки плавления основного компонента. Точность полученных заготовок соответствует 12-му, 13-му квалитетам, расход материалов значительно сокращается (требуется лишь финишная обработка). Данный метод дает возможность изготавливать заготовки с заданными физико-механическими свойствами из металлов и сплавов, из сочетаний металлов и неметаллов (медь – графит; железо – пластмасса), получать пористые детали.

Материалами для получения заготовок служат порошки алюминия, бронзы, конструкционной, легированной, быстрорежущей, коррозионностойкой сталей и твердых сплавов.

Для деталей, работающих в условиях трения, заготовки рекомендуется изготавливать с пористостью 8–10% с последующей пропиткой маслом.

12.4. Экономическое обоснование выбора заготовок

Основными показателями, характеризующими экономичность выбранного метода изготовления заготовки, являются коэффициенты использования металла η_M и съема металла K_c:

$$\eta_м = \frac{q_д}{Q_{заг}}; K_c = \frac{Q_{заг} - q_д}{Q_{заг}} = 1 - \eta_м, \qquad (12.1)$$

где $q_Д$ – масса детали, кг; $Q_{заг}$ – масса заготовки, кг.

Коэффициент η_M при литье в песчано-глинистые формы чугунных корпусных деталей составляет 0,8–0,9, гильз и втулок – 0,5–0,6, при штамповке рычагов и вилок – 0,80–0,95, гладких валов и зубчатых колес – 0,35–0,55.

Способ получения заготовки оказывает влияние на технологический процесс обработки детали и ее технологическую себестоимость.

Выбор заготовки осуществляется по результатам расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. При равной технологической себестоимости предпочтительным является вариант получения заготовки с более высоким коэффициентом использов – 0,6).

Стоимость изготовления заготовки (в руб.) с учетом ее черновой обработки определяется как

$$S_{заг} = C_M Q_{заг} - \frac{C_{отх}}{1000}\left(Q_{заг} - q_д\right) + C_{зч} T_1 \left(1 + \frac{C_H}{100}\right), \qquad (12.2)$$

где C_M – цена за 1 кг материала заготовки, руб.; $C_{отх}$ – цена 1 т отходов, руб.; $C_{зч}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб.; T_1 – время черновой обработки заготовки, ч; C_H – накладные расходы, % (для механического цеха могут быть приняты равными 60–80%).

Экономический эффект (в руб.) в случае сопоставления способов получения заготовок, при которых не изменяется технологический процесс механической обработки, определяется:

$$Э = \left(S_{заг1} - S_{заг2}\right) N, \qquad (12.3)$$

где $S_{заг1}$, $S_{заг2}$ – стоимость получения заготовок по сопоставляемым вариантам, руб.; N – программа предприятия, изготавливающего заготовки, шт.

13. Методы обработки поверхностей заготовок

13.1. Характеристика и виды обработки

Для достижения заданного взаимного расположения поверхностей, формы и размеров деталей, их шероховатости и физико-механических свойств при производстве деталей автомобилей применяют различные методы обработки: резание лезвийным и абразивным инструментами; поверхностное пластическое деформирование; электрофизические, электрохимические и другие методы.

В зависимости от требований к точности и качеству обрабатываемых поверхностей, указываемых на рабочем чертеже детали, обработка заготовки бывает следующих видов: обдирочная, черновая, получистовая, чистовая, тонкая, отделочная.

Обдирочная обработка применяется для крупных поковок и отливок 16–18-го квалитетов точности. Она уменьшает погрешности формы и пространственных отклонений грубых заготовок, обеспечивая 15-й, 16-й квалитеты точности, шероховатость поверхности *Ra* > 100 мкм.

Черновая обработка выполняется в диапазоне точности от 12-го до 16-го квалитетов. Шероховатость поверхности *Ra* = 100–25 мкм.

Получистовая обработка применяется для заготовок, к точности которых предъявляются повышенные требования. Этот вид обработки обеспечивает 11-й, 12-й квалитеты точности. Шероховатость поверхности *Ra* = 50,0–12,5 мкм.

Чистовая обработка применяется как окончательный вид обработки для тех заготовок, заданная точность которых укладывается в точность, достигаемую чистовой обработкой (8–11-й квалитеты). Шероховатость поверхности обеспечивается в пределах *Ra* = 12,5–2,5 мкм.

Тонкая обработка применяется для окончательного формирования поверхностей детали (6–7-й квалитеты) при малых операционных припусках. Шероховатость поверхности находится в пределах значений *Ra* = 2,5–0,63 мкм.

Отделочная (финишная) обработка используется *для* получения требуемой шероховатости поверхности детали (на точность обработки влияния почти не оказывает). Выполняется, как правило, в пределах допуска предшествующей обработки. Отделочная обработка обеспечивает получение шероховатости поверхности *Ra* = 0,63–0,16 мкм.

В современном автомобилестроении наиболее распространена обработка заготовок лезвийным и абразивным режущим инструментом (РИ), который формируют точность и качество поверхностей деталей.

Лезвийным инструментом из сверхтвердых материалов можно обрабатывать заготовки с твердостью до 40 HRC, а абразивным инструментом целесообразно выполнять обработку металлов с более высокой твердостью.

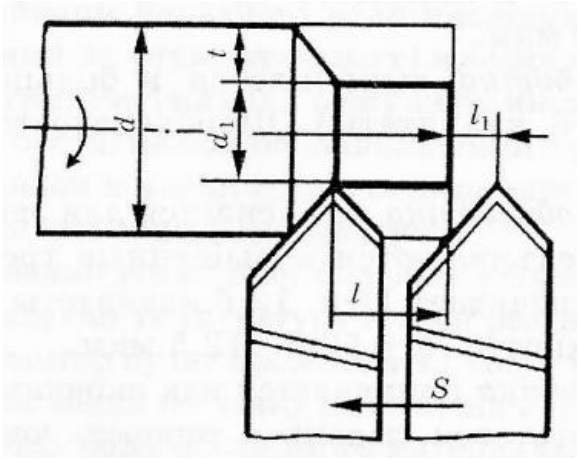
Обработка абразивным инструментом более производительна и позволяет добиться более высокой точности и качества поверхностного слоя обрабатываемого материала в сравнении с лезвийным.

13.2. Методы обработки лезвийным инструментом

В автомобилестроении наибольшее применение имеют следующие лезвийные методы обработки: точение, фрезерование, сверление, протягивание (прошивание).

Лезвийный метод обработки – это метод механического воздействия на заготовку, применяемый в технологических процессах (ТП) резания, с использованием средств технологической оснастки (оборудования, приспособлений и режущего инструмента), сопровождающийся съемом материала, изменением формы, размеров и относительного расположения поверхностей заготовки.

Токарный метод обработки (*точение)* производится на токарных станках, на которых выполняют обработку: наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей; внутренних поверхностей (растачивание); торцовых поверхностей; канавок, выточек, фасок, фасонных поверхностей; нарезание резьбы. Схема резания при обработке наружной цилиндрической поверхности приведена на рисунке 13.1.



d и d_1 – диаметры заготовки до и после обработки; *t* – глубина резания;
l_1 – длина врезания инструмента; *l* – длина обработки

Рисунок 13.1. – Схема токарной обработки наружной поверхности

По мере ужесточения требований точности, указанных на чертеже детали, объемы срезаемого материала при обработке заготовки уменьшаются и черновую обработку сменяет чистовая (при необходимости). Например, при тонком точении снимается стружка малого по толщине сечения при больших скоростях резания: для чугунных заготовок скорость резания составляет

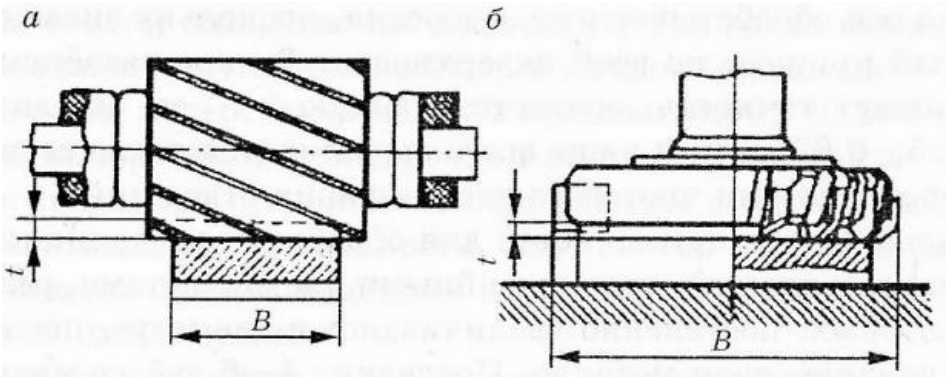
100–150 м/мин; для стальных – 150–250 м/мин; для цветных сплавов – до 1000 м/мин. Подача устанавливается для предварительного хода – 0,15 мм/об, а для окончательного – 0,01 мм/об. Глубину резания принимают 0,2–0,3 и 0,05–0,01 мм соответственно.

Малые по толщине сечения стружки не вызывают больших усилий резания и значительных деформаций технологической системы СПИД, что обеспечивает 6–8-й квалитеты точности (при обработке цветных металлов и сплавов – 5-й, 6-й квалитеты). Шероховатость поверхности у заготовок из черных металлов *Ra* = 2,50–0,63 мкм; цветных металлов – *Ra* = 0,32–0,16 мкм.

Тонкое точение применяется перед хонингованием, суперфинишированием, полированием и выполняется на высоких частотах вращения шпинделя (до 15 тыс. мин$^{-1}$) станков группы высокой точности. Радиальное биение шпинделя не должно превышать 0,005 мм. Все вращающиеся детали должны быть точно отбалансированы.

Резцы оснащаются твердыми сплавами, алмазом, эльбором и другими режущими материалами с высокой износостойкостью. Тонкое точение обеспечивает допуск размеров 5–80 мкм, погрешность формы – не более 3 мкм.

Фрезерный метод обработки (рисунок 13.2) применяют для обработки плоских поверхностей и пазов, а также несквозных отверстий (в отдельных случаях). Режущие инструменты: цилиндрические, торцовые, дисковые и фасонные фрезы. Фрезерование бывает черновым, чистовым и тонким.



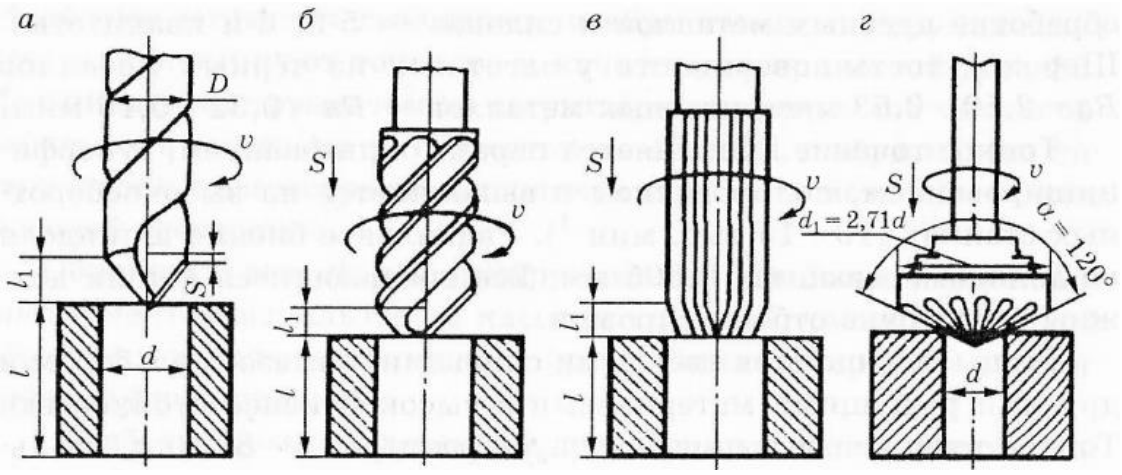
B – ширина обработки; *t* – глубина резания

Рисунок 13.2. – Метод фрезерования цилиндрической (*а*) и торцовой фрезами (*б*)

Тонкое фрезерование осуществляется преимущественно торцовыми фрезами при обработке плоских поверхностей со съемом припуска 0,2–0,5 мм. Отклонение от плоскостности на 1 м длины составляет 0,02–0,04 мм, шероховатость поверхности *Ra* = 2,5–0,63 мкм.

Метод сверлильной обработки включает: сверление, рассверливание, зенкерование и развертывание отверстий; нарезание резьбы и зенкование фасок в отверстиях (рисунок 13.3). Режущими инструментами служат, соответственно: сверла, зенкеры, развертки, метчики (для нарезания внутренних резьб), плашки (для нарезания внешних резьб), зенковки.

Точность обработки при сверлении – по 12–14 квалитетам, при зенкеровании – по 10–11 квалитетам (шероховатость поверхности *Ra* – до 1,6 мкм).



а – сверление; *б* – зенкеравание; *в* – развертывание;
г — зенкование конической зенковкой

Рисунок 13.3. – Основные виды сверлильных работ

Методы обработки *зенкерования* и *развертывания* служат для более точной обработки предварительно просверленных отверстий и формирования требуемого качества поверхностного слоя материала, но при этом не исправляют положение оси обрабатываемой поверхности, т.к. инструмент ориентируется в процессе резания непосредственно по ней.

Развертывание обеспечивает точность, соответствующую 5–7-му квалитетам, *Ra* = 1,25–0,63 мкм, и выполняется после зенкерования или чистового растачивания отверстий.

При развертывании важным является фактор сохранения предварительной обработки просверленного отверстия методом зенкерования с использованием 1-го (чернового) и 2-го (чистового) зенкеров. Несоблюдение данной последовательности или исключение из ТП любого выше указанного инструмента не обеспечит требуемую конечную точность отверстия и преждевременному износу РИ.

Протягивание применяется для обработки внутренних и наружных поверхностей многолезвийными инструментами (протяжками), режущие зубья

которых, постепенно увеличиваясь в размере, последовательно удаляют слои металла. Последняя группа зубьев в точности повторяет форму обрабатываемой поверхности (при протягивании отверстий) и являются калибрующей. Деталь при обработке неподвижна, главное движение резания осуществляет РИ. Данный метод используется, в основном, для формирования шлицевых и фасонных отверстий.

При чистовом протягивании цилиндрических отверстий обеспечивается точность 6–9-го квалитетов (шероховатость поверхности *Ra* – 2,50–0,63 мкм), протягивание наружных поверхностей обеспечивает точность 11-го квалитета. Протягивание выполняется на горизонтальных и вертикальных протяжных станках, универсальных и специальных полуавтоматах и автоматах.

Прошивание – метод металлообработки, схожий по принципу резания с методом протягивания, осуществляемый специальным РИ прошивкой, который пропускают с усилием через обрабатываемое отверстие в заготовке с помощью пресса.

13.3. Обработка абразивным инструментом

Данный метод обработки включает следующие виды: шлифование, хонингование, притирку, полирование, суперфиниширование.

Шлифование применяется в автомобилестроении как метод предварительной и окончательной обработки цилиндрических, плоских и фасонных поверхностей по 5–7-му квалитетам точности с шероховатостью *Ra* = 1,25–0,08 мкм. Обработка осуществляется на шлифовальных станках различных типов: кругло- и плоскошлифовальных, бесцентровых, наружным и внутришлифовальным абразивным инструментом. Размерное шлифование может выполняться в одну операцию при снятии припуска 0,2–0,6 мм на диаметр или в две операции при снятии припуска 0,6–0,8 мм. Тонкое шлифование ограничивается припуском 0,04–0,08 мм на диаметр.

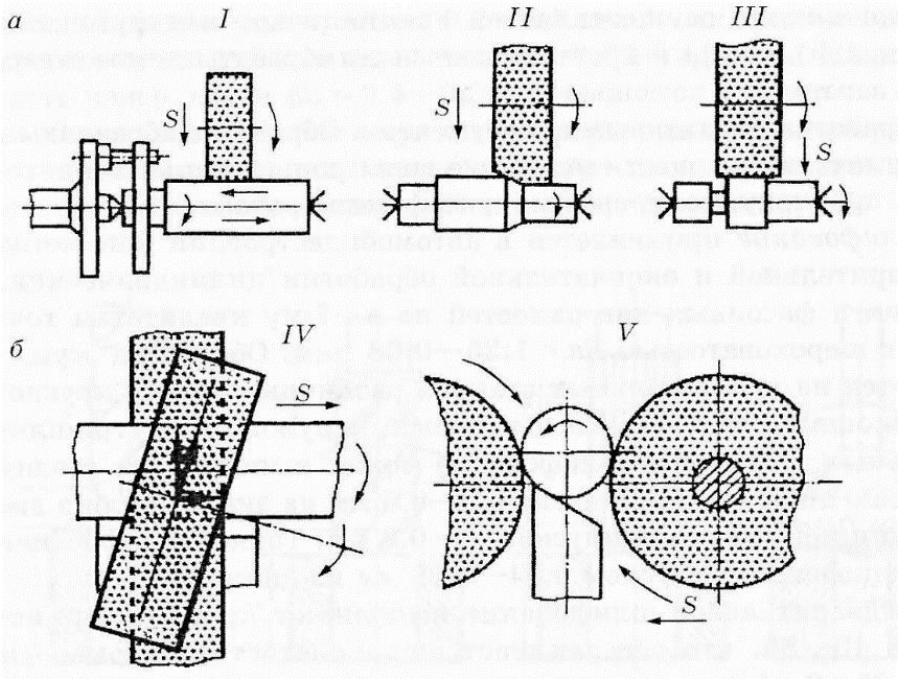
Предварительное шлифование выполняют РИ – абразивными кругами зернистостью 40–80, что обеспечивает шероховатость поверхности *Ra* = 1,25–0,63 мкм; окончательное шлифование – кругами зернистостью 12–40 (*Ra* = 0,63–0,16 мкм); тонкое шлифование кругами зернистостью 6–10 позволяет получить шероховатость поверхности *Ra* = 0,08 мкм.

Наружное шлифование деталей, имеющих форму тел вращения, может выполняться с продольной и поперечной подачей *S.* При шлифовании с продольной подачей (рисунок 13.4, *а – I)* заготовка совершает со столом

возвратно-поступательное движение относительно шлифовального круга, который после каждого продольного двойного хода имеет поперечную подачу в пределах 0,005–0,200 мм.

При шлифовании с поперечной подачей (рисунок 13.4, *а – II, III)* обработка ведется широким шлифовальным кругом по всей длине обрабатываемой поверхности. Этот способ является наиболее эффективным при совмещенном шлифовании нескольких поверхностей на одном станке.

Бесцентровое шлифование наружных поверхностей (рисунок 13.4, *б)* может осуществляться при продольной (рисунок 13.4, *б – IV)* или поперечной (рисунок 13.4, *б – V*) подаче.



а – на круглошлифовальных станках
(I – с продольной подачей; II – глубинным способом; III – с поперечной подачей (способом врезания);
б – на бесцентрово-шлифовальных станках
(IV – с продольной подачей; V – с поперечной подачей)

Рисунок 13.4. – Схемы шлифования валов

При бесцентровом шлифовании заготовка свободно размещается на специальной опорной линейке со скосами между двумя шлифовальными кругами, один из которых – большего диаметра – является шлифовальным, а другой (меньшего диаметра) – ведущим. Сила трения между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между последней и шлифовальным кругом, поэтому

заготовка увлекается ведущим кругом во вращение со скоростью, близкой к его окружной скорости. Ведущий и шлифовальный круги вращаются в одном направлении, но с разными окружными скоростями; скорость ведущего круга $v_{в.к.}$ = 20–30 м/мин, а шлифовального $v_{ш.к.}$= 30–35 м/с.

Бесцентровое шлифование с продольной подачей применяется для обработки деталей с гладкой цилиндрической поверхностью, а шлифование с поперечной подачей – при обработке фасонных поверхностей или деталей с буртиками. Для обеспечения продольной подачи детали оси ведущего и шлифовального кругов устанавливаются под углом друг к другу 1–5°. Глубина резания назначается в пределах 0,05–0,10 мм для предварительных ходов и 0,01–0,03 мм для окончательной обработки. При шлифовании с поперечной подачей ведущий круг перемещается к шлифовальному кругу до тех пор, пока не будет получен заданный диаметр детали.

Шлифование выполняется, как правило, на высоких скоростях резания, процесс которого сопровождается выделением большого количества тепла при контакте РИ и заготовки. Поэтому в зону обработки подают СОЖ (смазывающе-охлаждающую жидкость: керосин, смесь керосина с парафином или минеральным маслом).

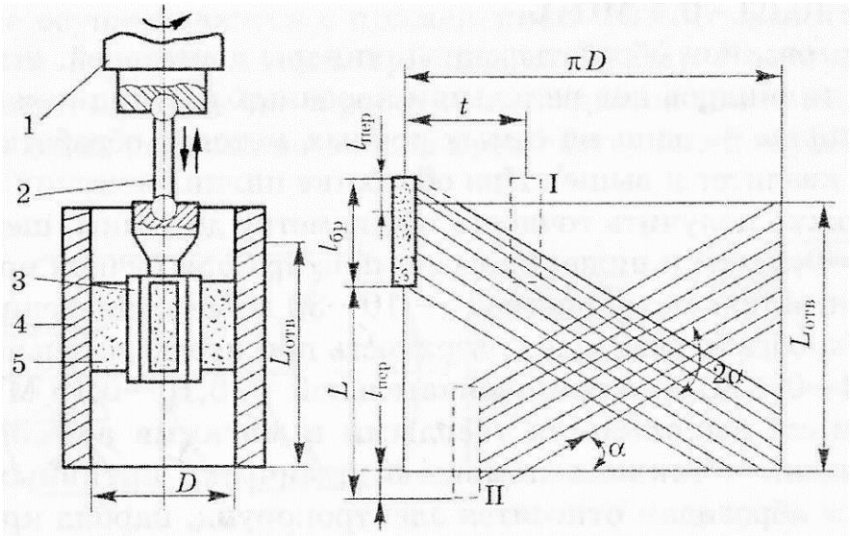
Шлифование внутренних поверхностей выполняют на внутришлифовальных или бесцентрово-шлифовальных станках.

Планетарное шлифование применяется для обработки отверстий больших диаметров. В процессе шлифования деталь неподвижно крепится на столе станка, а шлифовальный круг совершает вращательное движение вокруг своей оси, а также вращение вокруг оси отверстия.

В условиях крупносерийного и массового производства тонкое шлифование осуществляется по полуавтоматическому или автоматическому циклу.

Хонингование служит для чистовой обработки отверстий абразивными брусками и обеспечивает получение высокой точности формы отверстия и низкую шероховатость, однако не исправляет положение оси отверстия. Хонинговальная головка вместе с брусками совершает вращательное и возвратно-поступательное движения, в результате чего на обрабатываемой поверхности образуется сетка следов абразивных зерен, которая способствует удержанию смазки в процессе эксплуатации блока двигателя или компрессора (рисунок 13.5).

Хонингование осуществляется при малом давлении брусков на поверхность (0,2–1,5 МПа) и низкой температуре в зоне резания (50–150 °С).



1 – шпиндель станка; 2 – шарнирное устройство;
3 – хонинговальная головка; 4 – гильза; 5 – хонинговальные бруски;
α — угол наклона следов абразивных зерен;
I и II – крайние положения бруска за один двойной ход

Рисунок 13.5. – Схема хонингования отверстий

Точность формы отверстия по высоте $L_{отв}$ обеспечивается выходом брусков из отверстия диаметром D на величину перебега $l_{пер}$ ($l_{пер}$ = 0,25–0,30 длины бруска $l_{бр}$).

В зависимости от погрешности предшествующей обработки припуск на хонингование составляет 0,005–0,080 мм на диаметр. Окружная скорость РИ для чугуна принимается 60–75 м/мин, для стали – 45–60 м/мин. Скорость возвратно-поступательного движения – 10–20 м/мин.

Хонингование обеспечивает 5–6-й квалитеты точности; шероховатость обработанной поверхности Ra = 0,16–0,04 мкм и выполняется с подачей в зону обработки СОЖ.

Хонингование алмазными брусками обеспечивает большую точность формы отверстия. С целью повышения износостойкости обработанных поверхностей используется также алмазное плосковершинное хонингование. Для этого обработку ведут в два этапа: вначале крупнозернистыми алмазными брусками, а затем мелкозернистыми на тех же режимах, но при меньшем удельном давлении (0,03–0,5 МПа).

Хонингованием обрабатывают цилиндры двигателей и поршневых компрессоров, отверстия в блоках цилиндров под вкладыши коренных подшипников и др.

Притирка – один из самых точных методов обработки (точность 5-й квалитет и выше). При обработке цилиндрических поверхностей можно

получить точность по диаметру до 1 мкм, шероховатость *Ra* = 0,1 мкм и ниже. Скорость притира при ручной притирке 2,6 м/мин, а при механической – 10–30 м/мин. Давление инструмента на обрабатываемую поверхность при предварительной притирке 0,2–0,4 МПа, а при окончательной – 0,10–0,15 МПа.

Притирка выполняется твердыми и мягкими абразивными материалами, а также с помощью химически активных паст. К твердым абразивам относятся электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, алмазная пыль, к мягким – крокус, венская известь, оксид хрома. В качестве связующей среды при притирке применяют минеральное масло, керосин и др. При обработке твердыми абразивными зернами используют притиры, изготовленные из чугуна, бронзы, красной меди, свинца и др., на поверхности которых могут шаржироваться абразивные зерна. При обработке мягкими абразивными зернами применяют притиры из закаленной стали и других твердых материалов.

Полирование выполняется с помощью абразивных зерен, размещенных на поверхности мягких полировальных кругов из войлока, фетра, ремня и других материалов. Полированием достигают шероховатости поверхности *Ra* = 0,320–0,012 мкм, а при использовании химически активных паст получают зеркальную поверхность. В качестве абразивных материалов при полировании применяют электрокорунд, оксид железа, оксид хрома, карбид кремния. Состав абразивной пасты для полирования черных металлов, %: воск – 25, сало – 4, парафин – 25, керосин – 4, оксид железа – 42. Для цветных сплавов вместо оксида железа берут оксид хрома.

Полирование выполняют также абразивной лентой на специальных станках-автоматах. Абразивная лента изготавливается на полотняной основе, а производительность процесса зависит от зернистости абразива, скорости относительного перемещения ленты и обрабатываемой детали и силы натяжения ленты.

Суперфиниширование – процесс обработки деталей абразивными брусками, которые прижимаются к обрабатываемой поверхности с небольшим давлением (0,05–0,30 МПа). Бруски совершают осциллирующие движения, срезая гребешки микронеровностей и снижая шероховатость обрабатываемой поверхности (рисунок 13.6). Процесс осуществляется с применением СОЖ (смесь керосина с 10–20% веретенного или турбинного масла). При суперфинишировании припуск на обработку не задается, и она выполняется в пределах допуска на размер предшествующей обработки.

Процесс обеспечивает шероховатость поверхности до *Ra* = 0,08 мкм, площадь опорной поверхности увеличивается до 70–90%. Окружная скорость

резания при черновой обработке 10 — 13 м/мин, при чистовой — 26 м/мин. Скорость колебательного движения брусков не превышает 10 — 20 м/мин.

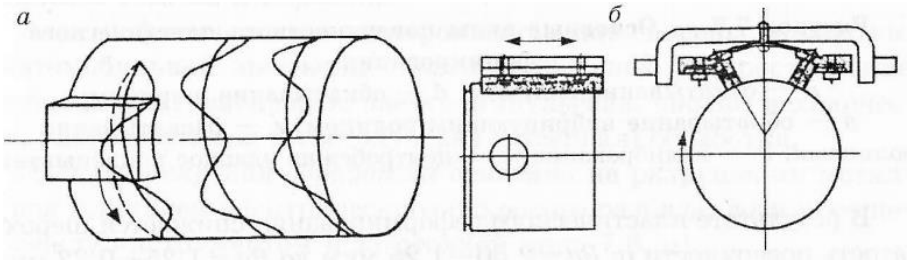


Рисунок 13.6. – Схема суперфиниширования (*а*)
и применяемый инструмент (*б*)

Алмазное суперфиниширование повышает производительность в 1,5–2,0 раза за счет повышения давления на 30–50% по сравнению с обычным суперфинишированием. В автомобилестроении суперфинишированием чаще всего обрабатывают шейки коленчатых валов двигателей.

13.4. Обработка поверхностным пластическим деформированием

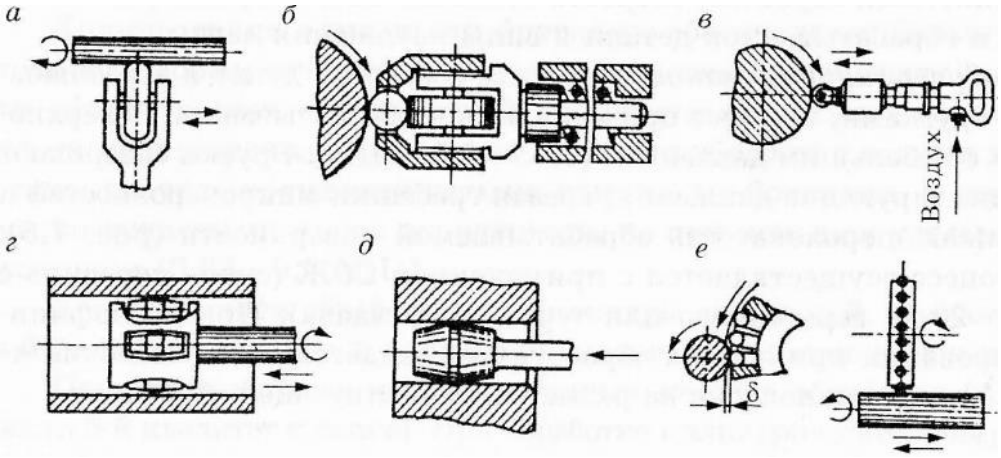
Осуществляется без снятия стружки и основана на деформировании тонкого поверхностного слоя с использованием пластических свойств металла.

Обкатывание и *раскатывание* (рисунок 13.7, *а–г)* представляет собой процесс пластического деформирования микронеровностей с помощью специальных инструментов (обкатников и раскатников), у которых рабочими элементами являются ролики или шарики высокой твердости.

В результате пластического деформирования снижается шероховатость поверхности (с *Ra* = 2,50–1,25 мкм до *Ra* = 1,25–0,32 мкм) и изменяются физико-механические свойства, т.е. происходит явление *наклепа* (упрочнения) поверхностных слоев металла. При этом точность повышается незначительно, т.к. процесс осуществляется только в границах гребешков микронеровностей. Натяг инструмента принимается в пределах 0,03–0,30 мм в зависимости от исходной и требуемой шероховатости. В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости применяется машинное масло, смесь машинного масла и керосина (1:1) или сульфофрезол. Обработку желательно выполнять за один ход инструмента, чтобы избежать перенаклепа.

Калиброванием (рисунок 13.7, *д*) обрабатывают отверстия с помощью калибрующих оправок (дорнов) или шариков, которые проталкивают через

обрабатываемое отверстие с установленным натягом. Инструменты для калибрования изготавливают из твердых сплавов ВК8 или ВК15М. Скорость калибрования 5–10 м/мин для черных металлов и 2–6 м/мин для цветных металлов. Точность калибрования для тонкостенных заготовок 8–6-й квалитеты и 6-й, 5-й квалитеты – для толстостенных. Калиброванием можно снизить шероховатость с *Ra* = 2,50–1,25 мкм до *Ra* = 1,25–0,16 мкм.



а – обкатывание роликом; *б* – обкатывание шариком;
в – обкатывание вибрирующим роликом; *г* – раскатывание роликами;
д – калибрование; *е* – центробежно-ударное наклепывание

Рисунок 13.7. – Основные виды
поверхностного пластического деформирования

Алмазное выглаживание осуществляют скольжением алмазного инструмента, прижимаемого к обрабатываемой поверхности под определенным давлением.

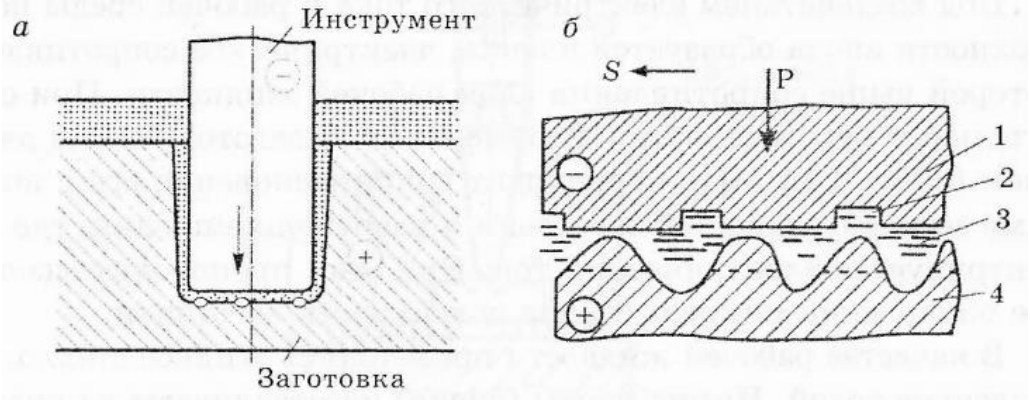
Алмазный инструмент представляет собой кристаллический алмаз, закрепленный в специальной державке и шлифованный по сфере радиусом 0,6–4,0 мм. Шероховатость поверхности после выглаживания составляет *Ra* = 0,160–0,025 мкм, микротвердость повышается на 50–60%.

Наклепывание центробежно-ударным инструментом (см. рисунок 13.7, *е)* осуществляется нанесением ударов по обрабатываемой поверхности шариками, помещенными в радиальные пазы быстровращающегося диска (сепаратора). Натяг инструмента (выход шариков над поверхностью диска) принимается в пределах 0,010–0,025 мм; подача инструмента – 0,02–0,20 мм/об. Окружная скорость сепаратора составляет 8–40 м/с, заготовки – 0,5–1,5 м/с. В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости применяется смесь машинного масла и керосина.

13.5. Электрофизические и электрохимические способы обработки

В автомобильной промышленности наибольшее распространение получили электроискровая, электроимпульсная, анодно-механическая, ультразвуковая и светолучевая (лазерная) обработка.

Электроискровая обработка основана на разрушении металла под действием электрического искрового разряда, возникающего между инструментом и заготовкой (рисунок 13.8, *а*). Электроды разделены межэлектродным промежутком 5–100 мкм, необходимым для возникновения разряда. Процесс осуществляется в жидкой среде (керосин, маловязкое минеральное масло).



1 – инструмент (катод); 2 – пазы для удаления продуктов эрозии из зоны обработки; 3 – рабочая среда; 4 – заготовка (анод)

Рисунок 13.8. – Схемы электроискровой (*а*) и анодно-механической (*б*) обработки

Заготовка подключается к положительному, а электрод- инструмент – к отрицательному полюсу генератора импульсов. Электрод-инструмент изготавливают из алюминия, латуни, графита, медно-графитовых сплавов. При искровом разряде термическое воздействие ограничивается участками площадью 0,05–1,00 мм^2 с глубиной поражения 0,005–0,300 мм. Плотность тока достигает 10^4 А/мм^2. Точность обработки – 7–5-й квалитеты, достигаемая шероховатость *Ra* = 1,25–0,63 мкм.

Электроискровым методом можно обрабатывать все токопроводящие материалы любой твердости и вести обработку отверстий различных сечений и формы или прорезей размером 0,15–0,30 мм.

Электроимпульсная обработка отличается от электроискровой длительностью и мощностью импульсного разряда и некоторыми параметрами

его формирования. Увеличение мощности разряда позволяет повысить производительность при обработке стальных заготовок до 20 х 10^3 $мм^3$/мин (600 $мм^3$/мин при электроискровой обработке). Этим методом можно обрабатывать отверстия с точностью 0,01–0,02 мм и сложные фасонные поверхности. Метод применяется в автомобильной промышленности для изготовления пресс-форм для литья под давлением, штампов и других изделий.

Анодно-механическая обработка деталей осуществляется в результате теплового и химического воздействия электрического тока, протекающего между электродами, погруженными в жидкую среду (см. рисунок 13.8, *б*).

Под воздействием электрического тока и рабочей среды на поверхности анода образуется пленка, электрическое сопротивление которой выше сопротивления слоя рабочей жидкости. При относительном перемещении инструмента (или заготовки) под давлением 0,05–0,15 МПа происходит соприкосновение его с выступами микронеровностей заготовки и разрушение пленки, где концентрируется электрический ток. При этом происходит мгновенное оплавление микровыступов поверхности заготовки. В качестве рабочей жидкости применяется жидкое стекло, разбавленное водой. Инструменты (диски) изготавливают из красной меди, чугуна, стали, алюминия. Скорость съема металла составляет от 2–5 мм/мин (при доводке) до 200–300 мм/мин (при грубых режимах обработки).

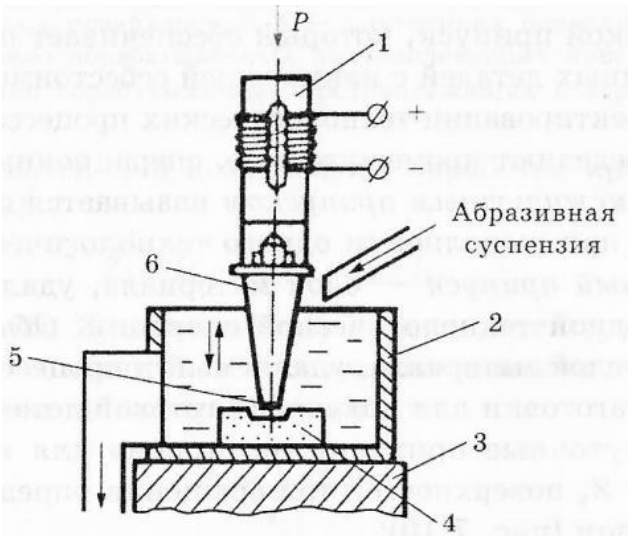
Метод применяется для обработки твердых сплавов, высоколегированных сталей, для отрезки материалов, заточки инструмента.

Ультразвуковая обработка представляет собой механический процесс, в котором режущим элементом служат взвешенные в жидкости абразивные зерна, получающие энергию от источника ультразвуковых колебаний. Источником их может быть магнитострикционный или пьезоэлектрический излучатель.

Магнитострикционный эффект заключается в изменении размеров тел, выполненных из никеля, коррозионно-стойкой стали, пермаллоя, пермендюра, под действием электрического тока или магнитного поля.

Под воздействием ультразвуковых колебаний (20–30 кГц) абразивные зерна с большой скоростью и силой ударяют в обрабатываемую поверхность и выполняют необходимую работу (рисунок 13.9).

Скорость обработки зависит от частоты и амплитуды колебаний (10–100 мкм), твердости и размера абразивных зерен. В качестве последних используют карбид бора или кремния, алмазный порошок и другие твердые материалы. Инструмент имеет форму, соответствующую форме отверстия по чертежу детали, и изготавливается из сталей 40, 45, 50, 40Х, 65Г.



1 – магнитострикционный излучатель; 2 – ванна; 3 – стол станка;
4 – заготовка; 5 – инструмент; 6 – волновод

Рисунок 13.9. – Схема ультразвуковой обработки

Сквозные отверстия можно обрабатывать с точностью 0,01–0,02 мм; глухие – менее точно. Шероховатость поверхности зависит от размера абразивных зерен и обеспечивается в пределах *Ra* = 0,63–0,16 мкм.

Лазерная обработка осуществляется концентрированной тепловой энергией, возникающей в результате сосредоточения специально сформированного лазерного луча на обрабатываемом участке заготовки. С помощью лазерной обработки можно сверлить, прошивать, сваривать, вырезать по контуру и выполнять другие операции.

14. Припуски на обработку резанием

14.1. Основные понятия и назначение припусков

Припуском на обработку называется слой материала, удаляемый с поверхности заготовки для получения заданных геометрических параметров и свойств обрабатываемой поверхности.

При обработке деталей на автомобильных заводах доля металла, удаляемого в стружку, составляет до 20–30% от массы деталей.

При назначении припусков на механическую обработку резанием необходимо руководствоваться следующими принципами. Припуски должны быть достаточными для получения нормативных параметров расположения, формы и размеров поверхностей детали. С другой стороны, припуски должны быть

минимальными, т.к. это снижает трудоемкость изготовления деталей, повышает производительность труда, экономит металл. Следовательно, установление оптимальных припусков на обработку резанием является важной технико-экономической задачей. Оптимальным называется такой припуск, который обеспечивает получение высококачественных деталей с наименьшей себестоимостью.

При проектировании технологических процессов изготовления деталей определяют промежуточные, операционные и общие припуски.

Промежуточным припуском называется слой материала, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

Операционный припуск – слой материала, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

Общим припуском называется слой материала, удаляемый в процессе обработки поверхности заготовки для получения готовой детали.

Промежуточные припуски на сторону для наружных *ZH* и внутренних *ZB* поверхностей тел вращения определяются следующим образом (рисунок 14.1):

$$Z_н = \frac{d_п - d_д}{2}, \tag{14.1}$$

$$Z_в = \frac{d_д - d_п}{2}, \tag{14.2}$$

где *dn* и *dд* – диаметры детали на предшествующем и выполняемом технологических переходах соответственно, мм.

При одновременной обработке противолежащих плоскостей

$$Z = \frac{l_1 - l_2}{2} \text{ или } 2Z = l_1 - l_2, \tag{14.3}$$

где l_1 и l_2 – параметры детали на предшествующем и выполняемом технологических переходах соответственно, мм.

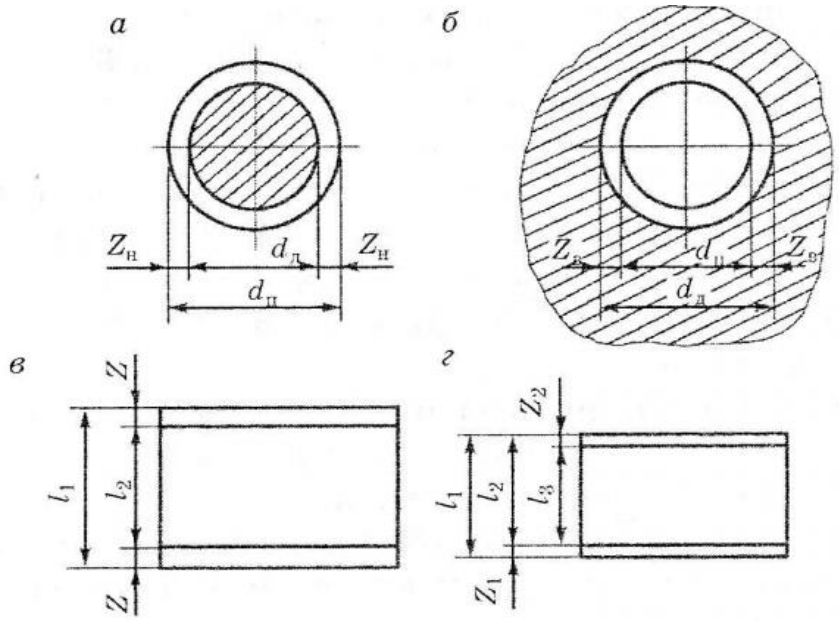
При последовательной независимой обработке противолежащих поверхностей

$$Z_1 = l_1 - l_2, Z_2 = l_2 - l_3. \tag{14.4}$$

Общий припуск *Zo* на обработку определяется суммированием промежуточных припусков всех технологических переходов от исходной заготовки до готовой детали:

$$Z_O = \sum_{i=1}^{n} Z_i, \tag{14.5}$$

где *n* – число технологических переходов.



а – наружных поверхностей; *б* – внутренних поверхностей;
в – одновременно обрабатываемых противолежащих поверхностей;
г – независимо обрабатываемых противолежащих поверхностей

Рисунок 14.1. – Схемы расположения припусков
при обработке резанием

При построении технологического процесса важным является определение допусков на операционные размеры. Допуск на промежуточный припуск определяет допустимые колебания как самого припуска, так и операционного размера. Величины этих допусков должны быть увязаны с экономической точностью обработки. Малые допуски на операционные размеры увеличивают стоимость обработки и вероятность получения брака деталей вследствие наличия на их поверхности дефектного слоя. Большие допуски затрудняют настройку станка на размер.

Промежуточные допуски устанавливают в соответствии с квалитетом точности и в зависимости от величины припуска. Обычно величина допуска на операционные размеры находится в пределах 25–40% от среднего размера припуска. Как правило, допуски на операционные размеры направлены в «тело» металла (для вала – в минус, для отверстия – в плюс).

При обработке деталей с высокой точностью и качеством поверхностей припуск необходимо перераспределять между черновой и чистовой обработкой. В таких случаях рекомендуется на черновую обработку назначать до 60% общего припуска, на чистовую – до 40%.

14.2. Методы определения припусков

В автомобилестроении припуск на обработку резанием определяют двумя методами: опытно-статистическим и расчетно-аналитическим.

Опытно-статистический метод обычно не учитывает особенностей выполнения отдельных элементов технологического процесса, а величина припуска устанавливается суммарно по опытным данным на полную обработку поверхности заготовки и, как правило, является завышенной. Поэтому в крупносерийном и массовом производстве припуск необходимо определять расчетно-аналитическим методом, который разработан профессором В. М. Кованом и учитывает конкретные условия выполнения технологического процесса.

Расчетно-аналитический метод основан на анализе погрешности обработки резанием в каждом технологическом переходе и позволяет рассчитать величину припуска для последующего перехода. В соответствии с этим методом на каждом технологическом переходе должны быть учтены:

– неровности поверхности заготовки, величина которых принимается равной высоте неровностей профиля;

– глубина дефектного поверхностного слоя (на первом технологическом переходе у литых заготовок – корка металла; у заготовок, полученных давлением, – обезуглероженный наклепанный слой; после обработки резанием на предшествующем переходе – упрочненный слой с нарушенной структурой, который отличается от основного металла по механическим свойствам, структуре и остаточным напряжениям);

– пространственные отклонения в виде коробления поверхностей, непараллельности и неперпендикулярности осей, несоосности ступеней валов и отверстий;

– погрешности установки детали на станке, которая характеризуется величиной смещения обрабатываемой поверхности и компенсируется увеличением припуска на обработку.

Величина минимального промежуточного (межоперационного) припуска определяется исходя из условия устранения перечисленных выше погрешностей.

Схема поверхностного слоя обрабатываемой заготовки приведена на рисунке 14.2.

Пространственные отклонения и погрешность установки являются векторными величинами, их значения выбирают по соответствующим таблицам.

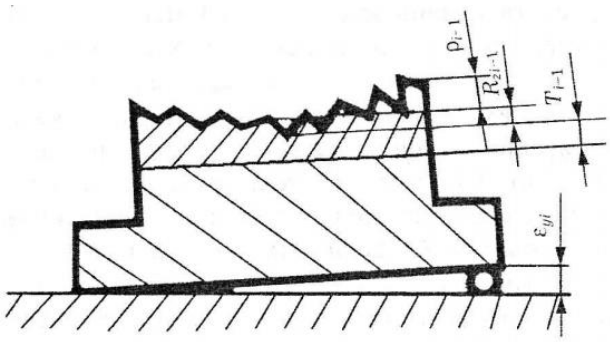


Рисунок 14.2. — Схема для определения минимального операционного припуска

Припуск на диаметр при обработке наружных или внутренних поверхностей тел вращения определяется по выражению

$$2Z_{j\min} = 2\left[R_{zj-1} + T_{j-1} + \sqrt{\rho_{j-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right], \qquad (14.6)$$

где R_{zi-1} – высота микронеровностей поверхности на предшествующем переходе, мкм; T_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя, мкм; ρ_{i-1} – пространственные геометрические отклонения, мкм; ε_{yi} – погрешность установки детали, мкм.

Ввиду того, что между векторами погрешности ρ_{i-1} расположения и погрешности установки ε_{yi} может быть любой угол, то суммарное их значение определяется по правилу квадратного корня.

Припуск на одновременную обработку противолежащих поверхностей равен

$$2Z_{j\min} = 2\left[R_{zj-1} + T_{j-1} + \rho_{j-1} + \varepsilon_{yi} \right]. \qquad (14.7)$$

Здесь направления векторов ρ_{i-1} и ε_{yi} совпадают и суммируются арифметически.

В ряде случаев некоторые составляющие припуска не должны учитываться, например, при шлифовании повер T_{i-1} можно принять равной нулю.

При отделочных операциях (полирование, суперфиниширование), когда необходимо лишь повысить качество поверхности, припуск на обработку определяется только высотой неровностей *Ra*.

Методика расчета межоперационных размеров. Расчет межоперационных (промежуточных) размеров на всех технологических переходах выполняется в определенной последовательности: вначале устанавливают порядок

осуществления технологических операций, а затем значения параметров R_{zi-1}, T_{i-1}, ρ_{i-1} и ε_{yi}, после чего определяют расчетные припуски по всем технологическим переходам.

На основании расчета промежуточных припусков определяют предельные размеры обрабатываемых заготовок на всех стадиях обработки – от готовой детали до исходной заготовки. При этом промежуточные припуски, поля допусков и предельные размеры заготовки изображают графически (рисунок 14.3).

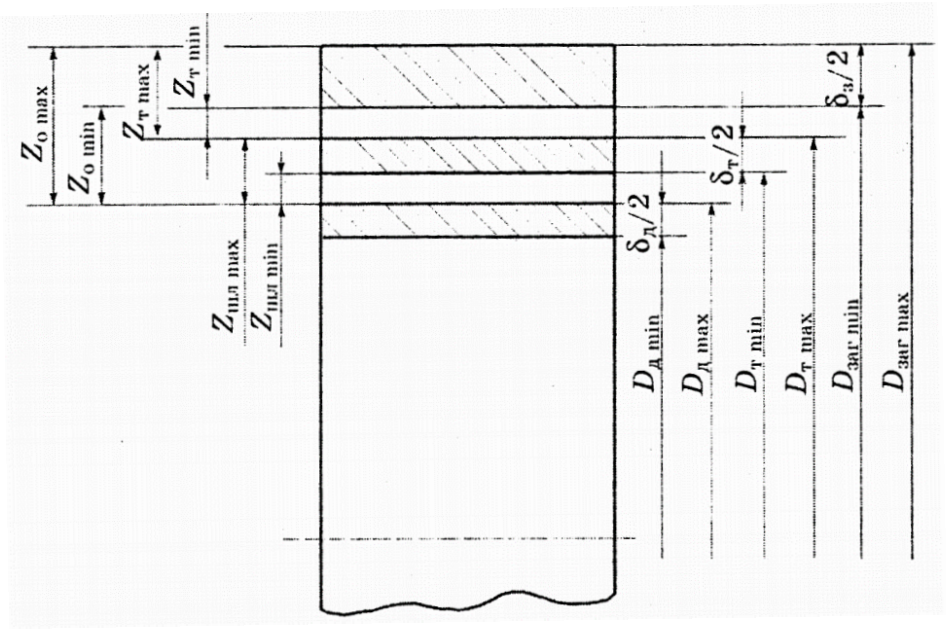


Рисунок 14.3. — Схема расположения припусков и допусков для определения межоперационных размеров при обработке наружной цилиндрической поверхности

В качестве примера рассмотрим расчет межоперационных размеров при обработке вала.

Схема обработки включает обтачивание цилиндрической поверхности с припуском на шлифование и шлифование ее в размер по чертежу. Исходными данными для построения схемы являются наибольший и наименьший предельно размеры детали.

Определение межоперационных размеров следует начинать с номинального размера детали по чертежу в порядке, обратном ходу технологического процесса, наращивая на каждую операцию или переход межоперационный припуск и устанавливая на этот припуск технологически необходимый допуск на обработку.

Допуск $\delta_Д$ на изготовление детали

$$\delta_Д = D_{Д\max} - D_{Д\min} \tag{14.8}$$

где $D_{Д\max}$ и $D_{Д\min}$ – максимальный и минимальный диаметры детали по чертежу соответственно.

Определив минимальный припуск на шлифование $Z_{шл\min}$ рассчитаем минимальный размер обрабатываемой детали после точения $D_{T\min}$:

$$D_{T\min} = D_{Д\max} + 2Z_{шл\min}. \tag{14.9}$$

Максимальный размер детали после точения $D_{T\max}$ будет равен сумме $D_{T\min}$ и допуска на точеные δ_T:

$$D_{T\max} = D_{T\min} + \delta_T. \tag{14.10}$$

Прибавив к размеру $D_{T\max}$ величину припуска на токарную обработку $2Z_{T\min}$, получим минимальный размер заготовки $D_{заг\min}$:

$$D_{заг\min} = D_{T\max} + 2Z_{T\min}. \tag{14.11}$$

Максимальный размер заготовки $D_{заг\max}$ с учетом допуска $\delta_{заг}$ определим по формуле

$$D_{заг\max} = D_{заг\min} + \delta_{заг}. \tag{14.12}$$

Определение припусков и промежуточных размеров заготовки по технологическим переходам расчетно-аналитическим методом позволяет выявить возможности экономии материала и снижения трудоемкости обработки в процессе проектирования технологических процессов.

15. Станочные приспособления

15.1. Назначение и классификация приспособлений

При установке детали на станке используют три способа: индивидуальную выверку по поверхности, выверку по линиям предварительной разметки, установку в приспособлении.

Два первых способа трудоемки и характерны для единичного и мелкосерийного производства. В крупносерийном и массовом производстве обычно применяют установку деталей н приспособлениях.

По назначению приспособления подразделяют на следующие виды:

– станочные приспособления, применяемые для базирования и закрепления на станках обрабатываемых заготовок;

– приспособления для ориентирования и закрепления рабочего инструмента (вспомогательные приспособления);

– сборочные приспособления – для соединения сопрягаемых деталей в узлы и изделия;

– контрольные приспособления, применяемые для операционного и приемочного контроля деталей в процессе механической обработки, а также для контроля собранных узлов автомобилей.

Станочными приспособлениями называют дополнительные устройства к металлорежущим станкам, которые обеспечивают базирование, закрепление и ориентирование заготовок относительно траектории движения режущих кромок инструмента при выполнении технологической операции. Станочные приспособления составляют 80–90% от общего количества приспособлений.

Приспособления подразделяют на три группы:

– *универсальные* – для базирования и закрепления разнообразных по форме и размерам заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках (кулачковые патроны, планшайбы, люнеты, станочные тиски, делительные устройства). Они изготавливаются централизованно и поставляются в готовом виде в комплекте со станком;

– *нормализованные* – для обработки определенных заготовок путем использования дополнительных устройств к универсальным приспособлениям. Эти приспособления легко переналаживаются для выполнения различных операций и применяются преимущественно в серийном производстве;

– *специальные* – для выполнения определенных технологических операций обработки резанием деталей одного типоразмера (одноцелевого применения).

Применение станочных приспособлений дает возможность повысить производительность труда (за счет сокращения вспомогательного времени) и точность обработки, а также снизить затраты на контроль. Приспособления облегчают условия труда станочников и дают возможность использовать рабочих более низкой квалификации.

В единичном и мелкосерийном производстве применяются универсальные приспособления, расширяющие технологические возможности оборудования, в крупносерийном и массовом — специальные приспособления.

15.2. Основные элементы станочных приспособлений

Эффективность применения приспособлений определяется рядом факторов: удобством и безопасностью в работе; достаточной жесткостью, обеспечивающей заданную точность обработки; простотой изготовления; ремонтопригодностью.

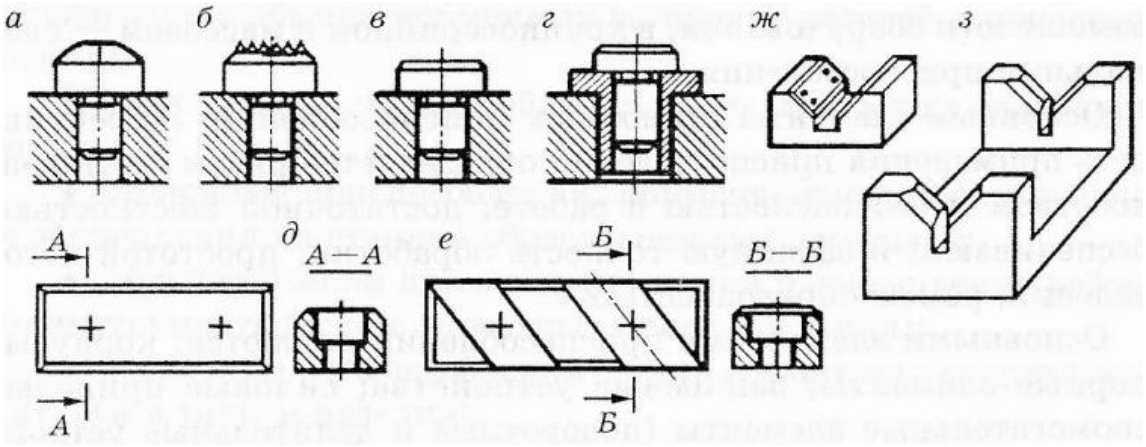
Основными элементами приспособлений являются: корпусы, опорные элементы; зажимные устройства; силовые приводы; вспомогательные элементы (поворотные и делительные устройства, выталкиватели, рукоятки); направляющие для режущего инструмента.

Корпусы являются базовыми деталями любых приспособлений, на них монтируют все остальные элементы. Корпус должен быть простым и дешевым в изготовлении, прочным и устойчивым. Силы зажима и резания при обработке передаются корпусу, поэтому он не должен деформироваться и вибрировать при обработке. Необходимо, чтобы он был удобным для установки на станок и очистки от стружки. Заготовки для корпусов изготавливают литыми из серого чугуна, сварными из сортовых профильных материалов, сборными из отдельных нормализованных деталей.

Опорные элементы служат для базирования (придания требуемого положения) обрабатываемой заготовки в приспособлении, что достигается контактом базовых поверхностей заготовки с опорами приспособления. В зависимости от условий обработки применяется полная или частичная ориентация обрабатываемой заготовки в пространстве относительно режущего инструмента. При полной ориентации заготовке придают вполне определенное и единственно возможное положение в приспособлении путем лишения всех степеней свободы. При частичной ориентации допустимо произвольное положение заготовки относительно какой-либо оси. Заготовка, установленная в трехкулачковом патроне, имеет две степени свободы (перемещение вдоль оси шпинделя и вращение вокруг нее). При установке в патроне с перевернутыми кулачками заготовки имеет одну степень свободы – поворот вокруг оси шпинделя.

Опорными элементами приспособлений являются постоянные (неподвижные) опоры, жестко связанные с корпусом приспособления и выполненные в виде штырей, опорных пластин и призм (рисунок 15.1).

Опорные штыри со сферической и рифленой головками (рисунок 15.1, *а* и *б*) применяют для установки заготовок в приспособлении необработанными поверхностями, что обеспечивает контакт опоры с установочной поверхностью, близкий к точечному, и придает большую устойчивость заготовке.



а, *б*, *в*, *г* – штыри; *д*, *е* – пластины; *ж*, *з* – призмы

Рисунок 15.1. – Опорные элементы приспособлений

При установке заготовки на обработанные поверхности применяют плоские опорные штыри и пластины (см. рисунок 15.1, *в*–е).

Регулируемые опоры применяют в тех случаях, когда обрабатываемые заготовки имеют разную форму установочной поверхности, или, когда последняя имеет припуск, удаляемый в последующих технологических операциях.

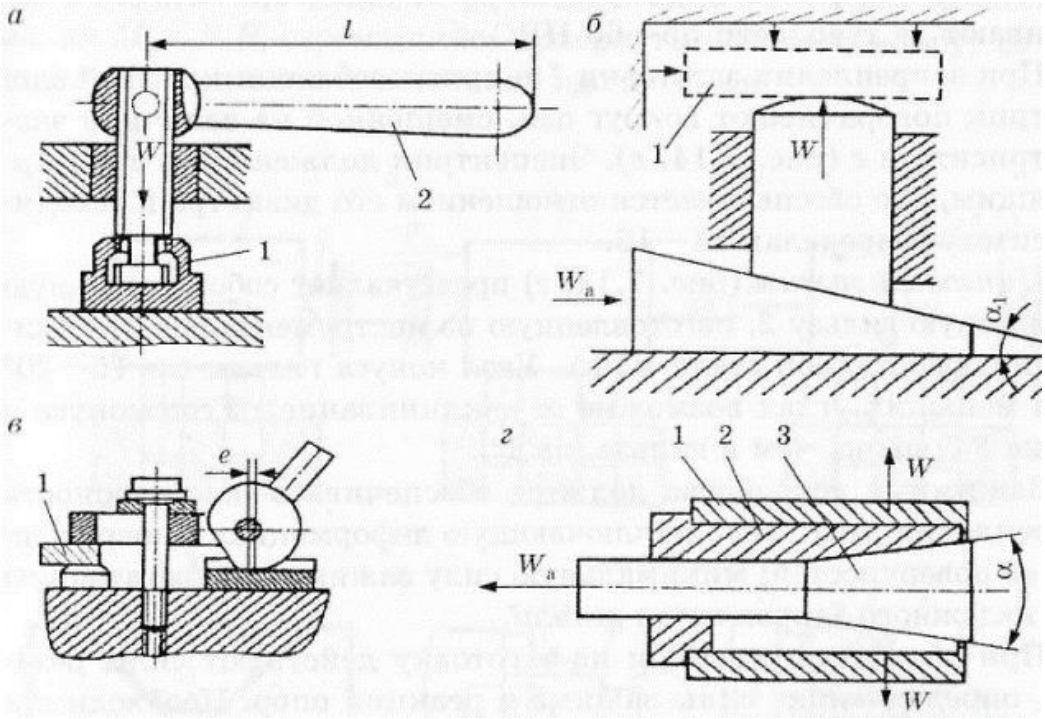
Для установки деталей по наружным цилиндрическим поверхностям служат призмы (см. рисунок 15.1, *ж, з*).

При установке заготовок по отверстиям применяют установочные пальцы и оправки.

Общие требования к опорным элементам приспособлений: их количество и расположение должны обеспечивать необходимую ориентацию и устойчивость обрабатываемой заготовки; при базировании заготовки по черновым базам опорные элементы следует выполнять с малой опорной поверхностью; опорные элементы должны быть жесткими и износостойкими, особенно при установке детали на чистовые базы на финишных операциях; опорные элементы выбирают легкосменными в целях упрощения ремонта приспособлений.

Зажимные устройства служат для надежного закрепления заготовки после обеспечения ей заданного положения при базировании в приспособлении, не допуская смещения, деформации или вибрации детали при обработке.

Зажимные устройства бывают простые и сложные. К простым зажимам относятся винтовые, клиновые, эксцентриковые, цанговые (рисунок 15.2) и др.



а – винтовое: 1 – наконечник; 2 – рукоятка; *l* – плечо рукоятки; *W* - сила зажима;
б – клиновое: 1 – заготовка; *W* – сила зажима; W_a – сила привода; α_1 – угол клина;
в – эксцентриковое: 1 – заготовка; *e* – эксцентриситет;
г – цанговое: 1 – заготовка; 2 – разрезная гильза; 3 – клин; *W* – сила зажима; W_a – сила привода; α – угол конуса

Рисунок 15.2. – Простейшие зажимные устройства

Сложные зажимные устройства состоят из нескольких простых устройств, соединенных вместе. К ним относятся зажимные устройства для станков непрерывного действия (многошпиндельных со столом) и автоматические, исключающие ручной труд при закреплении заготовок в приспособлении.

Винтовые зажимы используют в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, механизированных и спутниках на автоматических линиях (см. рисунок 15.2, *а*). Для устранения смятия и смещения заготовки на торце зажимного винта предусмотрен качающийся наконечник *1.* Сила, с которой зажимается заготовка, зависит от длины *l* плеча рукоятки *2,* приложенной к ней силы, вида и параметров резьбы.

Клиновые зажимы (см. рисунок 15.2, *б*) применяют в качестве промежуточного звена в сложных зажимных механизмах. Зажимы отличают простота, компактность и легкость размещения в приспособлении. Клиновой зажим должен обладать самоторможением, что обеспечивает надежность закрепления обрабатываемой заготовки *1.* Для обеспечения самоторможения клина необходимо, чтобы угол наклона поверхности клина не превышал 11°.

Эксцентриковые зажимы (см. рисунок 15.2, *в*) относятся к быстродействующим. Применяются эксцентрики с рабочим профилем в виде окружности, логарифмической или архимедовой спирали. Наиболее простыми являются круглые эксцентрики в виде дисков. Наружный диаметр круглого эксцентрика равен 32–70 мм, а эксцентриситет 1,7–3,5 мм. Круглые эксцентрики изготавливают из стали 20Х, цементируют на глубину 0,8–1,2 мм и закаливают до твердости 55–60 HRC.

При закреплении заготовки *1* в приспособлении круглый эксцентрик поворачивают вокруг оси, смещенной на величину эксцентриситета *е* (см. рисунок 15.2, в). Эксцентрик должен быть самотормозящим, что обеспечивается отношением его диаметра к эксцентриситету в пределах 14–16.

Цанговый, зажим (см. рисунок 15.2, *г)* представляет собой разрезную пружинную гильзу *2,* изготовленную из инструментальной термически обработанной стали У10А. Угол конуса гильзы α = 15–20° (при меньших углах возможно ее заклинивание). Угол конуса в клине *3* больше, чем в гильзе, на 1°.

Зажимные устройства должны обеспечивать равномерность закрепления заготовки, исключающую деформацию и повреждение ее поверхностен; минимальную силу зажима, но достаточную для надежного закрепления детали.

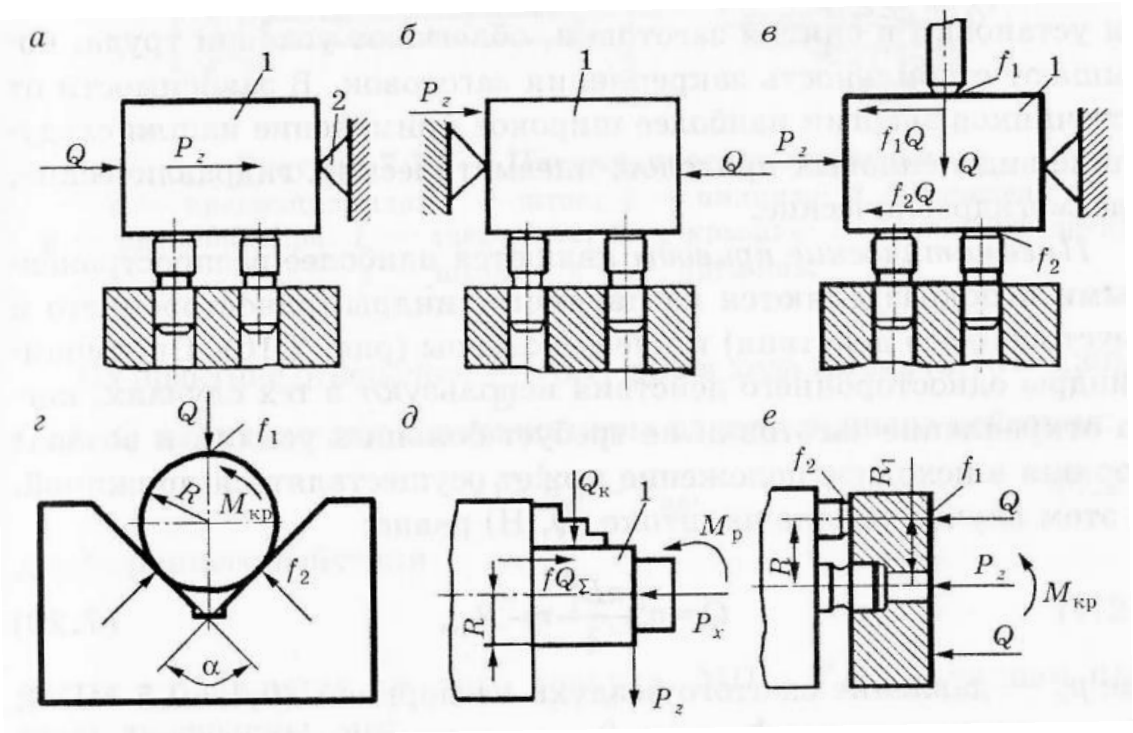


Рисунок 15.3. – Схемы для расчета сил зажима
при различной установке заготовки

При обработке резанием на заготовку действуют силы резания, определяющие силы зажима и реакции опор. Необходимая сила зажима должна исключать возможность смещения заготовки в приспособлении. Величина силы зажима зависит от принятой схемы установки заготовки, величины и направления сил резания (см. рисунок 15.3, *а–е).*

Ниже в качестве примера приведены зависимости для расчета сил зажима в наиболее сложных случаях.

На рисунке 15.3, *в* показана схема, когда силы Q и P_z действуют на заготовку по взаимно перпендикулярных направлениях. Силе P противодействует сила трения f_1Q между зажимным элементом и верхней плоскостью заготовки и сила трения f_2Q между опорными штырями приспособления и нижней базовой плоскостью заготовки:

$$f_1Q + f_2Q = kP_z, \tag{15.1}$$

где k – коэффициент запаса (при черновой обработке k = 2,0; при чистовой обработке k = 1,4).

Откуда

$$Q = kP_z \Big/ \left(f_1 + f_2\right). \tag{15.2}$$

Если принять $f_1 = f_2 = 0{,}1$, то

$$Q = 5kP_z. \tag{15.3}$$

При закреплении заготовки в трехкулачковом патроне (см. рисунок 15.3, *д*) она подвергается действию составляющих сил резания P_z (касательной) и P_x (осевой). Сила P_z создает момент резания $M_p = P_zR$, стремящийся повернуть заготовку вокруг ее оси, а сила P_x – сместить заготовку вдоль ее оси.

Суммарная сила зажима тремя кулачками Q_Σ определяется из выражения

$$Q_\Sigma fR = kM_p, \tag{15.4}$$

где R – радиус заготовки; f – коэффициент трения между кулачками патрона и заготовкой.

Сила зажима одним кулачком

$$Q_к = Q_\Sigma \Big/ z, \tag{15.5}$$

где z – число кулачков в патроне.

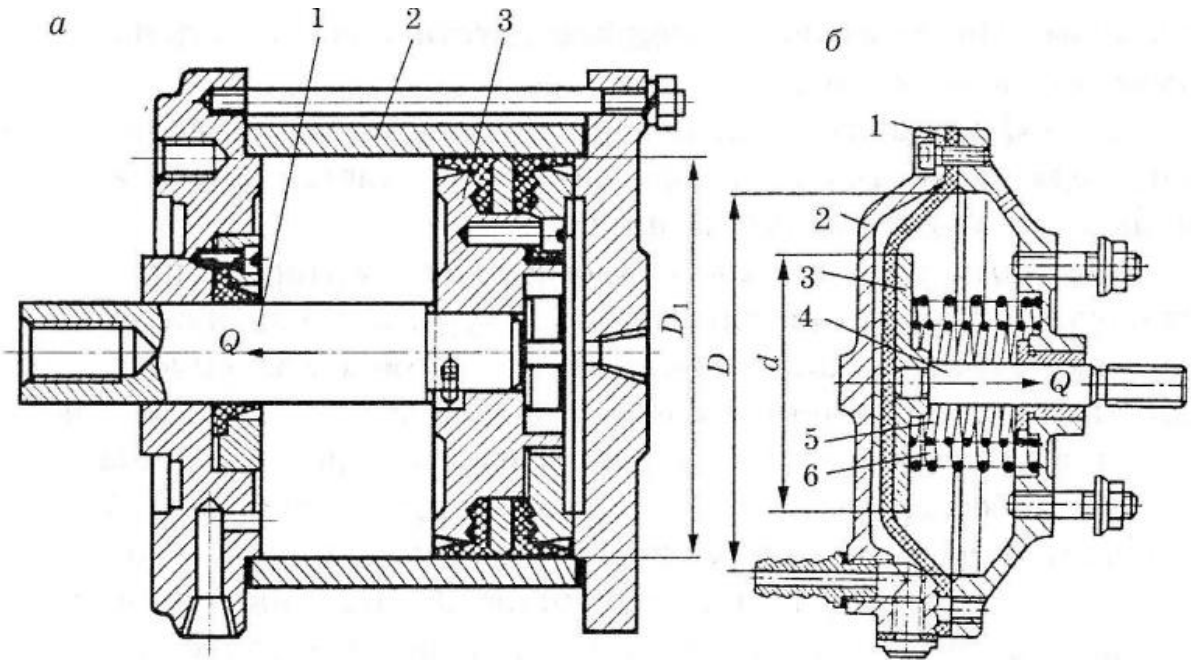
Отсутствие осевого сдвига заготовки проверяется по формуле

$$Q_{\Sigma} fk > P_x . \qquad (15.6)$$

15.3. Силовые приводы зажимных устройств

По степени механизации они подразделяются на ручные, механизированные и автоматизированные.

В технологических приспособлениях чаще всего используются механизированные силовые приводы, которые сокращают время установки и снятия заготовки, облегчают условия труда, повышают стабильность закрепления заготовок. В зависимости от источников энергии наиболее широкое применение нашли следующие виды силовых приводов: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические. *Пневматические приводы* являются наиболее распространенными и подразделяются на пневмоцилиндры (одностороннего и двустороннего действия) и пневмокамеры (рисунок 15.4).



а – пневмоцилиндр: 1 – шток; 2 – цилиндр; 3 – поршень;
б – пневмокамера: 1 – диафрагма; 2 – крышка: 3 – опорный диск;
4 – шток; 5 и 6 – пружины

Рисунок 15.4. – Пневматические приводы

Пневмоцилиндры одностороннего действия используют в тех случаях, когда открепление заготовки не требует больших усилий и возврат поршня в исходное положение может осуществляться пружиной. В этом случае усилие на штоке (*Q, H*) определяется как

$$Q = p_в \frac{\pi D_1^2}{4} \eta - P_{пр}, \qquad (15.7)$$

где $p_в$ – давление сжатого воздуха на поршень (0,4–0,5 МПа); D_1 – диаметр поршня, мм; $P_{пр}$ – сопротивление возвратной пружины в конце рабочего хода поршня, Н; η – КПД, учитывающий потери за счет трения в цилиндре (η = 0,85–0,95).

Для пневмоцилиндра двустороннего действия сила на штоке равна

$$Q = p_в \frac{\pi D_1^2}{4} \eta - P_{пр}. \qquad (15.8)$$

Пневмокамеры (диафрагменные силовые приводы) изготавливаются чаще всего одностороннего действия (см. рисунок 15.4, *б*). Сила на штоке пневмокамеры зависит от отношения *d/D* (*d* – диаметр опорного диска, *D* – диаметр рабочей части диафрагмы).

На практике данное соотношение принимают равным 0,7. При этом длина хода штока (0,16–0,30)*D*. Сила *Q* на штоке для пневмокамеры^

одностороннего действия:

$$Q = p_в F - P_{пр}; \qquad (15.9)$$

двустороннего действия

$$Q = p_в F, \qquad (15.10)$$

где $p_в$ – давление сжатого воздуха, МПа; *F* – активная площадь диафрагмы, мм^2.

$$F = \frac{\pi D_1^2}{12}\left(D^2 + Dd + d^2\right). \qquad (15.11)$$

Пневмокамеры по конструкции проще, дешевле и выдерживают до 500 тыс. включений (пневмоцилиндры – до 50 тыс.), не требуют высокой точности и качества обработки рабочей поверхности; исключают утечку сжатого воздуха до разрушения диафрагмы.

Однако пневмокамеры имеют небольшую величину хода штока и нестабильное усилие на штоке при его перемещении.

Гидравлические силовые приводы по сравнению с пневмоприводами имеют ряд преимуществ: большую силу зажима благодаря высокому давлению рабочей жидкости; самосмазываемость трущихся деталей гидроцилиндра; меньшие массу и габаритные размеры. Недостатки – сложность установки и большая стоимость гидроприводов.

Сила *Q* на штоке гидроцилиндра зависит от давления рабочей жидкости и площади поршня и определяется по тем же формулам, что и для пневмоцилиндров.

Пневмогидравлические, силовые приводы (пневмоприводы с гидроусилителем) применяют в тех случаях, когда нужно иметь большие усилия зажима, не создавая громоздких силовых устройств. Принцип действия пневмогидравлических приводов заключается в следующем. Сжатый воздух из воздушной магистрали поступает в бесштоковую полость пневмоцилиндра *6* (рисунок 15.5), поршень *5* со штоком-плунжером *4* перемещается влево, создавая давление масла в гидроцилиндре *3*. Под давлением масла поршень *2* со штоком *1* перемещается влево и приводит в действие зажимное устройство приспособления.

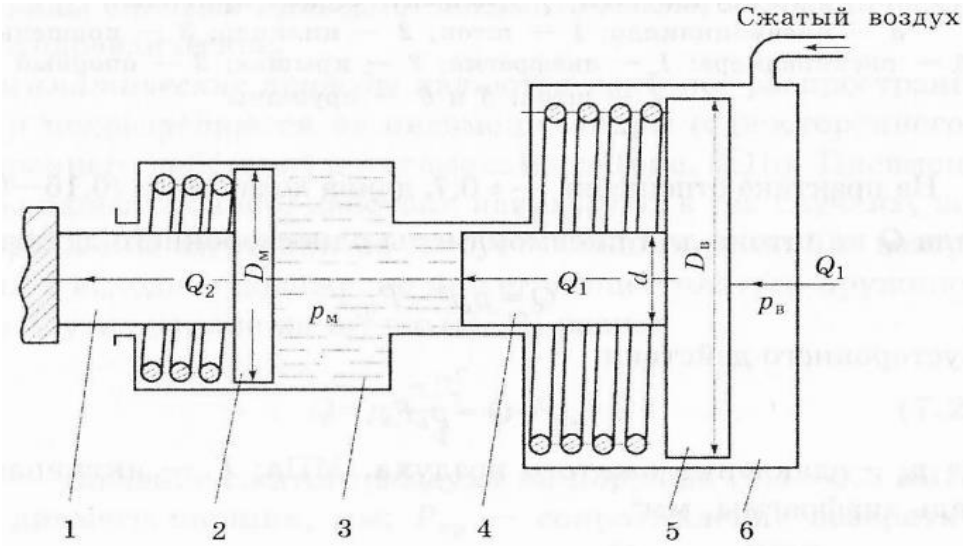


Рисунок 15.5. – Пневмогидравлический привод

Сила Q_2 на штоке зажимного устройств

$$Q_2 = Q_1 \frac{D_м^2}{d^2} \eta, \qquad (15.12)$$

где Q_1 – сила на штоке пневмоцилиндра.

$$Q_1 = p_в \frac{\pi D_в^2}{4}, \qquad (15.13)$$

где $D_м$ – диаметр поршня гидроцилиндра, мм; d – диаметр штока плунжера, мм; η – КПД пневмоцилиндра; $p_в$ – давление сжатого воздуха в пневмоцилиндре, МПа; $D_в$ – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм.

Вспомогательные и направляющие элементы. Вспомогательные элементы служат для удобства работы с приспособлениями и представляют собой рукоятки, выталкиватели обработанных деталей, шпонки для ускорения установки приспособления на станке, упоры для наладки станка. Для фиксации в определенном положении поворотной части приспособления с закрепленной в ней заготовкой применяют делительные устройства, состоящие из диска, жестко установленного на поворотной части приспособления, и фиксатора.

Направляющие элементы, называемые кондукторами, применяют при обработке отверстий сверлами, развертками, зенкерами, резцовыми скалками. Втулки кондукторов бывают постоянными (запрессованными в корпус), сменными (закрепляемыми винтом в постоянных втулках корпуса) и быстросменными (при применении разных инструментов на одной операции). Расстояние от нижнего торца втулок до поверхности обрабатываемой детали принимают 0,3–1,0 диаметра отверстия втулки, причем меньшее расстояние принимают при обработке хрупких материалов, а большее – при обработке вязких.

16. Автоматизация процессов обработки

16.1. Автоматизация технологических процессов обработки резанием

Автоматизация и механизация технологических процессов проводятся в целях улучшения условий производства, сокращения трудовых затрат, повышения объема выпуска и качества продукции и включают комплекс мероприятий, связанных е выполнением технологических процессов, управлением, контролем технологических процессов или технологического оборудования без непосредственного участия человека.

Следует учитывать, что не каждый технологический процесс может быть использован в качестве исходного при автоматизации. Поэтому необходим

анализ технологических процессов и средств технологического оснащения, которые обеспечивали бы заданные качество и точность при высокой производительности труда.

Первая ступень автоматизации технологических процессов охватывает лишь отдельные технологические операции обработки. Высшей формой автоматизации производства на первом этапе автоматизации является создание поточных линий из автоматов и полуавтоматов, характеризующихся автоматическим выполнением операции. Загрузка заготовок на обработку, их межстаночное перемещение, накопление задела, снятие обработанных деталей, и удаление стружки выполняются вручную.

Вторая ступень автоматизации характеризуется созданием автоматических линий, на которых выполняются разнообразные операции обработки резанием, контроля и сборки без участия человека. Автоматически выполняется также комплекс вспомогательных процессов, например, транспортировка обрабатываемых заготовок между станками, складирование, сбор и переработка стружки.

По принципу работы автоматические линии разделяют на синхронные (с жесткой транспортной системой) и несинхронные (с гибкой транспортной системой). В линиях первого типа обрабатываемые заготовки передаются от станка к станку без транспортировки в магазины-накопители или бункеры. Станки в линии связаны жестким конвейером и образуют прямоточную линию. В несинхронных автоматических линиях каждый станок имеет бункер или магазин-накопитель для хранения обрабатываемых заготовок и манипулятор. Благодаря гибкой связи станки в линии могут работать независимо.

По типу применяемого металлорежущего оборудования автоматические линии могут состоять из универсальных, специализированных и специальных станков.

На третьей ступени автоматизации решается задача создания автоматизированных технологических комплексов и гибких производственных систем. Комплексная автоматизация технологических процессов характеризуется их полной автоматизацией, включая управление технологическими процессами получения заготовок, обработки резанием, термической обработки, сборки, контроля. Предусматривается автоматизация внутрицеховой транспортировки, складирования и управления производством.

Важнейшей принципиальной особенностью комплексной автоматизации является широкое применение вычислительной техники.

16.2. Технологические возможности станков с ЧПУ

Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) самостоятельно с высокой производительностью и точностью выполняют различные технологические операции (сверление, растачивание, фрезерование), причем режущий инструмент при этом подается автоматичесски, шпиндельная головка и салазки стола закрепляются в необходимом положении автоматически, нужное число оборотов шпиндельной головки также устанавливается автоматически. Предварительно настроенный РИ закреплен в конусе шпинделя.

Числовое программное управление станком основано на использовании чисел для задания программы перемещения исполнительных органов станка в процессе обработки резанием. Все, что у рабочего связано со знаниями и опытом, в станок с числовым программным управлением вкладывается в виде входной информации – программы. Технолог-программист составляет программу на основании чертежа и технологического процесса обработки заготовки. Сначала готовится технологическая информация, которая математически преобразуется на компьютере, кодируется и передается в цех.

Существующие системы автоматического программирования на базе передового опыта конструкторов и технологов в виде программного компьютерного обеспечения в состоянии разрабатывать высококачественные программы для станков с ЧПУ.

Принцип действия программного управления заключается в использовании считывающего устройства, которое обеспечивает подачу соответствующего электрического сигнала, когда программоноситель проходит через считывающее устройство. Таким образом, устройство управления выдает предусмотренные программой сигналы на автоматическое включение привода того или иного исполнительного механизма станка (шпиндельной или задней бабки, каретки с суппортом, резцедержателя и др.).

Технологические возможности станков с ЧПУ обусловлены их универсальностью, повышенными жесткостью, мощностью привода и точностью, многоинструментальностью, автоматизацией цикла технологических операций, широким диапазоном частот вращения шпинделя и подач, наличием корректоров положения инструментов, возможностью ручной коррекции подач, сокращением вспомогательного времени благодаря высоким скоростям вспомогательных ходов и малым затратам времени на смену РИ.

Полная автоматизация технологической операции на станках с ЧПУ, в т.ч. загрузки-выгрузки при использовании промышленных роботов, поворотных столов и других устройств, позволяет применять многостаночное обслуживание. Технические характеристики оборудования обеспечивают обработку заготовок в широком диапазоне размеров из разных материалов с использованием режущих инструментов из твердых сплавов, эльбора, белбора и искусственных алмазов.

Дальнейшее расширение технологических возможностей станков с ЧПУ неразрывно связано с совершенствованием системы управления. Системы ЧПУ берут на себя функции автоматической компенсации зоны нечувствительности в приводах при начале работы и реверсировании направления движения, что повышает точность обработки.

Все большее распространение находят самоприспосабливающиеся системы программного управления (с автоматическим регулированием, адаптивные), изменяющие режимы работы станка в зависимости от условий резания. Адаптивные системы управления повышают производительность станка, точность обработки, предохраняют режущие инструменты от случайных поломок, исключая чрезмерные нагрузки на них.

Наиболее характерными являются многооперационные станки с ЧПУ и автоматической заменой режущих инструментов, получившие название «обрабатывающие центры». Типовая схема комбинирования инструментов для токарных станков с ЧПУ приведена на рисунке 16.1.

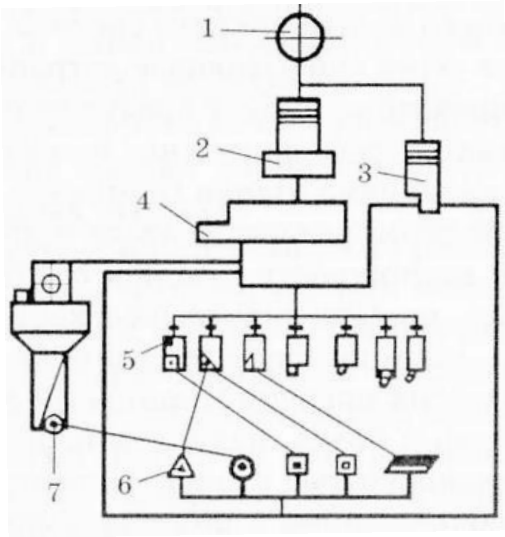


Рисунок 16.1. – Пример схемы комбинирования инструментов на станке

В револьверную головку (или суппорт) *1* станка могут устанавливаться резцедержатель *2* либо державки с цилиндрическим *3* или призматическим *4* хвостовиком. В свою очередь в них располагаются резцовые вставки *5* с многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластиками *6* различной формы. При необходимости в револьверную головку может быть установлено сверло *7.* Наличие комплекта различных инструментов на станке обеспечивает возможность более полной обработки заготовки.

Общим ограничением технологических возможностей станков с ЧПУ, особенно многоопераційных, является состав режущих инструментов, установленных непосредственно в шпинделе станка, револьверной головке или инструментальном магазине.

16.3. Изготовление деталей в гибких производственных системах

Гибкая производственная система (ГПС) – это совокупность оборудования с ЧПУ в разных сочетаниях, роботизированных технологических комплексов (РТК), гибких производственных модулей (ГПМ), отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. ГПС обладает свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Закономерность появления ГПС определяется тем, что они разрешают противоречие между потребностями в новой разнообразной технике и длительными сроками, включая значительные затраты на ее проектирование и подготовку производства. В связи с этим ГПС должны быть ориентированы на многономенклатурное, в том числе и опытное производство.

Основная цель создания ГПС состоит в том, чтобы обеспечить автоматические непрерывные принципы поточного производства при серийном выпуске продукции, всегда готовой быстро и безубыточно прекратить изготовление одной продукции, в короткий срок приступить к выпуску новых изделий. Эта важнейшая особенность производства, называемая гибкостью, означает возможность оперативной перенастройки и приспосабливаемости производства к удовлетворению потребностей выпускать требуемую номенклатуру продукции путем смены управляющих программ с сохранением оборудования и оснащения.

ГПС при минимальном числе работающих может осуществлять различные функции: обработку заготовок, сборку изделий и др. Для выполнения этих задач интегрированную ГПС комплектуют следующим оборудованием: ЭВМ и другой микропроцессорной техникой; станками с ЧПУ; контрольно-измерительной автоматической техникой, промышленными роботами для загрузки оборудования; межоперационным транспортом; автоматизированным складом инструментов; автоматизированной системой стружкоудаления.

ГПС в зависимости от назначения и конкретных условий работы имеют различную структуру и конструктивное выполнение. По данным признакам различают следующие виды ГПС:

– гибкий производственный модуль (ГПМ) – единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраивания в ГПС. Средства автоматизации ГПМ могут включать накопители, спутники, устройства загрузки и выгрузки, замены технологической оснастки, удаления отходов, автоматизированного контроля и диагностирования;

– робототехнический комплекс (РТК) представляет собой совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств управления, автономно функционирующую и осуществляющую многократные циклы. РТК, предназначенные для работы в ГПС, должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему. Средствами оснащения РТК могут быть устройства накопления, ориентации и другие устройства, обеспечивающие функционирование РТК.

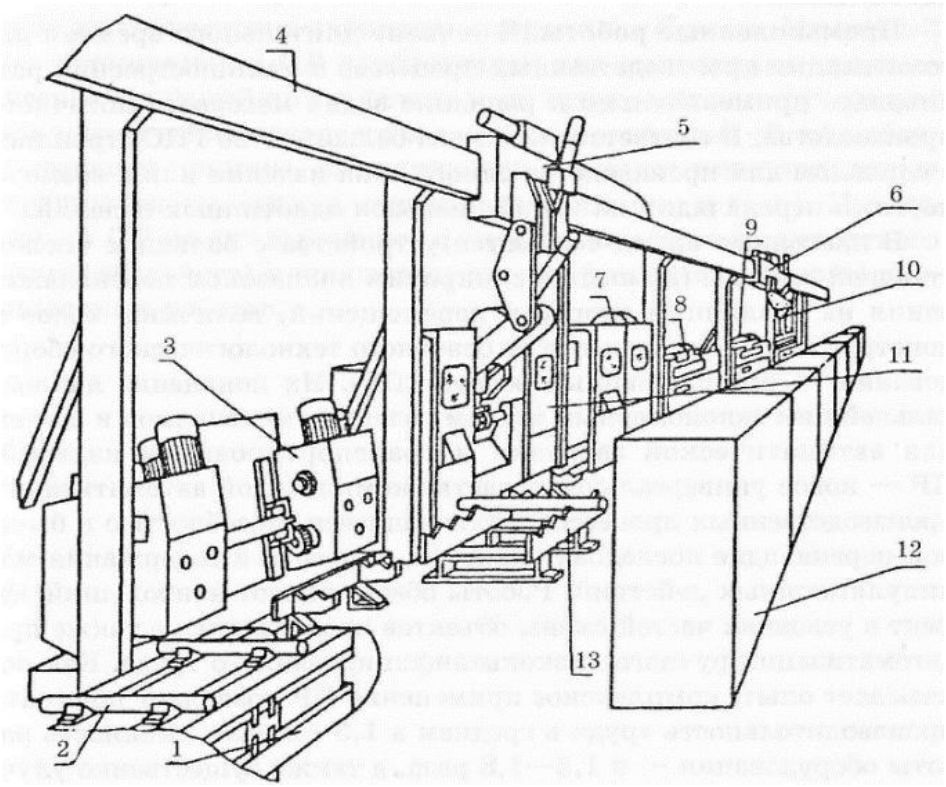
Основными характеристиками ГПМ и РТК являются: способность работать автономно или некоторое время без участия оператора, автоматически выполнять все основные и вспомогательные операции; гибкость, удовлетворяющая требованиям мелкосерийного производства; высокая степень завершенности обработки деталей с одного установа;

– гибкий автоматизированный участок (ГАУ) – производственная система, состоящая из одного или нескольких ГПМ, объединенных автоматизированной системой управления производством, и обеспечивающая автоматизированный переход на изготовление новых изделий.

Системы обеспечения функционирования ГПС представляют собой совокупность связанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управ-

ление ГПС с помощью ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки. Они могут работать в автоматическом или автоматизированном режиме.

Структура и технологические возможности ГПС механической обработки деталей типа валов представлены на рисунке 16.2.



1 – транспортная система; 2 – заготовка; 3 – станок фрезерно-центровальный МР1791;
4 -- портал; 5 и 6 – подвесные монорельсовые роботы;
7 и 11 – автоматы токарные 1Б732Ф3; 8 и 9 – станки круглошлифовальные 3М151Ф2;
10 – вертикально-фрезерный станок 654Ф3; 12 – системы управления;
13 – магазин-накопитель заготовок

Рисунок 16.2. – Гибкая производственная система

Основу ГПС составляют металлорежущие станки с ЧПУ и промышленные роботы. Она оснащена необходимыми вспомогательными устройствами, в т.ч. специальным механизированным столом-накопителем заготовок, межстаночными накопителями, стружкоуборочным конвейером, а также системой фотоэлементной защиты зоны работы роботов, обеспечивающей необходимые требования техники безопасности при ее обслуживании.

Группу станков обслуживает подвесной монорельсовый промышленный робот. Все механизмы на позициях работают независимо друг от друга

и подают сигналы об окончании закрепления заготовки. После получения сигнала подается команда на вращение шпинделей и перемещение суппортов и столов. Автономная система управления вначале быстро подводит инструменты, а затем включает рабочую подачу. В конце обработки происходит их быстрый отвод в исходное положение и подается сигнал об окончании цикла. Как только будет подан сигнал об окончании обработки на позиции, включаются механизмы, освобождающие обрабатываемые детали в приспособлениях. После завершения технологического процесса изготовленные детали складывают в накопителе.

16.4. Промышленные роботы

В течение длительного времени автоматизация производственных процессов в машиностроении развивалась применительно к решению задач массового поточного производства. В соответствии с этим большинство ГПС строились в основном для производства одного типа изделия или с возможностями переналадки на узкий диапазон однотипных изделий.

В настоящее время создаются устройства с большим числом степеней свободы (до шести) с широким диапазоном переналаживания на различные скорости перемещений, величины ходов и конструктивно независимые от основного технологического оборудования – промышленные роботы (ПР). Их появление явилось дальнейшим закономерным этапом развития механизмов и систем для автоматической загрузки и транспортирования изделий. Промышленные роботы – новое универсальное средство комплексной автоматизации производственных процессов, отличающееся способностью к быстрой переналадке последовательности, скорости и содержания манипуляционных действий. Роботы обеспечивают наибольший эффект в условиях частой смены объектов производства, а также при автоматизации ручного низкоквалифицированного труда. Как показывает опыт, комплексное применение ПР позволяет повысить производительность труда в среднем в 1,5–2 раза, сменность работы оборудования – в 1,5–1,8 раза, а также существенно улучшить ритмичность и общую культуру производства.

Основными структурными составными частями ПР являются исполнительное устройство, система управления и информационная система. Исполнительное устройство ПР выполняет двигательные функции работы, в его состав входят манипулятор и устройство передвижения. Система управления – совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих

средств управления, обеспечивающих обучение (программирование), сохранение программы и ее воспроизведение (считывание информации и передачу управляющих сигналов исполнительным органам ПР). Информационная система – совокупность взаимосвязанных технических средств, обеспечивающих получение, преобразование, обработку и передачу информации о состоянии ПР и внешней среды.

В зависимости от выполняемых функций ПР подразделяются на подъемно-транспортные (вспомогательные), производственные (технологические) и универсальные. *Подъемно-транспортный ПР* предназначен для выполнения вспомогательных переходов или операций перемещения; выполняет действия типа «взять – положить» при обслуживании технологического оборудования, а также на транспортно-складских операциях. *Производственный (технологический) ПР* предназначен для выполнения технологических операций или переходов; он непосредственно участвует в технологическом процессе в качестве производящей или обрабатывающей машины, выполняющей основные технологические операции (гибку, сварку, окрашивание, сборку и т.п.). *Универсальный ПР* может выполнять функции подъемно-транспортного (вспомогательного) и производственного (технологического) промышленных роботов.

17. Изготовление типовых деталей

17.1. Изготовление корпусных деталей

Особенности конструкции и обработки корпусных деталей. Корпусные детали в большинстве случаев являются базовыми деталями, на которых закрепляются остальные сборочные единицы. К ним относятся: картеры коробок передач, редукторов, блоки цилиндров и др. Для корпусных деталей характерно наличие точно обработанных отверстий, координированных между собой и относительно баз.

Материалами для изготовления корпусных деталей обычно служат серый чугун марок СЧ20; СЧ25; ковкий чугун КЧ35-10 или алюминиевые сплавы марок АЛ4, АД6, АЛ9. Для более мелких деталей используют цинковые и магниевые сплавы.

Корпусные детали ввиду их конструктивной сложности, как правило, изготавливают литьем в песчано-глинистые или металлические формы (литье под давлением).

До отправки в механический цех у отливок удаляют литники и прибыли, термической обработкой снимают внутренние напряжения, очищают поверхность, контролируют размеры.

Для корпусных деталей характерно наличие поверхностей, соединяемых с другими узлами или агрегатами автомобиля, а также гладких и резьбовых отверстий. Гладкие отверстия предназначены для установки валов. Точность диаметральных размеров основных отверстий соответствует 7-му квалитету, реже – 8-му квалитету, шероховатость поверхности *Ra* = 2,50–0,63 мкм. Отклонение отверстий от соосности устанавливают в пределах половины допуска на диаметр меньшего отверстия. Отклонение от параллельности осей отверстий допускается 0,02–0,05 мм на 100 мм длины. Отклонение от перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий допускается 0,02–0,05 мм на 100 мм радиуса. Базы обрабатывают с допустимыми отклонениями от прямолинейности 0,05–0,20 мм на всей длине и с шероховатостью *Ra* = 4,0–0,63 мкм.

Базирование корпусных деталей выполняют с учетом их конструктивных форм и технологии изготовления. Наиболее надежными и простыми технологическими базами при обработке корпусных деталей являются одна из плоскостей наибольшей протяженности и два отверстия, расположенных по диагонали этой плоскости.

Заготовки деталей фланцевого типа базируют по торцу фланца и точно обработанной поверхности центрального отверстия.

Если форма корпуса не позволяет эффективно использовать его поверхности для базирования, то целесообразно применять приспособления-спутники. При этом заготовка обрабатывается на различных операциях при постоянной установке в приспособлении, но положение самого приспособления на разных операциях меняется. Технологические процессы изготовления различных корпусных деталей имеют общую последовательность выполнения операций, однако могут иметь и отличия, зависящие от конструктивной формы и размеров заготовки, технических требований на изготовление детали.

Типовой маршрут изготовления корпусной детали можно представить в виде такой последовательности:

- обработка баз и сопрягаемых поверхностей;
- фрезерование или протягивание других ответственных поверхностей;
- черновое и чистовое растачивание основных отверстий;

– сверление, зенкерование, нарезание резьбы, развертывание второстепенных отверстий;

– тонкое растачивание или хонингование точных отверстий;

– окончательная обработка поверхностей, требующих обеспечения высокой точности размеров.

Кроме перечисленных операций, в ТП могут входить запрессовка направляющих втулок, сборка соединяемых деталей и их последующая совместная обработка, а также мойка и автоматический контроль размеров.

Обработка корпусных деталей на непереналаживаемых (жестких) линиях. Для изготовления корпусных деталей автомобилей МАЗ, ЗИЛ, ГАЗ до сих пор применяются частично автоматизированные поточные линии, на которых выполняются разнообразные технологические операции обработки резанием: фрезерование, сверление, развертывание, растачивание, протягивание, хонингование, нарезание резьбы. Наряду с этим, на автоматических линиях выполняют отдельные сборочные операции (запрессовку втулок, сборку крышек коренных подшипников с блоком цилиндров и затягивание болтов), мойку, контроль и испытание.

В качестве примера рассмотрим изготовление блока цилиндров V-образного двигателя, являющегося сложной и трудоемкой деталью с большим числом плоскостей и отверстий, относительно тонких наружных и внутренних стенок, резких переходов, ребер жесткости.

Заготовки блоков цилиндров получают из серого чугуна СЧ18, СЧ21 и других марок литьем в песчано-глинистые формы с машинной формовкой. Форму заливают при температуре чугуна не ниже 1340 ^{o}C. Отливку выбивают из опоки при температуре не больше 500 ^{o}C, а стержни – 400 ^{o}C. В дробеметных камерах зачищают места удаления литников, прибылей и заусенцев, в них же тщательно очищают от земли и песка внутренние полости блока. Заготовки подвергают старению при температуре 150–200 ^{o}C в течение 5 ч.

Отклонение толщины стенок цилиндров, водяной рубашки и газопроводов – не более 2 мм от номинального размера. Твердость чугунных заготовок 143–289 НВ в зависимости от марки серого чугуна. Заготовки блоков подвергают гидроиспытаниям под давлением 0,3–0,5 МПа в течение 3 мин. Припуск на обработку резанием составляет 3–5 мм на сторону для чугунных блоков.

Блоки цилиндров из алюминиевых сплавов получают литьем в кокиль без давления или под давлением. По сравнению с чугунными они более легкие, с меньшими припусками на механическую обработку (2–3 мм на сторону).

Сложная форма блока цилиндров может вызвать деформацию литой заготовки при остывании, поэтому на первых технологических операциях обработки удаляют припуск с поверхностей наибольшей длины и площади.

Заготовку блока цилиндров базируют на первых операциях для формирования чистовых технологических баз по отверстиям под гильзы, а на большинстве операций по нижним плоскостям *1* и двум установочным отверстиям *5* (рисунок 17.1).

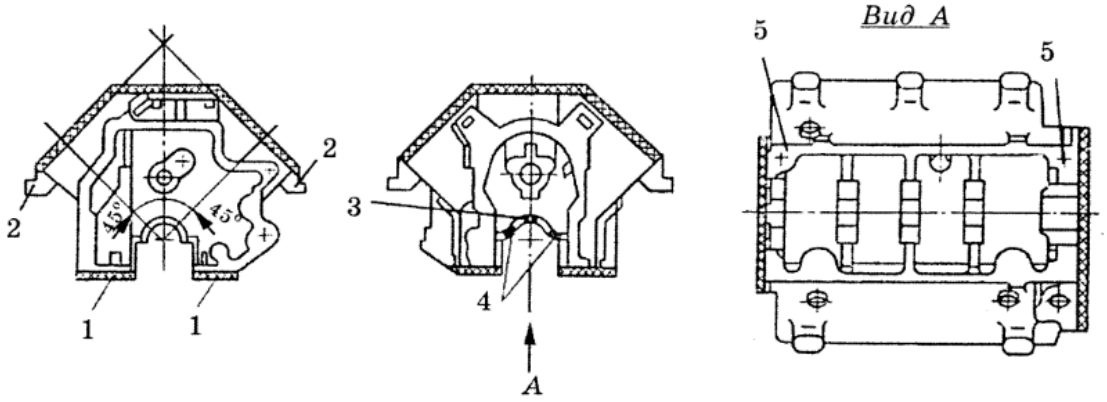


Рисунок 17.1. – Базирование блока цилиндров при обработке

Нижнюю поверхность блока обрабатывают на автоматической линии, где в качестве баз используют плоскости технологических приливов *2* и торец блока. В конце обработки базами выбирают поверхности коренных опор *3* и *4* и один из их торцов.

При обработке резанием основные поверхности блока цилиндров изготавливают с высокой точностью взаимного расположения поверхностей, размеров и малой шероховатостью.

Изготовление осуществляется на жестких автоматических линиях, которые выполнены по сложной структурной схеме и объединены в автоматизированный участок, на котором происходит полная обработка блоков цилиндров. К примеру, участок автоматических линий бывшего предприятия ЗИЛ состоял из 147 станков, на которых установлено 312 силовых узлов с общим числом шпинделей 1554. На линиях работает 455 электродвигателей общей мощностью 2216 кВт. Площадь автоматизированного участка составляет 3605 м^2. В ПО «Автодизель» работает схожий комплекс, отличающийся тем, что на линиях можно обрабатывать шести- и восьмицилиндровые блоки цилиндров.

В процессе обработки на комплексе автоматических линий заготовки блоков цилиндров многократно поворачивают вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Силовые узлы автоматических линий, поворотные механизмы, транспортные устройства и механизмы зажима и фиксации заготовок блоков цилиндров в приспособлениях станков приводятся в действие от гидроприводов. Для управления работой вспомогательных механизмов предусмотрена контрольно-регулирующая и распределительная аппаратура.

Контроль блоков цилиндров после обработки осуществляется сначала внешним осмотром, после – проверкой точности взаимного расположения отверстий и плоскостей, диаметров отверстий под коренные подшипники и во втулках распределительного вала, отверстий под гильзы цилиндров и глубины выточек в них и т.д. Все блоки цилиндров подвергают гидроиспытаниям, после чего передают на конвейер сборки двигателей.

Обработка корпусных деталей на гибких автоматических линиях. Основным направлением технического прогресса современного автомобилестроения является создание производства, обеспечивающего быструю переналадку оборудования для выпуска широкой номенклатуры деталей. Данными свойствами обладают гибкие производственные системы (ГПС), способные к быстрой перенастройке за счет применения оборудования с ЧПУ, автоматизированных средств межоперационного транспортирования и накопления изделий, систем автоматизированного управления.

Для обработки корпусных деталей в ГПС в основном применяют многоцелевые станки фрезерно-расточной группы с ЧПУ типа обрабатывающего центра (ОЦ). Такое оборудование имеет автоматизированную загрузку заготовок и разгрузку деталей, снабжено одним или двумя инструментальными магазинами.

На рисунке 17.2 представлен гибкий производственный модуль модели ИС 500 ПМ 1Ф4-01, предназначенный для обработки корпусных деталей из чугуна, стали, алюминиевых и магниевых сплавов в диапазоне размеров от 50х50х50 мм до 700х700х700 мм.

Станок снабжен шпиндельной бабкой *1* с двигателем, позволяющим бесступенчато изменять частоту вращения шпинделя, который имеет возможность перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях вдоль осей *Y* и *Z*. Цепной инструментальный магазин *2* расположен на своем фундаменте, а манипулятор смены инструмента установлен на корпусе магазина. Предусмотрена установка многошпиндельных и угловых головок с переменным кодированием инструмента и двумя магазинами на 64 и 100

инструментов. Это позволяет выполнять обработку плоских поверхностей, гладких и резьбовых отверстий, цилиндрических выступов, выточек, наружных канавок, а также обточку торцов корпусных деталей, закрепленных в специальных устройствах *3*.

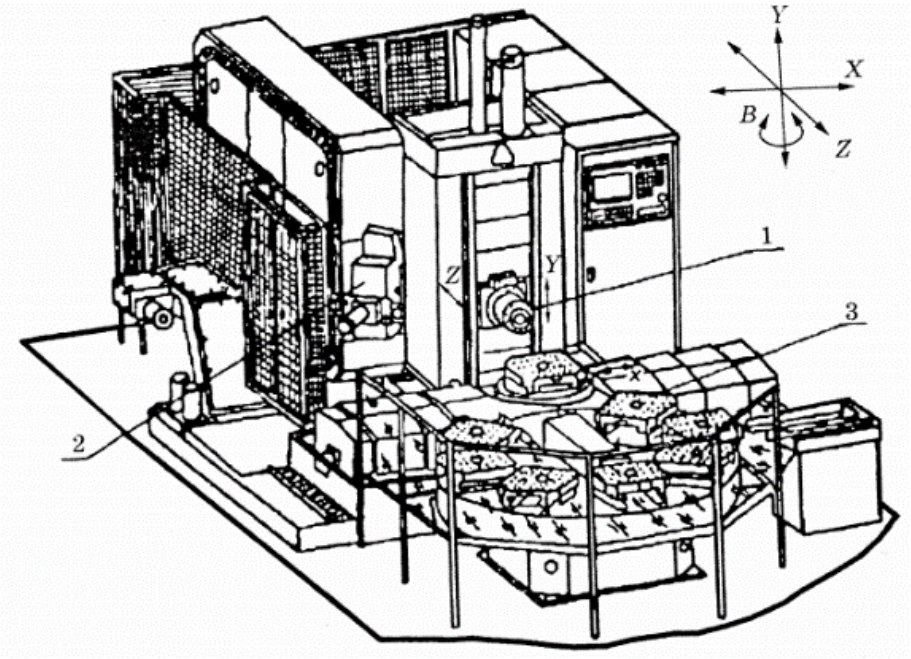


Рисунок 17.2. – Гибкий производственный модуль
для обработки корпусных деталей

Для обработки сложных корпусных деталей (блоков цилиндров, картеров коробок передач, корпусов компрессоров) особенно эффективно применять станки следующего поколения: трипоиды и гексапоиды. Особенностью этих станков является то, что они снабжены тремя (трипоид) или шестью (гексапоид) шарнирно соединенными телескопическими штангами, на которых устанавливается шпиндель-мотор с инструментом.

Такие станки, снабженные инструментальными магазинами, позволяют одновременно обрабатывать несколько поверхностей. Смена инструментов выполняется автоматически.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на эксплуатационную эффективность ГПС, является разработка оптимального варианта технологического процесса под подобранную номенклатуру деталей.

На рисунке 17.3 показан комплекс для обработки 26 наименований корпусных деталей автомобилей БелАЗ (разработка НИИТавтопрома совместно с МГТУ и МАМИ).

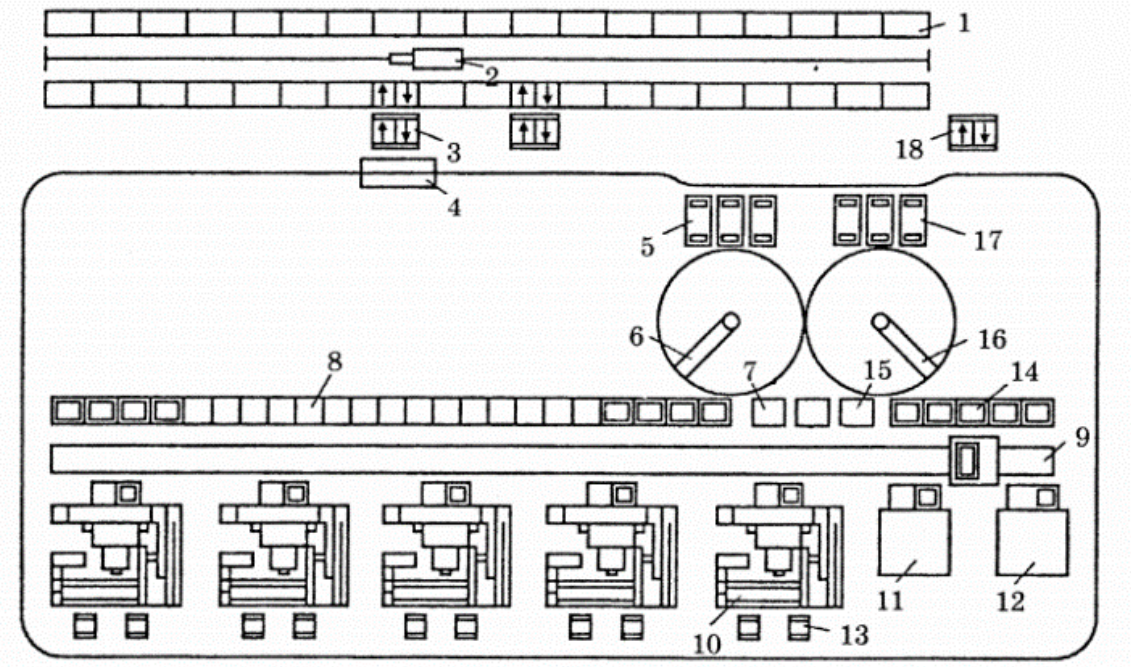


Рисунок 17.3. – Структура комплекса для обработки корпусных деталей автомобилей БелАЗ

Комплекс состоит из автоматизированного склада *1*, откуда заготовки с помощью штабелера *2* подаются на двухсекционный промежуточный накопитель *3*. Отсюда они перемещаются роботизированной тележкой *4* на накопитель *5*. Затем манипулятор *6* подает заготовки на станции загрузки *7* к приставочному накопителю *8* и ленточному транспортеру *9*, который подает их на позиции обработки, где установлено пять станков *10* типа ОЦ с ЧПУ, моечная машина *11* и контрольное оборудование *12*. Инструмент в магазины станков автоматически подается из накопителей *13*. Обработанные детали поступают на транспортер *14* и станцию разгрузки *15*. Затем манипулятор *16* перемещает их на накопитель готовых деталей *17*, откуда они подаются на промежуточный накопитель *18*, а затем на склад готовых деталей. Работой станков и транспортными системами управляет ЭВМ, размещенная в отдельном помещении.

На рассматриваемой ГПС изготавливают корпуса распределителей, обратных клапанов, редукторов и др.

Обработка деталей на линиях с переменной структурой. Гибкие производственные системы, применяемые для обработки корпусных и других типов деталей, имеют значительное преимущество по сравнению с традиционными автоматическими линиями. Каждая ГПС позволяет вести обработку

большой группы деталей; переналадка с одной детали на другую происходит автоматически и требует минимального времени. Но из-за того, что в подавляющем большинстве случаев на каждом обрабатывающее центре ГПС инструменты работают последовательно, производительность таких систем значительно ниже, чем традиционных (жестких) автоматических линий. Для повышения производительности в ГПС включают по несколько одинаковых ОЦ, что существенно усложняет их компоновку и в несколько раз повышает стоимость оборудования.

В связи с тем, что автомобильный рынок становится все более динамичным (конструкции узлов и деталей изменяются в среднем каждые 3–4 года, а срок службы линий 10–12 лет), необходимо создавать станочные системы с переменной структурой, которые обеспечивали бы многоинструментальную высокопроизводительную обработку (как жесткие линии) и в то же время позволяли периодически перекомпоновывать их при изменении конструкции деталей. Линии с переменной структурой уже находят значительное применение у нас в стране и в СНГ, широко используются за рубежом и называются «реконфигурируемые системы». Решающим для системы с переменной структурой являются дальнейшее развитие метода агрегатирования станочного оборудования, стандартизация и унификация узлов и элементов, из которых они компонуются, с целью обеспечения возможности замены узлов различного назначения: многошпиндельных головок с разным количеством шпинделей, силовых головок, встраиваемых автоматических загрузочных, измерительных и других компонентов. Для этого сменные узлы должны иметь унифицированные установочные размеры с базовыми узлами (например, станинами), тогда время на их замену может быть минимизировано.

Приведенные примеры обработки корпусных деталей (наиболее сложных деталей автомобиля) показывают, насколько важна технологическая подготовка производства в автомобилестроении. Обеспечение заданного выпуска деталей с высоким качеством и точностью обрабатываемых поверхностей требует анализа большого количества вариантов технологического процесса, выбора технологических и транспортных систем, а также систем управления.

17.2. Технология изготовления валов

Особенности конструкции валов. Валы, как правило, имеют сложную конфигурацию и представляют собой сочетания гладких шеек, резьб, фланцев, зубчатых венцов и т.д. Осевые отверстия валов могут быть гладкими, ступенчатыми или фасонными. Некоторые валы имеют радиальные и наклонные отверстия для подвода масла. Наибольшее распространение получили ступенчатые валы. При переходе от одной ступени к другой они имеют канавки или переходные поверхности. К геометрической форме и взаимному расположению отдельных поверхностей валов предъявляются жесткие требования. Некоторые валы должны быть динамически сбалансированы. Дисбаланс валов не должен превышать 10–40 г·см.

С целью повышения износостойкости рабочие поверхности валов термически обрабатывают.

Материалы и методы получения заготовок. Валы в основном изготавливают из конструкционных и легированных сталей: 40, 45, 35Х, 40Х, 25ХГМ, 20ХГНМ, 19ХГН, 15ХГНТ2А и др.

Прогрессивные методы изготовления заготовок валов (штамповка в закрытых штампах, высадка на горизонтально-ковочных машинах, поперечно-винтовая прокатка, объемная холодная штамповка и др.) имеют коэффициент использования металла 0,7 и выше. Заготовки гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом ступеней изготавливают из горячекатаного или калиброванного проката.

Заготовки чугунных валов изготавливают литьем в оболочковые формы, что позволяет получать заготовки высокой точности.

Базы и базирование валов. Основными базами для большинства валов являются поверхности опорных шеек и один из их торцов, однако при их использовании невозможна полная обработка наружных поверхностей с одного установа. Поэтому чаще всего используют предварительно сформированные технологические базы (поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки). Поверхности опорных или посадочных шеек могут быть использованы в качестве двойной направляющей технологической базы на операциях по обработке лысок, поперечных и продольных отверстий, шпоночных пазов и т.п. При этом одну из торцовых поверхностей ступени вала, откуда задан размер в осевом положении до обрабатываемой поверхности, назначают в качестве опорной технологической базы.

При обработке длинных (нежестких) валов используют дополнительную технологическую базу, например, поверхность посадочной шейки, которую устанавливают в люнет.

Технологический маршрут обработки. Типовой технологический процесс (ТП) обработки вала обычно включает следующие основные операций:

- обработка торцов и центровых отверстий;
- черновая токарная обработка наружных поверхностей;
- получистовая токарная обработка наружных поверхностей, прорезаиие канавок, нарезание наружных резьб;
- фрезерование шлицев, шпоночных пазов, сверление поперечных отверстий;
- чистовая токарная обработка поверхностей шеек;
- шлифование поверхностей шлицев;
- шлифование шеек.

В зависимости от технических требований, предъявляемых к валам, между операциями лезвийной и абразивной обработки могут быть предусмотрены операции термической обработки: улучшение, цементация, закалка токами высокой частоты с высоким или низким отпуском.

При построении технологического маршрута обработки ступенчатого вала исходят из следующего:

- на первой операции выполняют обработку торцовых поверхностей и центровых отверстий с целью получения технологических баз для последующей обработки;
- технологический процесс механической обработки вала начинают с черновой обработки всех поверхностей: удаления основного припуска, что обеспечивает максимальное устранение погрешностей размеров и формы заготовки; равномерного съема припуска на последующей чистовой обработке; своевременного выявления дефектов заготовки;
- после выполнения черновой обработки в технологическом процессе может быть предусмотрено применение промежуточной термообработки (нормализации – для улучшения обрабатываемости малоуглеродистых и легированных малоуглеродистых сталей; старения – для снятия внутренних напряжений в крупных отливках и т.п.);
- после термической обработки поверхностей вала (закалки и отпуска) и получения твердости более 40 HRC обработку поверхностей следует вести абразивным инструментом;

– если в технических требованиях на изготовление вала предусмотрено повышение твердости (55–60 HRC) отдельных элементов посредством их цементации и последующей закалки, то эти поверхности насыщают углеродом. Остальные поверхности защищают: меднением, повышением припуска на глубину цементации, который удаляется после цементации до закалки;

– после операций термической обработки следует вводить операции по исправлению базовых поверхностей (центровых отверстий);

– если в конструкции детали заданы требования по точности взаимного расположения поверхностей (соосности, концентричности, биению и т.п.), то при проектировании процесса необходимо предусмотреть обработку этих поверхностей с одного установа:

– при чистовой обработке в целом завершается обработка отдельных поверхностей, требуемые точность и качество которых уже достигнуты, или происходит подготовка некоторых поверхностей к последующей более точной обработке;

– шлицевые поверхности, которые будут подвергнуты закалке, фрезеруют с оставлением припуска на шлифование тех из них, по которым будет осуществляться центрирование. Обработка шлицевых незакаливаемых поверхностей ограничивается чистовым фрезерованием после чистовой обработки наружной поверхности;

– при обработке шпоночных пазов наибольшая точность по глубине и параллельности боковых поверхностей относительно оси вала достигается при базировании по центровым отверстиям. Если же в качестве двойной направляющей технологической базы используется наружная поверхность, то необходимо учесть возможную погрешность установки и сопоставить ее с заданной точностью паза;

– обработку шлицев, шпоночных канавок, лысок, поперечных отверстий на ранее обработанных поверхностях следует выносить в отдельные операции;

– отделочные операции следует предусматривать в конце технологического процесса, т.к. окончательно обработанные поверхности могут быть повреждены при последующей обработке или транспортировке;

– для обработки на токарных станках с ЧПУ можно выделить следующий порядок: черновая обработка основных поверхностей (наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных, неглубоких канавок и выточек до 1 мм, которые можно обработать проходными или расточными контурными резцами); черновая обработка дополнительных форм поверхностей,

для которых необходим инструмент, отличающийся от контурного резца; чистовая обработка этих же дополнительных форм поверхностей, т.к. она может производиться тем же инструментом; чистовая обработка дополнительных форм поверхностей, не требующих черновой обработки; чистовая обработка основных форм поверхностей;

– для достижения точности линейных размеров ступеней вала необходимо обеспечить точное положение заготовки в осевом направлении. При установке заготовок в центрах и патронах линейные размеры можно выдерживать от любого торца, используя торцовую поверхность как технологическую базу.

Методы обработки поверхностей. Для обработки наружных цилиндрических, конических, торцовых поверхностей, резьб, шпоночных пазов и шлицевых поверхностей валов используют различные методы, наиболее распространенные из которых приведены в таблице 17.1.

Таблица 17.1. – Методы обработки поверхностей валов

Методы обработки		Значение параметра *Ra*, мкм	Квалитеты точности	
			экономические	достижимые
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Обтачивание с продольной подачей	Обдирочное	25,0–100,0	15–17	–
	Получистовое	6,3–12,5	12–14	–
	Чистовое	1,6*–3,2	7–9	6
	Тонкое	0,4*–0,8	6	5
Обтачивание скоростное	Чистовое	0,4–1,6	11	8; 9
Шлифование круглое	Получистовое	3,2–6,3	8–11	–
	Чистовое	0,8*–1,6	6–8	6
	Тонкое	0,2*–0,4	5	Выше 5-го
Полирование	Обычное	0,2–1,6	6	–
	Тонкое	0,05–0,1	5	–
Суперфиниширование		0,05*–0,4	5 и точнее	–
Нарезание резьб	Плашкой, метчиком	3,2–12,5*	6–8	–
	Резцом, гребенкой	3,2*–6,3	6–8	4–5
	Фрезой	3,2*–6,3	8	–
Шлифование резьб		1,6*–3,2	4–6	–
Накатывание резьб роликами		0,4–0,8	6–8	4
Вихревое нарезание резьб		0,8–6,3	6–8	–

Окончание таблицы 17.1

1	*2*	*3*	*4*	*5*
Шлицефрезе-рование	Черновое	4,0–10,0	9–11	–
	Чистовое	1,2–4,0	8–9	7
Шлицестрогание		1,0–2,5	8–9	7
Шлицепротя-гивание	Чистовое	0,8–1,6	6–7_	–
Шлифование шлицев	Черновое	1,6–3,2	6–7	–
	Чистовое	0,4–1,2	5–6	Выше 5-го
Накатывание шлицев		0,8–1,0	8–9	7
Фрезерование шпоночных канавок	Чистовое	4,0–6,3	9–10	8
Свеление масляных отверстий	-	12,5–1,6	11–13	10

Технология изготовления коленчатых валов. В отечественных двигателях используют стальные и чугунные коленчатые валы. Основным материалом являются стали 35, 40, 50, 40Г, 45Г, 50Г и др. (для мало- и среднеоборотных двигателей).

Валы высокооборотных и среднефорсированных двигателей при диаметре цилиндров менее 200 мм обычно изготавливают из легированных сталей 40ХН, 35ХМ, 38ХМЮА, 40ХНВА, 25Х2Н4ВА, 38ХН3ВА и др. Применяются также литые коленчатые валы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60 и др. Коленчатые валы по материалам распределяются следующим образом: из среднеуглеродистых сталей – 45%, из легированных – 35%, чугунные – 20%.

Коленчатые валы зарубежных автомобилей изготавливают литыми из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. На высокофорсированных двигателях применяют кованные валы из высокопрочной легированной стали.

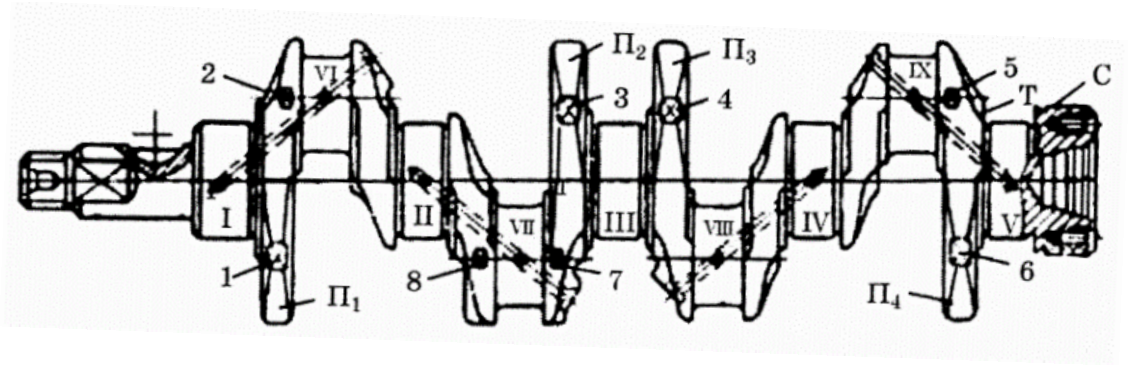
Технологический процесс обработки коленчатых валов более сложен по сравнению с обработкой других деталей класса валов. Коленчатый вал не обладает достаточной жесткостью, поэтому при обработке сравнительно легко деформируется под действием сил резания. Для разгрузки вала при его обработке задние бабки станков делают приводными.

При обработке коренных шеек в качестве базы используют центровые отверстия, при обработке шатунных шеек – поверхности коренных шеек,

торец и «угловую» базу: шпоночный паз, отверстие во фланце или плоскость на противовесе. Для уменьшения деформации вала при обработке предусматривают использование дополнительных опор (люнетов). По мере приближения размеров коленчатого вала к заданным по чертежу упругие деформации обрабатываемой заготовки снижаются. Поверхности, регламентированные узкими допусками на их изготовление, обрабатывают в три операции (черновую, чистовую и отделочную).

В настоящее время обработку коленчатых валов осуществляют на частично автоматизированных участках с применением на ряде технологических операций высокопроизводительных автоматических и полуавтоматических станков.

В качестве примера рассмотрим технологию изготовления коленчатого вала двигателя автомобиля ВАЗ (рисунок 17.4).



1–8 – опорные технологические площадки; П1–П4 – противовесы;
I–V – коренные шейки; VI–IX – шатунные шейки

Рисунок 17.4. – Коленчатый вал двигателя автомобиля ВАЗ

Заготовку коленчатого вала отливают из высокопрочного чугуна ВЧ70 в песчано-глинистые формы при машинной формовке. Припуски на обработку резанием составляют 2–3 мм (по средним шейкам), а по остальным шейкам 1,5–2,0 мм.

Обработка коленчатого вала резанием должна обеспечить правильное взаимное расположение поверхностей, высокую точность размеров и низкую шероховатость (таблица 17.2).

Обработка коленчатых валов осуществляется на автоматизированном участке. Заготовки подаются с загрузочной позиции и устанавливаются в самоцентрирующие призматические губки по коренной шейке *1* и поверхности *С* под сальник. Фиксация в осевом направлении осуществляется по торцу *Т* (см. рисунок 17.4).

Таблица 17.2. – Регламентируемые параметры обработки резанием основных поверхностей коленчатого вала

Параметры	Единица измерения	Значение параметра
Точность размеров: – коренных и шатунных шеек – шейки под ведущие звездочку и шкив – поверхности под сальник	квалитет	5 6
Овальность и конусообразность шеек	мм	< 0,004
Отклонение от параллельности осей шатунных и коренных шеек	мм на длине 100 мм	< 0,03
Отклонение от плоскостности торца фланца маховика	мм	< 0,05
Биение фланца маховика	мм	Не более 0,03
Дисбаланс коленчатого вала	г·см	< 12
Шероховатость поверхности *Ra:* – коренных и шатунных шеек – шейки под ведущую звездочку и шкив	мкм	 0,32 – 0,16 2,0 – 1,2

Технологический процесс реализуется следующим образом.

1. Подготовка технологических баз на первых операциях. Подрезание торцов, центрование с двух сторон и фрезерование восьми технологических бобышек выполняют на тринадцатипозиционной автоматической линии.

2. Обтачивание пяти коренных шеек, переднего конца вала и поверхности под сальник с протачиванием маслосгонной канавки и снятием фасок выполняют на специальных многорезцовых станках (заготовку устанавливают в центрах с осевой фиксацией по торцу фланца *Т,* а угловую ориентацию осуществляют по площадке *4* противовеса $П_3$).

3. Получистовое шлифование одновременно пяти коренных шеек и поверхности под сальник выполняется на специальных круглошлифовальных автоматах с шестью абразивными кругами.

4. Обтачивание четырех шатунных шеек осуществляется на специальном двухпозиционном токарном автомате. Базирование заготовки вала выполняется по поверхностям *I* и *V* коренных шеек, фиксация в осевом направлении – по торцу *Т,* а угловая фиксация – по фрезерованным технологическим площадкам *1* и *6* противовесов $П_1$ и $П_4$ (жесткость заготовки повышает люнет, поддерживающий коренную шейку *III).*

5. Обработка всех смазочных каналов, сверление отверстий и нарезание в них резьбы в торце фланца для крепления маховика, растачивание отверстия под подшипник, фрезерование лысок и шпоночного паза на перед-

нем конце вала выполняются на 52 -позиционной автоматической линии (заготовка устанавливается по поверхностям *I* и *V* коренных шеек, угловая фиксация происходит по фрезерованным площадкам *2*, *5*, *7* и *8*, осевое ориентирование – по торцу *T* (см. рисунок 17.4).

6. Промывка смазочных каналов для удаления из них стружки осуществляется в автоматической моечной установке.

7. Закалка ТВЧ и отпуск пяти коренных и четырех шатунных шеек выполняются на специальной закалочной установке (твердость шеек 50 HRC, глубина закаленного слоя 2,0–2,3 мм).

8. Чистовое шлифование пяти коренных шеек и поверхности под сальник выполняется на том же оборудовании, что и получистовое шлифование (допуск на диаметр коренной шейки 20 мкм, овальность и конусообразность не более 4 мкм).

9. Чистовое шлифование опорного торца фланца под маховик осуществляется на угловом круглошлифовальном автомате (заготовка устанавливается в центрах, фиксация в осевом направлении – по торцу *T*, вращение передается через шейку *1* вала).

10. Шлифование цилиндрической поверхности переднего конца вала под звездочку и шкив выполняется на угловом круглошлифовальном станке той же модели, что и на предыдущей операции.

11. Чистовое шлифование цилиндрической поверхности, торцов и галтелей четырех шатунных шеек осуществляется на автоматической линии, состоящей из одношпиндельных шлифовальных автоматов (установка заготовки производится по коренным шейкам *I* и *V,* а осевая фиксация – по каждой шлифуемой шейке).

12. Дефектоскопический сплошной контроль валов и их последующее размагничивание.

13. Динамическая балансировка валов на автоматической линии.

14. Доводка торцов и образование галтелей на *I–V* коренных шейках выполняются на специальном токарном многорезцовом станке. Зачищаются заусенцы каналов, места под пробки, заплечики шатунных шеек, отверстия после балансировки и др.

15. Полирование поверхности пяти коренных и четырех шатунных шеек и поверхности под сальник осуществляется на автоматическом ленточно-полировальном станке.

16. Мойка валов в машине конвейерного типа.

17. Запрессовка заглушек масляных каналов с последующим раскернированием, запрессовка шпонки и подшипника, установка ведущей звездочки привода распределительного вала.

17.3. Изготовление зубчатых колес

Требования к зубчатым колесам. Зубчатые колеса являются наиболее массовыми деталями автомобилей. С повышением требований к надежности автомобилей возрастают и требования к точности и качеству зубчатых колес.

В зубчатых передачах автомобилей применяются в основном цилиндрические зубчатые колеса, обладающие высокими КПД и надежностью в эксплуатации. Для цилиндрических зубчатых колес стандартом установлены 12 степеней точности. В автомобильной промышленности чаще всего применяются зубчатые колеса 7-й и 8-й степеней точности. Высокие требования к точности устанавливаются также при обработке центральных посадочных отверстий зубчатых колес и других базовых поверхностей.

Материалы для изготовления зубчатых колес выбирают в зависимости от их назначения, условий эксплуатации и передаваемых нагрузок. Чаще всего используют углеродистые стали (40, 45, 50), хромистые (20Х, 40Х, 50Х), высоколегированные хромоникелевые стали (12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН, 40ХН, 20ХН4А), хромомарганцево-титанистые стали (18ХГТ, 30ХГТ), хромомолибденовые (20ХМ), хромомолибденоалюминиевые (38ХМЮА), хромомарганцево-никелевые с титаном и бором (20ХГНТР), текстолит. В связи с небольшим содержанием углерода поверхностный слой зубчатых колес, изготовленных из легированных сталей, подвергается цементации или нитроцементации, а из среднеуглеродистых – азотированию.

Материалы для изготовления зубчатых колес должны обладать хорошей обрабатываемостью, незначительными деформациями при термообработке, низкой стоимостью. Твердость рабочих поверхностей зубьев, цементированных на глубину 1,1–2,0 мм, должна быть не ниже 50–63 HRC. Твердость остальных поверхностей 180–270 НВ.

Для получения заготовок цилиндрических зубчатых колес наиболее распространенными методами являются горячая объемная штамповка, штамповка на горизонтально-ковочных машинах, спекание из порошковых материалов. Прогрессивным способом получения зубчатых венцов является их накатка на специальных станках с применением нагрева заготовки ТВЧ

до температуры 1100–1150 °С. Получение заготовок с формообразованием зубьев снижает расход металла, уменьшает трудоемкость механической обработки и повышает эксплуатационные свойства зубчатых колес (прочность зубьев повышается на 30–35%).

Технологический процесс получения заготовок должен обеспечивать мелкозернистую структуру и правильное расположение волокон металла. Форма и размеры заготовки должны максимально приближаться к форме и размерам готовой детали, что во многом определяет структуру и трудоемкость технологического процесса обработки резанием.

Типовая схема технологического процесса изготовления зубчатых колес. ТП изготовления зубчатых колес зависит от ряда факторов, основными из которых являются: конструктивная форма и назначение зубчатого колеса; форма зуба и расположение зубчатого венца, предопределяющие выбор метода обработки зубьев; материал колеса, влияющий на способ получения заготовки и вид термической обработки; точность выполнения отдельных элементов зубчатого колеса.

Типовой технологический процесс изготовления цилиндрических зубчатых колес состоит из следующих операций:

1. Черновая и чистовая токарная обработка торца и отверстия, базами при этом являются торец и наружная цилиндрическая поверхность заготовки.
2. Постоянными технологическими базами для последующих операций являются обработанные на первой операции торец и поверхность отверстия.
3. Черновая и чистовая токарная обработка заготовки по наружному контуру и второго торца на одношпиндельном многорезцовом полуавтомате.
4. Сверление и развертывание мелких отверстий, фрезерование небольших поверхностей, протягивание шпоночных пазов и др.
5. Черновое нарезание зубьев при базировании заготовки по отверстию и торцу.
6. Дополнительные операции, связанные с нарезанием зубьев (закругление зубьев, сверление смазочных отверстий, зачистка острых кромок и др.).
7. Чистовая обработка зубьев колес (шевингование зубьев) при базировании по отверстию и торцу.
8. Термообработка зубьев.
9. Чистовая обработка центрального отверстия и торцовых поверхностей.
10. Чистовая отделка зубьев зубчатых колес.

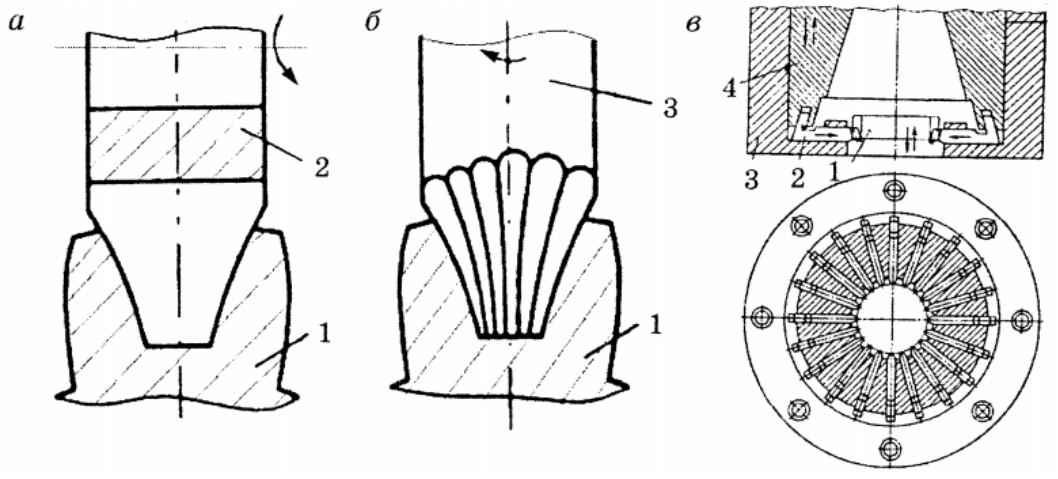
В крупносерийном и массовом производстве обработка зубчатых колес выполняется на автоматических линиях с автоматической загрузкой заготовок, позволяющих быстро переналаживать их на обработку однотипных деталей.

Методы нарезания зубьев цилиндрических колее. Наиболее трудоемкой операцией при изготовлении зубчатых колес является зубонарезание, которое осуществляется двумя методами: копирования и обкатки.

Зубонарезание по *методу копирования* может осуществляться модульными фрезами, долблением фасонными резцами, протягиванием фрезопротяжками и кругодиагональными протяжками,

Зубонарезание по *методу обкатки* выполняется червячными фрезами и долблением круглыми долбяками.

Нарезание зубьев модульными фрезами осуществляется последовательным образованием впадин между зубьями модульными дисковыми фрезами при модуле до 20 мм (рисунок 17.5, *а)* и модульными пальцевыми фрезами при модуле более 20 мм (рисунок 17.5, *б).* Режущие кромки фрезы изготавливают по форме впадины между зубьями колеса. После нарезания одной впадины заготовка с помощью делительного механизма поворачивается на один зуб и фреза нарезает следующую впадину.



а – дисковой фрезой;
б – пальцевой фрезой; 1 – заготовка, 2 – дисковая фреза; 3 – пальцевая фреза;
в – многорезцовой зубодолбежной головкой: 1 – заготовка; 2 – резец; 3 – корпус; 4 – конусное кольцо

Рисунок 17.5. – Схемы фрезеровании цилиндрических колес методом копирования

Дисковые модульные фрезы изготавливают для определенных интервалов чисел зубьев и для каждого модуля (наборы дисковых фрез из 3, 8, 15 и 26 шт.).

Метод копирования имеет низкую производительность и невысокую точность, поэтому его применяют в единичном и мелкосерийном производстве при изготовлении неответственных зубчатых передач или для предварительного нарезания зубьев при массовом производстве на многошпиндельных фрезерных станках.

Долбление многорезцовой головкой – более производительный способ зубонарезания (см. рисунок 17.5, *в).*

Многорезцовая головка представляет собой корпус *3* в вид диска с радиально расположенными пазами, в которых устанавливаются резцы *2.* Профиль резцов соответствует профилю впадины обрабатываемого зубчатого колеса, а число резцов равно числу впадин. В процессе обработки заготовка зубчатого колеса *1,* закрепленная в приспособлении на шпинделе станка, совершает возвратно-поступательное движение относительно многорезцовой головки. За каждый двойной ход заготовки резцы перемещаются в радиальном направлении к оси обрабатываемого колеса конусным кольцом *4,* осуществляя движение подачи.

После обработки впадин между зубьями на полную глубину процесс заканчивается и резцы отводятся в исходное положение. Благодаря одновременной работе большого числа резцов достигается высокая производительность. Скорость резания составляет 8–12 м/мин, подача резцов за один двойной ход колеса 0,8–1,2 мм/дв.ход (в начале работы), 0,04 мм/дв.ход (в конце обработки).

Однако точность нарезания зубьев колес многорезцовыми готовками невысокая (9-й, 10-й квалитеты). Кроме этого, конструкция головок сложна и требует высокой точности изготовления всех деталей, что вызывает ограниченное применение данного способа доже в массовом производстве.

Кругодиагональное протягивание является наиболее производительным способом нарезания прямозубых цилиндрических колес. Кругодиагональная протяжка представляет собой круглый диск *1* (рисунок 17.6, *а),* в пазе которого размещен ползун *2.* На диске *1* закреплены черновые режущие сегменты, а на ползуне – чистовые. Во время работы протяжка вращается вокруг своей оси, а ползун дополнительно совершает поступательное прямолинейное движение в направлении его продольной оси, проходящей через ось вращения протяжки, что обеспечивает одинаковую толщину зуба

по всей его длине. За один оборот полностью обрабатывается одна впадина между смежными зубьями колеса *3.* В процессе нарезания впадин зубьев колеса оси протяжки и заготовки неподвижны.

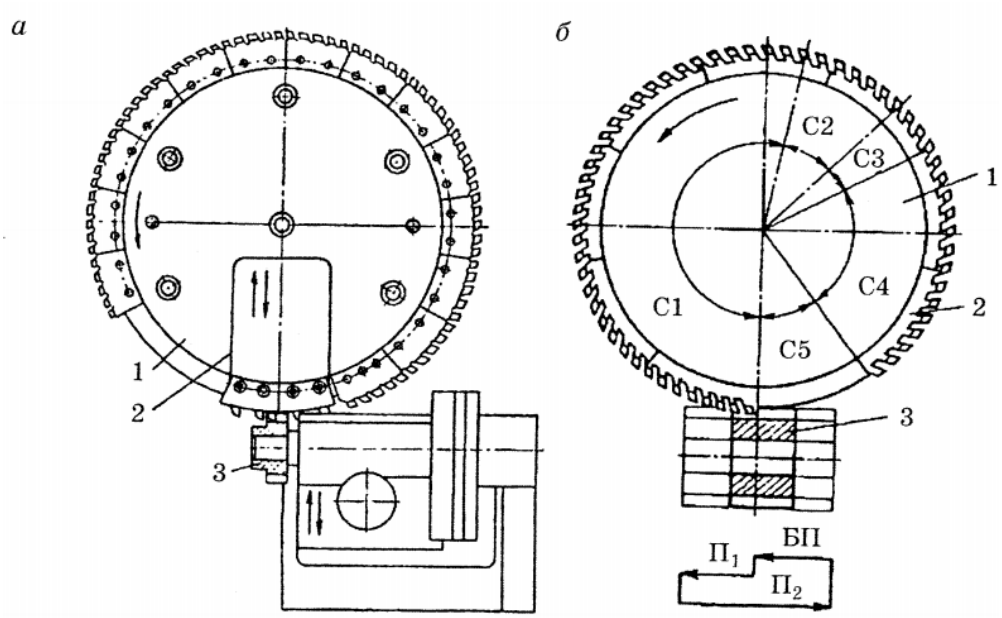


Рисунок 17.6. – Кругодиагональное протягивание (*а*) и фрезопротягивание (*б*) цилиндрических зубчатых колес

При прохождении мимо заготовки свободного от резцов сектора протяжки обрабатываемое колесо поворачивается делительной головкой на один зуб и начинается новый цикл без прекращения вращения протяжки. Скорость резания при нарезании зубьев стальных колес средних модулей составляет 25–35 м/мин. Подача при черновой обработке зубьев – 0,06–0,20 мм/зуб, а при чистовой – 0,03–0,06 мм/зуб. Последний или предпоследний зуб инструмента для чистовой обработки является калибрующим, что обеспечивает высокую точность зубчатых колес (6-й или 7-й квалитет). Шероховатость поверхности соответствует *Ra* = 2–8 мкм. Производительность процесса кругодиагонального протягивания в 2–3 раза выше, чем при нарезании зубьев червячными фрезами (время обработки одной впадины составляет 2–4 с).

Нарезание зубьев фрезопротяжкой осуществляется с помощью диска *1* (см. рисунок 17.6, *б*), на периферии которого расположено несколько секций режущих блоков *2* для черновой и чистовой обработки.

Процесс нарезания зубьев фрезопротяжкой совмещает круговое протягивание и фрезерование. Каждая секция режущего инструмента выполняет определенную функцию при обработке поверхностей зубьев нарезаемого зубчатого колеса *3*.

В процессе резания сектором *С1* фрезопротяжка вращается с равномерной угловой скоростью, а нарезаемое колесо находится в неподвижном положении. За это время прорезается впадина между зубьями на полную глубину. Затем в момент резания сектором С2 нарезаемое колесо перемещается навстречу фрезопротяжке в крайнее левое положение (направление *П1*). В этом положении при неподвижном обрабатываемом зубчатом колесе осуществляется радиальное врезание чистового сектора *С3*. Наконец, чистовое фрезерование впадины сектором *С4* осуществляется при перемещении обрабатываемого колеса в крайнее правое положение (направление *П2*). В момент прохождения свободного от резцовых блоков сектора *С5* происходит перемещение зубчатого колеса в исходное положение (направление *БП*) и поворот его на один зуб. При этом зубчатое колесо автоматически отводится от инструмента.

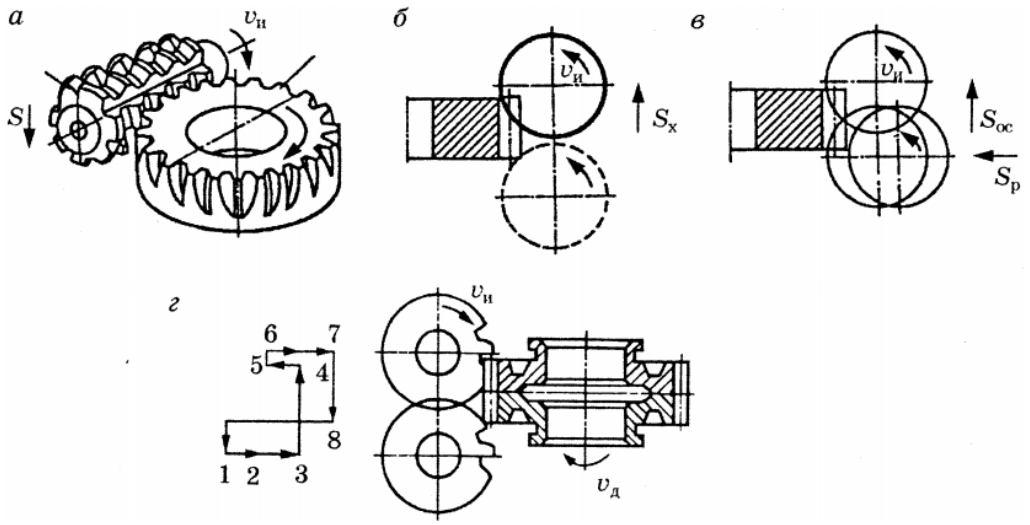
Точность обработки и шероховатость поверхности при нарезании зубьев фрезо- и кругодиагональными протяжками одинаковы, однако производительность кругодиагонального протягивания на 20–25 % выше.

Нарезание зубьев червячными фрезами выполняется по методу обкатки, основанному на воспроизведении зацепления зубчатой пары, одной из деталей которой является режущий инструмент, а другой – нарезаемое зубчатое колесо. Способ применяется для изготовления прямозубых, косозубых и червячных зубчатых колес. Метод обкатки обеспечивает высокую точность и производительность вследствие непрерывности процесса резания.

В зависимости от взаимного расположения фрезы, заготовки и направления подачи наибольшее распространение получили следующие схемы зубофрезерования (рисунок 17.7).

Зубофрезерование с *осевой подачей* (рисунок 17.7, *а)* осуществляется с предварительной установкой фрезы на полную высоту зуба и движением ее с подачей *S* параллельно оси обрабатываемой заготовки. Этот способ зубонарезания является универсальным, но имеет существенный недостаток, т. к. инструмент перемещается на большую длину до получения полной высоты зуба.

При изготовлении зубчатых колес с модулем зубьев до 5 мм применяют зубофрезерование с *переменно-осевой подачей,* когда величина подачи *Sx* возрастает только при входе и выходе фрезы из зоны резания (рисунок 17.7, *б*). При этом производительность процесса увеличивается на 20 – 35 *%,* особенно при изготовлении зубчатых колес с большим углом наклона линии зуба к оси зубчатого колеса.



а – с осевой подачей; *б* – с переменно-осевой подачей; *в* – с радиально-осевой подачей; *г* – двухпроходное фрезерование;
1–2 – ускоренный подвод фрезы; 2–3 – медленная подача фрезы; 3–4 – рабочая подача первого хода; 4–6 – ускоренный отвод и подвод фрезы; 7–8 – рабочая подача второго хода; 8–1 – ускоренный отвод фрезы

Рисунок 17.7. – Схемы нарезания зубьев червячной фрезой

При зубонарезании с *радиально осевой подачей* (см. рисунок 17.7, *в)* в начале процесса резания происходит врезание фрезы с радиальной подачей *Sp* на полную глубину зуба, а затем фреза получает осевую подачу *Soc.* С целью повышения стойкости инструмента и уменьшения нагрузок в процессе резания соотношение между значениями радиальной и осевой подач должно быть 1:2 или 1:2,5. Производительность процесса зубофрезерования при радиально-осевой подачей на 10–15% выше, чем при осевой подаче фрезы.

Зубофрезерование с *диагональной подачей* осуществляется на специальных зубофрезерных станках при подаче червячной фрезы под углом к оси обрабатываемого зубчатого колеса. При этом осевая подача происходит одновременно с перемещением червячной фрезы вдоль своей оси со скоростью 0,2 мкм за один оборот фрезы. Результирующим движением червячной фрезы является диагональ параллелограмма. Способ наиболее эффективен при обработке колес с широким зубчатым венцом и при повышенной твердости материала заготовки.

Двухпроходное фрезерование зубчатых колес выполняется в автоматическом режиме за один установ заготовки (см. рисунок 17.7, *г).* Первый (черновой) и второй (чистовой) ходы червячной фрезой осуществляются последовательно один за другим. Первый ход обычно выполняется при попутной

подаче, а второй – при встречной подаче, причем при чистовом ходе глубина резания составляет 0,5–1,0 мм. Режимы резания при переходе от чернового к чистовому ходу изменяются автоматически.

Двухпроходное зубофрезерование рекомендуется применять при изготовлении зубчатых колес с модулем свыше 5 мм и малом числе зубьев. Способ высокопроизводителен, легко автоматизируется и обеспечивает более высокую точность и стабильность параметров зубьев (7-й и 8-й квалитеты точности и *Ra* = 2–4 мкм).

Широкое распространение получили зубофрезерные станки с ЧПУ. Программное обеспечение станка дает возможность регулировать подачу инструмента при рабочих и вспомогательных ходах, что сокращает время

обработки.

Нарезание зубьев цилиндрических колес *зубодолблением* основано на воспроизведении зацепления пары зубчатых колес, одним колесом которой является обрабатываемая заготовка, а другим – режущий инструмент (круглый долбяк) (рисунок 17.8).

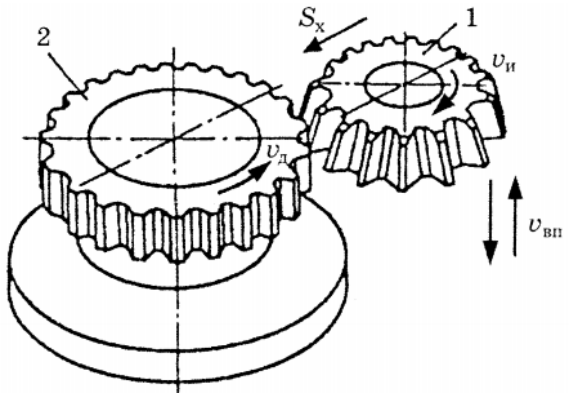


Рисунок 17.8. – Схема зубодолбления круглым долбяком

Долбяк *1* в процессе резания от специального копира получает возвратно-поступательное прямолинейное (для прямозубых колес) или винтовое (для косозубых зубчатых колес) движение. Кроме того, долбяк совершает вращательное движение *vu* вокруг своей оси, как и обрабатываемое зубчатое колесо *2* (*vд*).

Для обработки колеса на полную глубину долбяку сообщается радиальная подача *Sx*. После каждого рабочего хода заготовка отводится от долбяка для уменьшения затупления его режущих кромок. Нарезание зубьев круглым долбяком осуществляется на внутренних венцах, блочных зубчатых колесах с близко расположенными зубчатыми венцами, валах-шестернях

с фланцами. В этом случае применение червячных фрез невозможно ввиду отсутствия пространства для выхода фрезы. Для выхода долбяка из рабочей зоны в процессе обработки необходима канавка шириной не менее 2 мм.

Дальнейшим развитием метода долбления зубьев явилось применение станков с планетарным долблением нескольких зубчатых колес одним долбяком одновременно.

Накатка зубьев зубчатых колес основана на пластическом деформировании поверхностного слоя заготовки в холодном состоянии для зубчатых колес с малым модулем зуба или в нагретом – для зубчатых колес среднего и большого модулей. В процессе накатки зубья инструмента, внедряясь в заготовку, формируют впадину, а вытесненный ими металл образует головку зуба зубчатого колеса. Инструмент представляет собой зубчатое колесо с модулем, соответствующим модулю накатываемого зубчатого колеса. Материалом инструмента является хромоникелемолибденовая сталь твердостью 52–59 HRC.

Способы отделки зубьев цилиндрических колес. Наиболее распространенными способами чистовой обработки зубчатых колес с твердостью до 35 HRC (термически необработанных) являются *шевингование* и *холодная прикатка.* Чистовая обработка закаленных зубчатых колес с твердостью рабочих поверхностей более 50HRC осуществляется *зубошлифованием* и *зубохонингованием.*

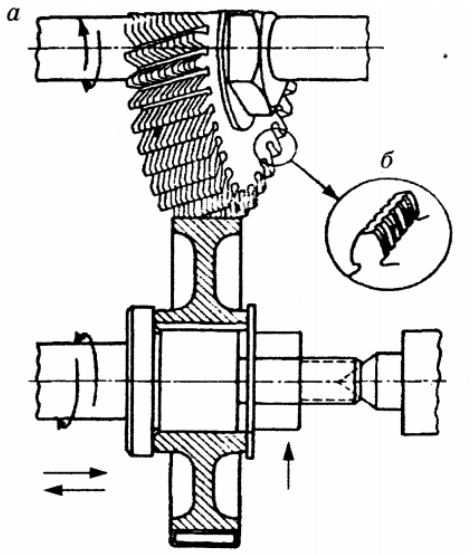
Шевингование – наиболее распространенный и эффективный способ чистовой обработки зубьев. В процессе шевингования инструмент (дисковый шевер) и обрабатываемое зубчатое колесо находятся в беззазорном зацеплении, представляющем собой винтовую передачу со скрещенными осями (рисунок 17.9).

Шевер – это инструмент в виде зубчатого колеса, на поверхности зубьев которого имеются канавки глубиной 0,6–1,0 мм и шириной 0,25 мм. Вследствие скрещивания осей под углом 5–15° при вращении инструмента и обрабатываемого зубчатого колеса в зацеплении их поверхности скользят одна по другой, при этом острые кромки зубьев шевера срезают с поверхности зубчатого колеса стружку толщиной 1–5 мкм.

В зависимости от ширины обрабатываемого зубчатого венца применяют различные способы шевингования: продольное, диагональное, касательное (тангенциальное) и врезное.

Шевингование с продольной подачей обрабатываемого колеса осуществляется при возвратно-поступательном движении колеса вдоль

своей оси и с радиальной подачей шевера в конце каждого рабочего хода (0,025–0,040 мм за один двойной ход). После окончания рабочего хода шевер получает вращение в обратную сторону для обработки другой стороны зуба. Длина возвратно-поступательного перемещения, зубчатого колеса равна ширине зубчатого венца плюс один модуль. В конце обработки несколько рабочих ходов совершается без радиальной подачи колеса.



а – схема процесса; *б* – зуб шевера

Рисунок 17.9. – Шевингование зубьев дисковым шевером

Шевингование с диагональной подачей осуществляется под углом 20–60° относительно оси обрабатываемого зубчатого колеса, что позволяет сократить длину рабочего хода и время обработки, повысить стойкость инструмента (на 50–80%) и производительность процесса (на 50%).

При касательном шевинговании подача осуществляется перпендикулярно оси обрабатываемого зубчатого колеса. Шевингование с касательной подачей применяется для обработки закрытых или узких зубчатых венцов. Поэтому ширина шевера должна быть больше ширины зубчатого венца обрабатываемого колеса. Режущие канавки на поверхности зубьев шевера располагаются по винтовой линии, что позволяет обрабатывать зубчатые колеса без продольной подачи.

Шевингование с врезной подачей осуществляется при радиальном перемещении инструмента относительно зубчатого колеса. При этом рабочая часть шевера должна быть больше ширины зубчатого венца обрабатываемого колеса.

Продольное шевингование применяют при обработке зубчатых колес с шириной зубчатого венца более 50 мм; диагональное – для зубчатых венцов со средней шириной (не более 50 мм); врезное или касательное шевингование – для колес с узким зубчатым венцом (до 30 мм).

Обработка зубьев шевингованием повышает точность обработки и качество поверхности (шероховатость *Ra* снижается с 2,50 до 1,25 мкм). Припуск на обработку зависит от модуля зубьев колеса и составляет 0,03–0,06 мм; средняя окружная скорость шевера – 120 м/мин; продольная подача – 0,15–0,3 мм/об; число рабочих ходов в зависимости от припуска – от 6 до 10.

Холодная прикатка зубьев колес осуществляется без снятия стружки для окончательной обработки боковых поверхностей зубьев незакаленных зубчатых колес вместо шевингования. Инструмент для холодной прикатки представляет собой цилиндрическое зубчатое колесо 4-й или 5-й степени точности, изготовленное из сталей Р18, Р6М5, Х12Ф1 с твердостью 59–61 HRC. В условиях крупносерийного и массового производства наиболее широко применяется прикатка двумя зубчатыми колесами, расположенными горизонтально или вертикально. Оси зубчатого колеса и инструмента параллельны, расстояние между ними в процессе обработки постепенно уменьшается, и при достижении беззазорного зацепления начинается процесс прикатки с определенным усилием. Припуск под прикатку составляет 0,02–0,04 мм, что в 1,5–2 раза меньше, чем при шевинговании.

Производительность прикатки в 4–5 раз выше шевингования, уровень шума при работе зубчатых колес уменьшается на 2–3 дБ, а шероховатость поверхности зубьев достигает *Ra* = 0,16 мкм. Обработанные прикаткой зубчатые колеса имеют более высокую твердость и износостойкость рабочих поверхностей. Основное время прикатки зубчатых колес с модулем 2,5 мм и числом зубьев до 35 составляет 4–8 с.

Шлифование зубьев обеспечивает высокую точность обработки закаленных зубчатых колес, так как позволяет устранить не только неточности зубонарезания, но и неизбежные деформации при термообработке. Существуют два метода шлифования зубьев: обката и профильного шлифования (копирования).

Шлифование зубьев методом обката выполняется *червячным шлифовальным кругом* (рисунок 17.10).

Зубчатое колесо в процессе шлифования совершает вращательное и возвратно-поступательное движения вдоль своей оси. Шлифование зубьев

происходит за несколько ходов и характеризуется высокой производительностью за счет непрерывности процесса и одновременной обработки сразу двух боковых поверхностей зуба. Точность обработки соответствует 6-му квалитету, а параметр шероховатости *Ra* = 0,63 мкм. Абразивный круг правят после обработки около 70 зубчатых колес, а полное его изнашивание наступает после обработки 10–15 тыс. деталей.

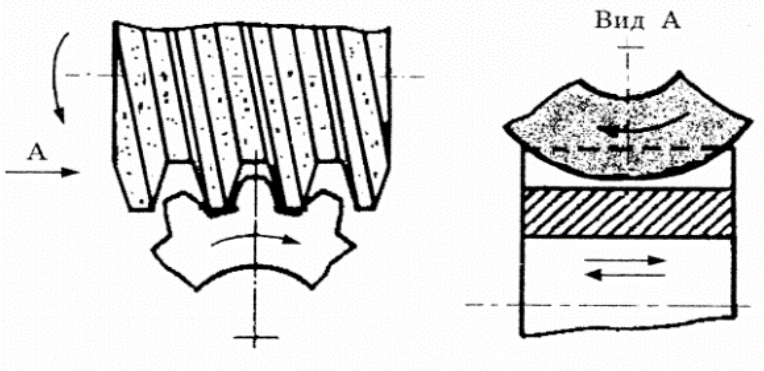
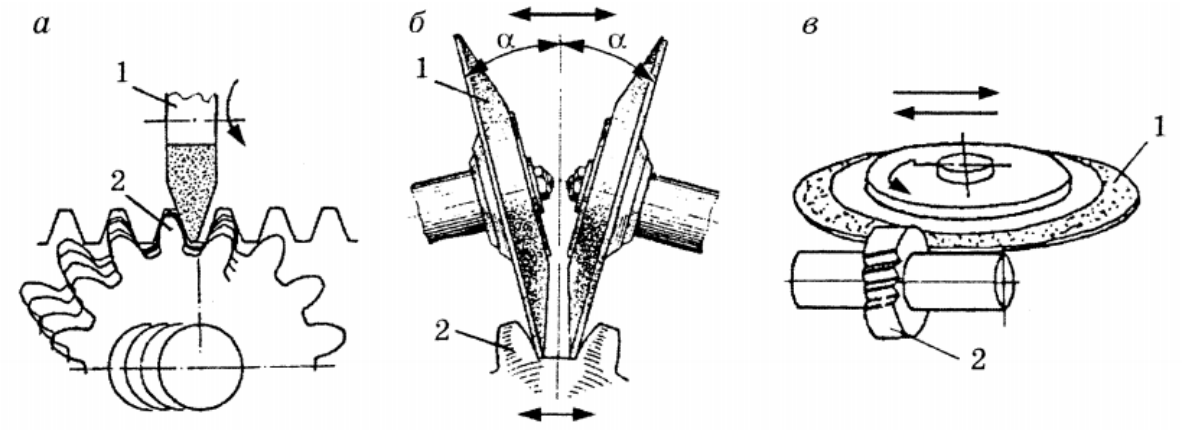


Рисунок 17.10. – Схема шлифования зубьев
червячным абразивным кругом

Шлифование зубьев методом обката с периодическим делением (рисунок 17.11) выполняется с помощью шлифовального круга, имеющего форму усеченного конуса (рисунок 17.11, *а*), и двух тарельчатых шлифовальных кругов (рисунок 17.11, *б*).



1 – шлифовальный круг; 2 – зубчатое колесо

Рисунок 17.11. – Шлифование зубьев методом обката
с периодическим делением (*а* и *б*) и копирования (*в*)

При шлифовании зубьев двусторонним коническим шлифовальным кругом *1* профиль зуба обрабатываемого колеса *2* обкатывается по прямобочному профилю шлифовального круга и одновременно имеет продольную подачу вдоль своей оси. Полная обработка обычно осуществляется за два оборота колеса и применяется преимущественно при изготовлении зубчатых колес с модулем 4–5 мм. При шлифовании зубьев двумя тарельчатыми кругами каждый круг обрабатывает одну сторону зуба колеса, которое совершает обкаточное движение по воображаемой рейке и возвратно-поступательное движение вдоль своей оси. После обработки одной впадины осуществляется автоматический поворот зубчатого колеса для обработки следующей впадины (припуск на шлифование составляет 0,05–0,06 мм).

На современных автопроизводственных предприятиях применяются шлифовальные полуавтоматы особо высокой точности с ЧПУ, позволяющие осуществлять при многостаночном обслуживании финишную обработку зубьев двумя тарельчатыми кругами с точностью 4-го и 5-го квалитетов и параметром шероховатости *Ra* = 0,16 мкм.

Финишная обработка зубьев *методом профильного шлифования* (копирования) заключается в обработке боковой поверхности зуба фасонным кругом с эвольвентным профилем при его продольной подаче вдоль зуба (см. рисунок 17.10, *в*).

Зубчатое колесо, установленное на оправке, после каждого двойного хода шлифовального круга автоматически поворачивается на один зуб, и цикл повторяется (припуск на сторону составляет 0,10–0,12 мм). Шлифование впадин выполняется за 3–4 двойных хода. Для получения нужного профиля зуба шлифовальный круг периодически правят с помощью специальных устройств (пантографов и копиров).

Профильное шлифование зубьев по сравнению с методом обката обеспечивает большую производительность, но меньшую точность вследствие неравномерного изнашивания шлифовального круга. Точность обработки соответствует 5-му и 6-му квалитетам, а шероховатость поверхности *Ra* = 1,25–0,63 мкм. Времяобработки одного зуба среднего модуля составляет 6–12 с.

Хонингование зубьев применяется для финишной обработки закаленных прямозубых и косозубых зубчатых колес. Процесс хонингования кинематически подобен шевингованию. Обрабатываемое зубчатое колесо, находясь в плотном зацеплении с абразивным зубчатым хоном, вращается и совершает возвратно-поступательное перемещение при угле скрещивания

осей 10–15°. Направление вращения зубчатого хона изменяется при каждом ходе стола. При хонинговании с обрабатываемых поверхностей зубьев удаляется слой металла 0,01–0,03 мм (хотя специальный припуск на хонингование не предусматривается), а шероховатость уменьшается до *Ra* = 1,25–0,32 мкм.

Зубчатый абразивный хон изготавливают с таким же модулем, что и обрабатываемое зубчатое колесо, но большего диаметра (220–250 мм при ширине зубчатого венца 25 мм). Число зубьев хона не должно быть кратно числу зубьев обрабатываемого колеса.

Хонингование зубьев осуществляется хонами из карбида кремния и основы из эпоксидных смол, а также изготовленными из стали с гальваническим покрытием зубьев алмазными или другими абразивными порошками.

Хонингование закаленных зубчатых колес после обработки их шевингованием снижает нагруженность зубьев на 15–20% и уровень шума на 2–4 дБ. Долговечность зубчатых колес при этом повышается примерно в 1,5 раза.

Применяют также доводочный процесс притирки зубьев после их термообработки (рисунок 17.12).

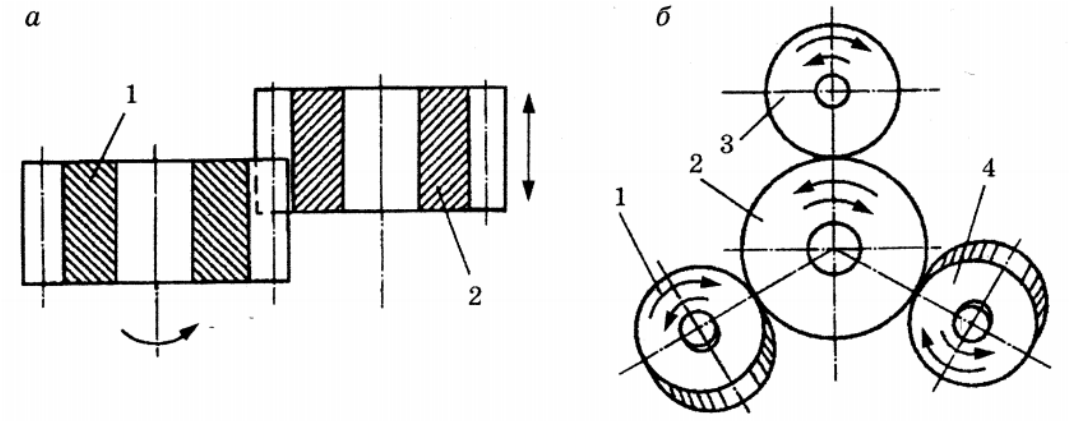
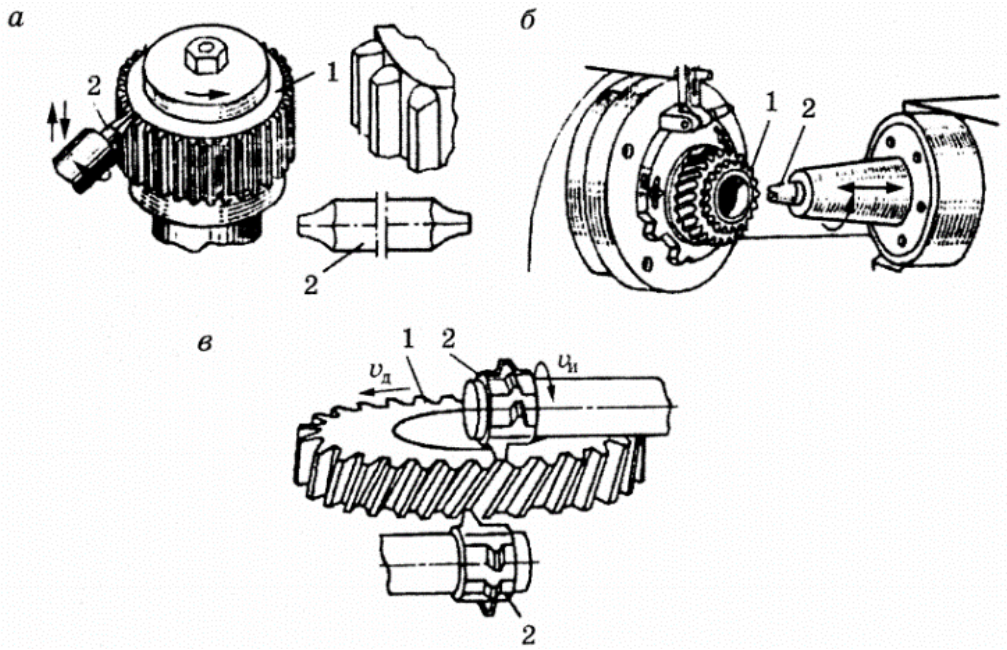


Рисунок 17.12. – Схемы притирки зубьев

Притирка осуществляется на притирочных станках с помощью специальных притиров, которые изготавливают в виде зубчатых колес из чугуна. Обрабатывать поверхности можно одним притиром (см. рисунок 17.12, *а*) и тремя (см. рисунок 17.12, *б*). При обработке тремя притирами два из них (*1* и *4*) выполняют с винтовыми зубьями. Скрещивание осей создает относительное скольжение зубьев. Притир *3* является ведущим, обеспечивая вращение колеса *2* в разных направлениях. Давление притиров на поверхности зубьев регулируют притормаживанием притиров *1* и *4*.

Закругление торцов зубьев осуществляется для облегчения зацепления и повышения долговечности переключаемых зубчатых колес. Торцам зубьев придается сфероидальная или остроугольная форма. Закругление торцов зубьев может выполняться пальцевой, чашечной торцовой и дисковой фасонной фрезами (рис. 17.13).



а – пальцевой фрезой; *б* – чашечной фрезой; *в* – дисковыми фасонными фрезами; *vд* и *vи* – скорости вращения заготовки и инструмента соответственно

Рисунок 17.13. – Зубозакругление цилиндрических колес

При закруглении торцов *пальцевой фрезой* (см. рисунок 17.13, *а*) зубчатое колесо *1* и инструмент *2* вращаются, а инструмент еще и перемещается вдоль зуба вверх и вниз по специальному копиру, профиль которого соответствует форме закругления.

Торцы зубьев с модулем до 3 мм закругляются за один ход, а зубья с модулем более 3 мм – за два и более ходов. Скорость вращения фрезы 780–1500 мин$^{-1}$, время обработки одного торца зуба 1–3 с.

При закруглении торцов зубьев фасонными чашечными *двух-* и *трехзубыми фрезами* (см. рисунок 17.13, *б*) зубчатое колесо *1* неподвижно, а фреза *2*, установленная под углом к обрабатываемому колесу, совершает вращательное движение и возвратно-поступательное перемещение вдоль своей оси. После обработки каждого зуба зубчатое колесо автоматически поворачивается на один зуб. Время обработки одного колеса с модулем 3 мм и числом зубьев 18 за два хода составляет 14 с.

На практике чаще всего снятие фасок и заусенцев с острых кромок торцов зубьев осуществляется двумя одновитковыми дисковыми фасонными фрезами (см. рисунок 17.13, *в*). Фрезы имеют различные углы профиля зуба, направление винтовой линии и осевые шаги.

На предприятиях автомобильной промышленности для обработки одновенцовых и блочных цилиндрических колес применяются специальные зубофасочные автоматы, используемые на автоматических линиях. Закругление торцов зубьев и снятие фасок с них выполняются до отделки зубьев. Время обработки на станке с автоматическим циклом работы сокращается до 10–20 с.

17.4. Технология изготовления деталей кузовов и кабин

Общая характеристика кузовных деталей. Характерными особенностями кузовных конструкций являются их относительно малая жесткость, большие размеры и сложность пространственных форм деталей. Качество кузова определяется не только его конструкцией, но и технологией производства, включающей изготовление составляющих его деталей, их соединение и нанесение лакокрасочных и специальных покрытий. Основным материалом, применяемым для изготовления кузовов, является тонколистовая низкоуглеродистая качественная сталь толщиной 0,6–1,5 мм, полученная методом холодной прокатки. В последнее время для снижения массы автомобиля все большее распространение находят стали повышенной прочности, у которых значение временного сопротивления разрыву выше 400 МПа. Оптимальный уровень механических свойств у них обеспечивается комплексным легированием марганцем, кремнием, алюминием, ванадием, ниобием, титаном, никелем (стали 08ГСЮТ, 08ГСЮФ, 07ГСЮФ).

В автомобилестроении увеличивается применение алюминиевых сплавов систем Al–Cи, Al–Mg, Al–Mg–Si, Al–Mg–Mn, что объясняется их малым удельным весом, достаточной прочностью, коррозионной стойкостью, удовлетворительными технологическими свойствами. Широкое применение алюминиевых сплавов сдерживается их относительно высокой стоимостью и рядом технологических трудностей.

Кузовные детали представляют собой пространственные оболочки из тонколистового металла, характеризующиеся большими габаритными размерами и разнообразием форм. Технология изготовления крупных кузовных деталей, конструкции штампов и организация производства имеют свою

специфику по сравнению с другими отраслями промышленности. Для получения изделия высокого качества с минимальными затратами необходимо обеспечить технологичность его конструкции. Для этого уже на этапе проектирования изделия следует согласовать конструкторские идеи с требованиями и возможностями производства. В большинстве случаев основным критерием технологичности конструкции кузовных деталей является наиболее экономное расходование металла при наименьшем числе операций и минимальной трудоемкости.

Технологические процессы изготовления кузовных деталей. Кузовные детали получают с помощью листовой штамповки, т.е. обработкой давлением листового проката. Штамповочные операции подразделяются на разделительные и формоизменяющие.

К *разделительным* операциям относятся операции, при которых заготовка подвергается резке.

К *формоизменяющим* операциям относятся операции, при которых пластическое деформирование заготовки не сопровождается разрушением.

Операции листовой штамповки, применяемые при изготовлении кузовных деталей, делятся па заготовительные, формообразующие и доделочные.

К *заготовительным* относятся операции, в ходе которых из исходного листового материала получают плоские заготовки для последующей штамповки (операции: отрезка и вырубка).

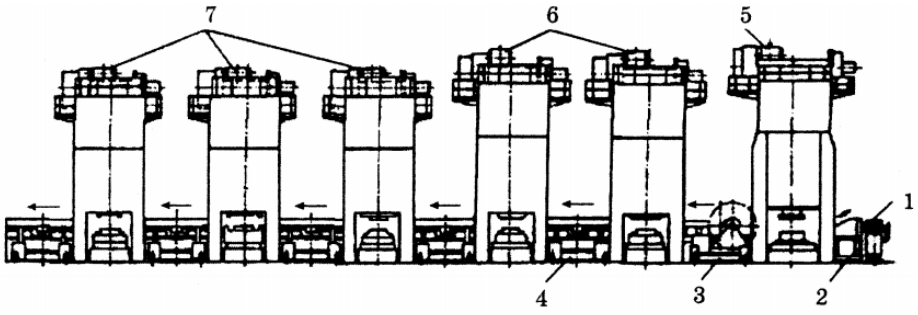
Формообразующие операции придают плоской листовой заготовке пространственную форму, близкую к форме готового изделия. Основная формообразующая операция – вытяжка, при которой из плоской листовой заготовки получают полое пространственное изделие (а чаще – полуфабрикат) путем втягивания пуансоном в полость матрицы части материала, находящегося за контуром ее проема, и растяжения другой части материала, находящейся внутри контура.

Доделочными операциями полуфабрикат доводится до изделия. К этим операциям относятся обрезка технологического припуска, пробивка отверстий, разрезка, правка, формовка и др.

Для подготовки производства необходимо иметь объемную модель кузовной детали, точно воспроизводящую ее поверхность со всеми имеющимися на ней выступами, отверстиями, вырезами и другими конструктивными элементами. Такая модель детали, выполненная из твердого материала

в натуральную величину, называется мастер-моделью. Для сокращения сроков подготовки производства широко используются математические модели кузовных деталей, которые создаются с применением графических компьютерных систем трехмерного моделирования, называемых CAD-системами. Процесс изготовления сложной кузовной детали может содержать до 10 штамповочных операций. Процесс штамповки начинается с получения заготовки, затем заготовка подвергается основной формообразующей операции – вытяжке, в ходе которой детали придается форма, близкая к форме готового изделия. Далее выполняются доделочные операции.

В цехах штамповки кузовных деталей в крупносерийном и массовом производстве в качестве основного технологического оборудования применяют кривошипные механические прессы простого, двойного и тройного действия, многопозиционные прессы-автоматы, а также комплексно механизированные и автоматические линии на базе этих прессов. На автоматических линиях головным прессом является обычно пресс двойного или тройного действия, далее располагаются несколько прессов простого действия. Для транспортирования деталей между операциями, а также к месту складирования применяют конвейеры. Пример автоматической линии штамповки кузовной детали приведен на рисунке 17.14.



1 – раскладчик листов; 2 – листо укладчик; 3 – передающее устройство с кантователем;
4 – предающие устройства; 5 – пресс двойного действия усилием 5/4 МН (500/400 тс);
6 – прессы простого действия усилием 8 МН (800 тс);
7 – прессы простого действия усилием 4 МН (400 тс)

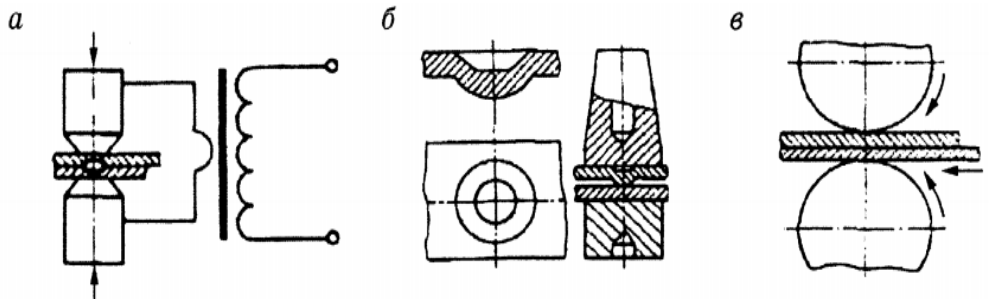
Рисунок 17.14. – Автоматическая линия штамповки панелей дверей

В состав такой линии кроме прессов входят: листоукладчик, устанавливаемый перед первым прессом линии; кантователь, устанавливаемый после головного пресса; механизмы для съема вытянутой детали из штампа и передачи ее на кантователь; передаточные механизмы для съема детали со штампа, передачи ее к последующему прессу и укладки в штамп.

Организация работ на штамповочных линиях осуществляется потоком или в задел. Если на прессах линии установлены, закреплены и отлажены все штампы технологического процесса, штамповка идет на всех прессах при непрерывном перемещении детали с первой операции на последующую без создания межоперационных заделов, то такую форму организации называют штамповкой потоком. Если на прессы установлены штампы только части операций технологического процесса, а все остальные операции выполняют через какой-то промежуток времени, то это штамповка деталей в задел.

Сборка-сварка кузовов. Основным способом соединения штампованных деталей в кузовах и кабинах автомобилей является сварка. Применяются и другие способы соединений, но их применение занимает гораздо меньший объем. Перед проведением сварочных операций детали и узлы кузова необходимо установить и зафиксировать в требуемом положении, для чего применяются различные сборочные устройства и приспособления.

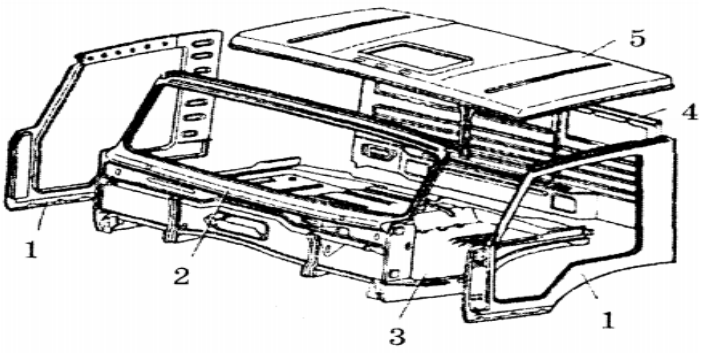
Процесс соединения деталей для получения кузова или кабины носит название «сборка-сварка». При изготовлении кузовов применяются электрическая контактная или сварка сопротивлением (точечная, рельефная и шовная) (рисунок 17.15); электрическая дуговая (в основном в среде защитных газов); газовая.



а – точечная; *б*– рельефная; *в* – шовная

Рисунок 17.15. – Виды контактной сварки

При массовом и крупносерийном производстве кузова и кабины автомобилей разбивают на несколько основных сборочных единиц. Для кабин, расположенных над двигателем, характерно наличие пяти основных сборочных единиц (рисунок 17.16); то же относится и к кузовам автобусов. Для окончательного изготовления к ним добавляют навесные сборочные единицы (двери, крышку багажника, капот и др.).



1 – боковины; 2 – передняя часть; 3 – основание;
4 – задняя часть; 5 – крыша

Рисунок 17.16. – Сборочные единицы кабины грузового автомобиля

Обычно технологический процесс сборки-сварки сборочной единицы состоит из следующих операций:

- подготовка деталей после штамповки (очистка поверхностей под сварку от загрязнений, смазки и т. п.);
- фиксирование и закрепление деталей и сборочных единиц в сборочно-сварочных приспособлениях;
- прихватка собираемого изделия (при большом объеме сварки);
- окончательная сварка в соответствии с требованиями чертежа;
- расфиксирование и съем собранной сборочной единицы;
- контроль качества сварки и геометрических параметров сборочной единицы.

После окончательной сборки-сварки кузов укомплектовывается навесными сборочными единицами (дверями, крышкой багажника, капотом), а в ряде случаев передними и задними крыльями, крышками люков и др. Кузов с навесными сборочными единицами, подготовленный к окраске, называют «черным». Для каждой конкретной модели кузова (кабины) устанавливают определенные значения видимых зазоров навесных сборочных единиц (например, между дверями и дверными проемами). Допустимая неравномерность зазоров должна составлять от 1 до 3 мм (в зависимости от требований производителя).

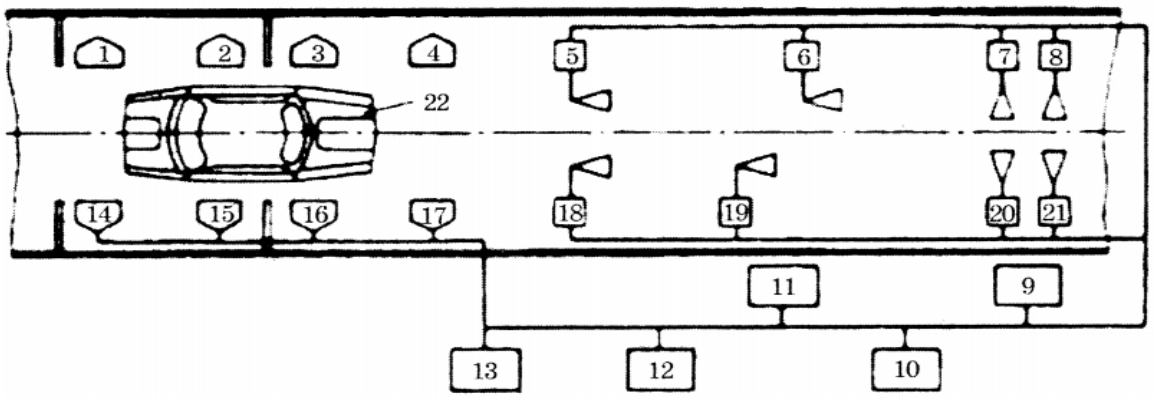
Для обеспечения высокого качества сварных соединений и точности размеров сборочных единиц и кузова в целом используется специальные контрольные приспособления, включающие совокупность измерительных средств, служащих для проверки формы и размеров элементов деталей. В современном автомобилестроении применяются лазерные измерительные

системы, которые определяют правильность формы и размеров проемов дверей, капота и окон. Полученная информация обрабатывается, и при превышении допустимых отклонений (с точностью 0,1 мм) система остановит сборочную линию.

Окрашивание и нанесение специальных покрытий. Внешний вид автомобиля и срок службы его кузова в значительной степени зависят от качества нанесения лакокрасочных и противокоррозионных покрытий. Лакокрасочное покрытие кузовов (кабин) состоит из слоев материалов различного назначения (грунтовка, шпатлевка, эмаль).

Существуют различные способы нанесения лакокрасочных покрытий: погружением; струйным обливом; электроосаждением (электрофорез); пневматическим распылением; безвоздушным распылением; в электрическом поле высокого напряжения.

На рисунке 17.17 показан участок окрашивания кузовов в электростатическом поле на автоматической окрасочной линии с помощью перемещающихся роботов с распылителями. На участке установлено 8 переналаживаемых, с программным управлением роботов (из них четыре оборудованы верхними распылителями, четыре – боковыми).



1, 2 – отражатели; 3, 4 – фонари; 5, 6, 18, 19 – роботы с верхними распылителями; 7, 8, 20, 21 – роботы с боковыми распылителями; 9 – генератор высокого напряжения; 10 – блок управлении электростатическим распылением; 11 – насос подачи краски; 12 – пульт управления; 13 – блок распознавания контура кузова; 14 – 17 – фотоэлементы; 22 – кузов

Рисунок 17.17. – Схема участка автоматического окрашивания кузовов

Кроме лакокрасочных на кузов (кабину) наносят также другие покрытия, целями которых являются герметизация соединений, шумоизоляция, теплоизоляция, а также дополнительное предохранение от коррозии.

Нанесенные слои покрытия сушат. Существуют несколько способов сушки с нагревом лакокрасочных покрытий: циркулирующим горячим воздухом (конвекционная) и инфракрасными лучами (терморадиационная).

После окрашивания кузова (кабины) качество покрытия оценивается контролерами отдела технического контроля (визуальному осмотру подвергается 100% изделий).

18. Проектирование процессов изготовления деталей

18.1. Основы разработки технологического процесса изготовления деталей

Исходная информация к разработке технологического процесса и последовательность разработки. Исходная информация делится на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация включает:

– сведения о целевом назначении технологической разработки (разработки для нового предприятия, производство новых объектов на действующем предприятии, пересмотр технологических процессов на действующем предприятии);

– сборочные чертежи, краткое описание служебного назначения и технические условия эксплуатации изделия, а также сведения о проработке конструкции изделия на технологичность;

– рабочие чертежи, которые определяют материал, конструктивные формы деталей, точность и качество обработанных поверхностей, а также особые требования (твердость и структура материала, термическая обработка, вес, балансирование и т. д.);

– сведения о требованиях к точности геометрических параметров деталей (расчет сборочных размерных цепей, использование опытно-статистических данных, аналогия с однотипными изделиями и т. п.);

– объем выпуска изделий, в состав которых входят производимые детали, с учетом выпуска запасных частей.

К *руководящей информации* принадлежат такие сведения:

– сведения о развитии данной отрасли промышленности или народного хозяйства в целом;

– планы повышения технического уровня производства;

– стандарты ЕСТД;

– стандарты на оборудование и технологическое оборудование;

– сведения о защите окружающей среды от вредного влияния данного вида производства;

– документы по технике безопасности и промышленной санитарии.

К *справочной информации* относят:

– научно-технические прогнозы;

– описание прогрессивных ТП;

– типы ТП;

– каталоги и справочники прогрессивного оборудования и оснастки;

– нормативы и расчеты допусков, режимов резания, нормирования ТП;

– методы расчета точности, экономической эффективности ТП;

– паспорта оборудования и оснастки;

– другие справочные материалы.

При разработке ТП для действующих или реконструированных предприятий необходима дополнительная информация, которая характеризует существующие производственные условия:

– возможность приобретения нового технологического оборудования;

– наличие производственных площадей;

– возможности использования прогрессивных видов обработки и т.д.

Принято различать три вида технологических процессов (ТП): единичный, типовой и групповой. Каждый ТП разрабатывается при подготовке производства изделий после отработки конструкции на технологичность (ГОСТ 14.201-83) с целью изготовления нового изделия или совершенствования выпускаемого (в соответствии с достижениями науки и техники).

Основанием для нового ТП обычно служит имеющийся типовой или групповой технологический процесс. Если таковые отсутствуют, то за основу берут действующие единичные технологические процессы изготовления аналогичных изделий.

Работа по разработке технологических процессов начинается с анализа исходных данных (первый этап). Необходимо, по имеющимся сведениям, о программе выпуска и конструкторской документации на изделие ознакомиться с его назначением и конструкцией, требованиями к изготовлению и эксплуатации.

Затем последовательно выбирают действующий типовой, групповой ТП или аналог единичного процесса. Формируют технологический код изделия

по технологическому классификатору, обрабатываемое изделие относится к соответствующей классификационной группе на основе кода и к действующему единичному или типовому процессу.

По классификатору заготовок, методике расчета и технико-экономической оценке выбора заготовок, стандартам и техническим условиям на заготовку и основной материал выбирают исходную заготовку и методы ее изготовления, дается технико-экономическое обоснование выбора заготовки.

Выбирают технологические базы, оценивают погрешность базирования (используют классификаторы способов базирования и существующую методику выбора технологических баз).

По документации типового, группового или единичного ТП составляют маршрут обработки, определяют последовательность технологических операций и состав средств технологического оснащения (СТО).

Важный этап проектирования техпроцесса – разработка технологических операций и расчет режимов обработки. На основании документации типовых, групповых или единичных технологических процессов и классификатора технологических операций составляют последовательность переходов в каждой операции, выбирают СТО, в т.ч. средства контроля и испытаний (используют стандарты, каталоги, альбомы). На этом же этапе выбирают средства транспортирования изделий. Назначают и рассчитывают режимы обработки на основании технологических нормативов.

Затем нормируют ТП: рассчитывают затраты труда и расход материалов, определяют разряд работ и профессии исполнителей операций (используют нормативы времени и расхода материалов, классификаторы разрядов работ и профессий).

По методике расчета, экономической эффективности процессов из нескольких вариантов ТП выбирают оптимальный.

На заключительном этапе на основании стандартов ЕСТД технологический процесс оформляют документально и осуществляет нормоконтроль технической документации.

Выбор технологического оборудования. Этот этап начинают с анализа формирования типовых поверхностей деталей для определения наиболее эффективных методов их обработки, учитывая при этом назначение и параметры изделия. Результаты анализа представляют в виде отношений затрат основного и штучного времени и приведенных затрат на выполнение работ различными методами. Лучшим вариантом считается тот, значения показателей которого минимальные.

Выбор оборудования осуществляют по главному параметру, в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с размером изготовляемого изделия.

При выборе оборудования учитывают также минимальный объем приведенных затрат на выполнение технологического процесса при максимальном сокращении периода окупаемости затрат на механизацию и автоматизацию. Годовая потребность в оборудовании определяется по годовому объему работ, устанавливаемому статистическим анализом затрат средств и времени на изготовление изделий. Годовые приведенные расходы на использование оборудования определяются размерами затрат на его эксплуатацию.

Производительность оборудования определяют на основании анализа времени изготовления изделия заданного качества.

Выбор технологической оснастки и средств контроля. При выборе технологической оснастки и средств контроля предусматривается проведение следующего комплекса работ:

– анализ конструктивных характеристик изделия, организационных и технологических условий его изготовления:

– группирование технологических операций для определения наиболее приемлемой системы технологической оснастки и повышения коэффициента ее использования;

– определение исходных требований к технологической оснастке;

– отбор номенклатуры оснастки, соответствующей установленным требованиям;

– определение исходных расчетных данных для проектирования и изготовления новых конструкций оснастки;

– выдача технического задания на разработку и изготовление технологической оснастки.

Конструкцию оснастки определяют на основе стандартов и типовых решений для данного вида технологических операций с учетом габаритных размеров изделий, вида и материала заготовок, точности параметров и конструктивных характеристик обрабатываемых поверхностей, влияющих на конструкцию оснастки, технологических схем базирования и закрепления заготовок, характеристик оборудования и объемов производства.

При разработке процессов контроля выявляют характеристики объекта контроля: показатели процесса контроля, определяющие выбор средств;

уточняют методы и схемы измерений, для чего требуется конструкторская документация на изделие, технологическая документация на его изготовление и контроль, методика расчета показателей контроля.

Состав средств контроля должен обеспечивать заданные показатели с учетом метрологических и эксплуатационных характеристик (используются государственные, отраслевые стандарты и стандарты предприятий на средства контроля, классификаторы и каталоги средств контроля). Произведенный выбор средств контроля обосновывается экономически, выдаются исходные данные и технические задания для проектирования недостающих средств. Затем составляют ведомости выбранных средств и оформляют технологическую документацию согласно требованиям стандартов.

Формы организации технологических процессов. Форма организации технологических процессов изготовления изделия зависит от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, числа изделий и направления их движения в процессе изготовления.

Поточную форму организации ТП отличает специализация каждого рабочего места на определенной операции, согласованное и ритмичное выполнение всех операций технологического процесса на основе постоянства такта выпуска и размещение рабочих мест в последовательности, строго соответствующей техпроцессу.

Групповая форма организации ТП характеризуется однородностью конструктивно-технологических признаков заготовок, единством средств технологического оснащения одной или нескольких технологических операций и специализацией рабочих мест. Группы заготовок для обработки в определенном структурном подразделении (цехе, участке) устанавливают с учетом трудоемкости обработки и объема выпуска. Окончательно номенклатуру групп заготовок, подлежащих обработке на конкретном участке (цехе), устанавливают после расчета загрузки оборудования.

Типовая форма организации. При рассмотрении факторов, определяющих форму организации ТП, сначала устанавливают виды изделии, затем их группируют по оснащенности конструктивно-технологических признаков, учитывая заданную программу выпуска каждого изделия, намечают календарные сроки выполнения заданий на основе длительности производственных процессов. Одновременно определяют необходимое оборудование, коэффициент его загрузки, а также показатель относительной трудоемкости.

Организация ТП должна обеспечивать ритмичный выпуск изделий при условии их прохождения по всем операциям с наименьшими перерывами, т.е. максимально приближаться к поточной форме. Поточная форма организации ТП в зависимости от номенклатуры одновременно обрабатываемых заготовок может реализовываться на одно- и многономенклатурных поточных линиях. Первая поточная линия характеризуется обработкой заготовок одного наименования по закрепленному ТП в течение длительного периода времени. На многономенклатурных поточных линиях обрабатывается группа конструктивно подобных деталей с однородными операциями обработки, причем каждая деталь имеет серийный выпуск.

Разработка типовых и групповых технологических процессов. Типовой технологический процесс характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций для группы деталей, обладающих общими конструктивными признаками.

Типовые технологические процессы разрабатывают на основе анализа множества действующих и возможных технологических процессов на типовые представители групп деталей. Типизация обеспечивает устранение многообразия технологических процессов обоснованным сведением их к ограниченному числу типов. Типизация технологических процессов основана на классификации объектов производства, она заключается в разделении их по конструктивным признакам на отдельные группы, для которых возможна разработка общих технологических процессов или операций.

Начальным этапом разработки типовых технологических процессов является классификация объектов производства. Затем для каждого класса деталей разрабатывают основные маршруты изготовления, включая заготовительные процессы. Затем выбирают заготовку и методы ее изготовления. Руководствуясь классификатором способов базирования и методикой выбора технологических баз, выбирают схему базирования, оценивают точность и надежность базирования.

Составляют технологический маршрут в порядке последовательности операций, определяют группы оборудования для выполнения операций.

При разработке технологических операций выбирают их структуру, последовательность переходов в операции, подбирают оборудование и оснастку, обеспечивающие оптимальную производительность при заданном качестве, рассчитывают загрузку оборудования, определяют оптимальные режимы резания, припуски на обработку, а также нормы времени. Устанавливают разряд работ и профессии исполнителей операций.

Оценка вариантов типовых технологических процессов для выбора оптимального осуществляется по методикам расчета точности, производительности и экономической эффективности.

Заключительным этапом разработки типовых технологических процессов является оформление их согласно требованиям стандартов ЕСТД.

Групповой технологический процесс (ГТП) предназначен для совместного изготовления группы изделий различной конфигурации в конкретных условиях производства на специализированных рабочих местах. ГТП разрабатывается с целью экономически целесообразного применения методов и средств крупносерийного и массового производства в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. Групповой технологический процесс состоит из комплекса групповых технологических операций, разрабатываемых для выполнения на специализированных рабочих местах согласно технологическому маршруту изготовления определенной группы изделий.

При разработке групповой технологической операции следует предусмотреть достаточную величину суммарной трудоемкости технологически однородных работ для обеспечения непрерывной загрузки СТО без их полной переналадки в течение экономически целесообразного периода. Основой разработки ГТП и выбора общих СТО для совместной обработки группы изделий является комплексное изделие.

При выборе комплексного изделия следует учитывать, что ого конструкция должна содержать основные элементы всех изделий группы, подлежащих обработке. Комплексное изделие может быть одним из изделий группы, реально существующим, или искусственно созданным (т. е. условным).

При значительном разнообразии конструкций, затрудняющих искусственное создание комплексного изделия, его заменяют двумя или несколькими характерными деталями группы. Групповые технологические процессы и операции разрабатывают для всех типов производства только на уровне предприятия в соответствии с требованиями стандарта.

18.2. Методы разработки технологических процессов изготовления деталей

Различают следующие методы разработки ТП:

- *метод аналогии (метод повторного использования единичного ТП);*
- *метод использования унифицированных (типовых и групповых) ТП;*
- *метод синтеза ТП.*

Метод аналогии основывается на использовании готовых решений. Поиск проводят среди ТП, действующих на данном предприятии, таким образом:

1) находят для данного изделия изделие-аналог;

2) находят единичный ТП на изделие-аналог;

3) корректируют этот ТП (вносят изменения в структуру операций или их последовательность, в выбранное технологическое снаряжение, режимы обработки, схемы базирования, выбор инструментов и т.д.).

Качество такого ТП зависит от результатов поиска детали или ТП-аналога и качества ТП-аналога. Данный метод используют для деталей, на которые отсутствуют унифицированы ТП.

Второй метод основывается на использовании унифицированных ТП, в которых использовано прогрессивное технологическое снаряжение и передовые формы организации производства. После выбора УТП осуществляется его анализ и доработка в соответствии с деталью, для которой он был выбран. При этом исключаются отдельные, ненужные для данной детали операции и анализируется возможность использования операций, которые остались.

Третий метод разработки ТП базируется на синтезе технологии изготовления детали, когда отсутствуют готовые решения в маршруте обработки и содержании операций. Задача разработчика - выбрать по определенному критерию рациональный вариант ТП для существующих условий. Использование типовых решений позволяет существенно сократить время и стоимость разработки. Этот метод позволяет синтезировать технологический процесс из совокупности ранее сформированных конструкторско-технологических решений. В основе реализации метода лежат предварительное группирование деталей, наличие библиотеки типичных циклов обработки для станков с ЧПУ, унификация и стандартизация конструктивных элементов. Благодаря такой форме достигается гибкость производства в, которая отличается многовариантностью проектирования процесса.

18.3. Основные принципы построения технологических процессов

Технологические процессы должны разрабатываться, учитывая следующие основные принципы.

Принцип прогрессивности. Технологический процесс должен базироваться на новейших научно-технических достижениях, которые обеспечи-

вают рост производительности труда, эффективное использование ресурсов и высокий уровень автоматизации.

Принцип динамичности. Структура технологического процесса должна обеспечивать возможность его оперативного изменения при изменении объекта производства.

Принцип системности. Объект проектирования рассматривается во взаимосвязи с другими объектами, которые его окружают. При этом каждое решение рассматривают в тесной связи с другими решениями. ТП рассматривается как часть производственного процесса, а общая цель ТП согласовывается с целью производственного процесса.

Принцип кратчайшего пути. Обработка каждой поверхности должна выполняться за минимальное количество технологических переходов и операций. Это, как правило, ведет к повышению производительности, уменьшению расходов и повышению точности обработки или сборки. Наибольшая (при всех равных условиях) точность может быть достигнута при размерных или кинематических цепях, которые имеют наименьшее количество составных звеньев.

Принцип соответствия. Последовательность выполняемых технологических переходов или операций при обработке одной и той же поверхности должна быть такой, чтобы значения показателей качества на входе каждого следующего перехода (операции) отвечали (равнялись) значениям тех же показателей на выходе предыдущего перехода (операции) и нормативным условиям выполнения этой обработки. Соблюдение этого принципа позволяет обеспечить требуемый процесс резания или другой обработки на всех этапах технологического процесса. Например, для обработки отверстия диаметром 28 мм в сплошном материале с точностью по IT7 рекомендуется набор инструментов: сверло диаметром 25,5 мм, получистовой зенкер диаметром 27,75 мм, черновая развертка диаметром 27,93 мм и чистовая развертка диаметром 28 мм. Исключение из этого набора хотя бы одного промежуточного инструмента приведет к тому, что следующий РИ (например, чистовая развертка после зенкера) будет работать в несвойственных для него условиях (с недопустимо большой глубиной резания), что не позволит обеспечить нужные показатели качества детали и повлечет интенсивное изнашивание или поломку инструмента. При этом припуск (объем срезаемого материала) должен быть рассчитан для каждого РИ в отдельности. Таким образом, задачей каждого предыдущего перехода является подготовка поверхностей заготовки под следующую обработку.

Принцип уточнения. Каждые следующие операция или переход должны быть точнее предыдущих, то есть обеспечивать более высокие показатели качества детали. Руководствуясь принципом последовательного уточнения заготовки, обосновывают подходы к выбору методов и количества необходимых переходов для устранения погрешностей формы и относительных пространственных отклонений каждой поверхности детали.

Технический принцип. Надежность обеспечения показателей качества машины в процессе производства должна обусловливаться структурой и содержанием самого технологического процесса, совершенством применяемых методов обработки, оборудования и оснастки, а не квалификацией рабочего.

Для обеспечения нужной надежности изделий при разработке технологических процессов необходимо использовать:

– технологические методы и режимы обработки, которые совместно с формированием поверхностей с заданной геометрией одновременно обеспечивают и требуемое качество поверхностных слоев детали;

– режимы обработки, при которых не возникают дефекты, снижающие надежность детали;

– контрольные операции для своевременного выявления дефектов обработки и их устранения по возможности на более ранней стадии технологического процесса.

Экономический принцип. Необходимо обеспечивать исчерпывающее использование технических возможностей оборудования и оснастки процесса при минимизации расходов живого и материализованного труда для заданного объема выпуска и изделий и условий производства. Выбор варианта, который отвечает экономическому принципу, может осуществляться путем расчета приведенных расходов, заключающих в себе как одноразовые (капитальные), так и текущие (эксплуатационные) расходы. При этом вопросы экономической эффективности должны рассматриваться системно на протяжении всего технологического процесса.

Принцип совмещения баз. По всем координатам в качестве технологических необходимо использовать конструкторские и измерительные базы детали. Исходя из этого принципа, базами должны быть выбраны поверхности, от которых на чертеже заданы непосредственно размеры и условия, координирующие положение рассматриваемой поверхности. При этом отсутствуют погрешности базирования, а также достигается наибольшая точность

размеров и относительных поворотов, поскольку они обеспечиваются непосредственно.

Принцип постоянства баз. Обработку на всех (или большинстве) операций нужно стремиться вести от одних и тех же баз. Это повышает точность относительного расположения обработанных поверхностей и, поскольку исключается погрешность относительного расположения тех баз, которые используются при обработке, упрощается изготовление и эксплуатация базирующих приспособлений посредством унификации базирующих и зажимных элементов.

Принцип решающей операции. Операции, где высока вероятность брака из-за дефектов в материале или сложности обработки, должны выполняться в начале процесса. Это позволяет избавиться от дальнейшей бесцельной обработки бракованных заготовок. Поэтому в начале процесса нужно обрабатывать поверхности, с которых снимается наиболее толстый слой материала, поскольку при этом проще выявить внутренние дефекты исходной заготовки (раковины, трещины и др.).

Принцип преимущества. Технологический процесс строится так, чтобы обработка поверхностей осуществлялась исходя из их важности. Значит, в первую очередь надо обрабатывать те поверхности, которые будут служить в качестве баз для следующей обработки. Поверхности, которые являются базами на какой-то операции, должны обрабатываться на предыдущей операции.

Принцип одного установа. Поверхности, которые нуждаются в точном относительном расположении, нужно обрабатывать за один установ. В этом случае погрешность установления заготовки не влияет на точность их относительного расположения.

Принцип дифференциации обработки. Технологический процесс, построенный по этому принципу, должен состоять из количества простых операций, каждая из которых заключается в обработке поверхностей одним инструментом последовательно на одном или разных станках. Например, обработка отверстия втулки последовательно сверлом, зенкером и разверткой. Дифференциация обработки позволяет обеспечивать высокие показатели качества деталей и благодаря простоте операций обеспечивает большую гибкость при переходе на выпуск других изделий, так как переналадка простых станков, которые применяются в этом случае, значительно легче, чем сложных. К недостаткам данного принципа стоит отнести увеличение вспомогательного времени и погрешностей обработки из-за многократных перестановок заготовки со станка на станок.

Принцип концентрации обработки. Технологический процесс состоит из группы элементарных операций, которые выполняются одновременно многими инструментами на одно-, многопозиционном станке или автоматической линии при одновременной обработке одной или нескольких заготовок. Сравнительно с дифференциацией, концентрация обработки позволяет сократить количество единиц оборудования, необходимую для его размещения площадь и уменьшить численность, обслуживающего персонала, но требует применения более сложных станков и использование рабочих высокой квалификации.

ТП можно строить, используя последовательную, параллельную и параллельно-последовательную концентрацию обработки.

Последовательная концентрация обработки характерна для неавтоматизированного производства и заключается в поочередной обработке заготовки многими инструментами на универсальном оборудовании. Такая концентрация обработки дает низкую производительность из-за больших потерь времени на холостые ходы, ручное управление станком, установку, закрепление и переустановку заготовки, замену инструмента. Повысить производительность при последовательной концентрации обработки позволяет автоматизация рабочего цикла.

Параллельная концентрация обработки осуществляется на одной позиции за счет применения сложных комбинированных инструментов: сборных инструментов (многорезцовых державок, набора сверл, зенкеров, разверток, метчиков в многошпиндельной головке; набора фрез, шлифовальных кругов); агрегатных станков, которые позволяют обрабатывать заготовку несколькими наборами инструментов одновременно с разных ее сторон на одной позиции. Но при увеличении количества инструментов при наладке и усложнении станка надежность его снижается (растет количество отказов при работе, увеличивается время на их устранение. С целью увеличения периода стойкости режущего инструмента необходимо существенно снижать режимы резания.

Параллельно-последовательная концентрация обработки осуществляется при одновременной обработке нескольких поверхностей заготовки.

Принцип технологической инверсии. Инверсия – это изменение любых функций на противоположные, а также форм, способов, порядка или расположения элементов в системе.

Например, конструктивная инверсия заключается:

– в изменении на обратные функции деталей конструкции, т.е. ведомая деталь выполняется ведущей, неподвижная подвижной; охватывающая –

охватываемой, внешняя – внутренней, пружина сжатия заменяется на пружину растягивания и тому подобное;

– изменении способов расположения деталей и элементов конструкции (шпонку вала переносят в ступицу зубчатого колеса, верхнюю деталь выполняют нижней и т.д.);

– изменение формы деталей (выпуклую поверхность замещают вогнутой, плоскую поверхность – цилиндрической и т.п.).

В результате инвертирования конструкция, сравнительно с исходной, может получать новые эксплуатационные свойства. Технологическая инверсия заключается в перестановке технологических операций, их элементов или баз. Используется для упрощения обработки в зависимости от конкретных условий.

Так, например, обработав отверстие шкива, базируясь на него, обрабатывают его внешнюю поверхность. Применив инверсию, можно обработать внешнюю поверхность и потом, базируясь на него, обработать отверстие в ступице. При этом точность относительного расположения этих элементов не изменится.

Принцип последовательного исключения. Заключается в логическом анализе ситуации, которая представляет последовательное исключение из множества технологических решений тех, которые неприемлемы для данных производственных условий.

Принцип безопасности. При разработке ТП надо использовать технические средства и организационные методы, которые обеспечивают безопасность труда рабочих и защиту окружающей среды (экологическую безопасность). При этом необходимо:

– исключить опасные приемы и способы механической обработки и сборки;

– предусмотреть ограждение подвижных частей оборудования и защитные устройства, а также предохранительные и сигнализирующие устройства на операциях с повышенной опасностью и вероятностью травматизма, средства уменьшения шума и вибраций;

– механизировать и автоматизировать опасные технологические и вспомогательные операции;

– руководствоваться действующими нормативными документами по технике безопасности и экологической безопасности;

– все организационные мероприятия по безопасности труда и индивидуальные средства защиты должны отображаться в технологической документации.

18.4. Оценка качества технологического процесса

Качество технологического процесса закладывается на этапах его разработки. Оценка качества осуществляется путем сравнения разработанного ТП с базовым. В качестве базового принимают типовой ТП для данного класса деталей.

К основным показателям качества ТП относят:

1) коэффициент прогрессивности ТП

$$q_n = n_m / n_o, \qquad (18.1)$$

где n_m – количество операций типового ТП; n_o – общее число операций.

Новый ТП считается более совершенным, если $q_{n(баз)} < q_n$;

2) коэффициент механизации (автоматизации)

$$q_{ма} = t_{ма} / t_o\ , \qquad (18.2)$$

где $t_{ма}$ – время механизированных (автоматизированных) операций; t_o – общая трудоемкость всех операций.

Технологическая операция считается более совершенной, если $q_{ма(баз)} < q_{ма}$;

3) коэффициент технологической оснащенности

$$q_o = n_{со} / n_o, \qquad (18.3)$$

где $n_{со}$ – количество операций, выполненных с помощью специальной оснастки.

ТП считается более качественным, если $q_{о(баз)} < q_o$;

4) обобщенный показатель качества ТП

$$q = \sum q_i / \sum q_{i(баз)}, \qquad (18.4)$$

где $\sum q_i$ и $\sum q_{i(баз)}$ - сумма частных показателей качества. соответственно, разработанного и базового ТП.

Если обобщенной показатель $q > 1$, качество разработанного ТП выше базового.

19. Режимы обработки и техническое нормирование операций

19.1. Расчет режимов обработки

Проектирование технологической операции должно сопровождаться расчетами режимов резания и ожидаемой точности обработки с учетом жесткости системы СПИД, значений рабочих и вспомогательных ходов и др.

Для одноинструментальной обработки резанием принят следующий порядок назначения режимов: сначала определяют глубину резания, затем подачу и после нее – скорость резания. Глубину резания t и число ходов i определяют в зависимости от припуска на обработку Z, точности обработки и шероховатости поверхности. При черновой обработке рекомендуется назначать максимальную глубину резания, по возможности соответствующую срезанию припуска на черновую обработку за один ход. При недостаточной мощности станка или жесткости системы СПИД припуск снимается за несколько ходов. При этом число ходов

$$i = z / t . \qquad (19.1)$$

При чистовой обработке весь припуск следует снимать за один ход.

Подача устанавливается по нормативам (нормативным таблицам). При черновой обработке подача назначается максимально допустимой в целях сокращения времени обработки и устранения вибраций, возникающих в процессе резания. При чистовой и отделочной обработке подачу устанавливают в зависимости от точности обработки и шероховатости поверхности.

Скорость резания рассчитывают по формулам теории резания или устанавливают по нормативам в зависимости от глубины резания, подачи, материала обрабатываемой детали и режущего инструмента. Для черновых ходов по установленным режимам определяется мощность резания $N_{рез}$, которая должна удовлетворять требованию

$$N_{рез} < N_{ст} \cdot \eta, \qquad (19.2)$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя станка, кВт; η – коэффициент полезного действия станка.

Если выбранный режим не отвечает указанному условию, необходимо снизить скорость резания и соответственно частоту вращения заготовки (режущего инструмента) до значений, допускаемых мощностью станка.

В качестве примера рассмотрим порядок назначения режимов при токарной обработке.

Режимы резания при точении наружных и растачивании внутренних поверхностей рассчитывают в такой последовательности.

Рассчитывают глубину резания

$$t = (d - d_1)/2, \tag{19.3}$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности (при растачивании – обработанной), мм; d_1 – диаметр обработанной поверхности (при растачивании – обрабатываемой), мм.

Затем в зависимости от припуска на обработку Z назначают число ходов по формуле (19.1).

Подачу S определяют с учетом поправочных коэффициентов:

$$S = S_T \cdot K, \tag{19.4}$$

где ST – табличное значение подачи, мм/об (берутся из справочника «Технолога-машиностроителя»; K – поправочные коэффициенты (их произведение), учитывающие конкретные условия обработки.

Расчетное значение подачи корректируют по паспортным данным станка и принимают ближайшее значение S_Φ (фактическое).

После определения подачи рассчитывают скорость резания V. Ее рассчитывают с учетом поправочных коэффициентов:

$$V = V_T \cdot k, \tag{19.5}$$

где VT – табличное значение скорости резания, м/мин; k – поправочные коэффициенты, зависящие от условий обработки.

Частота вращения детали n, соответствующая расчетной скорости резания,

$$n = \frac{1000V}{\pi d}. \tag{19.6}$$

Затем расчетное значение частоты вращения корректируют по паспортным данным станка и принимают ближайшее меньшее значение. На основании полученной фактической частоты вращения n_Φ уточняют скорость резания:

$$V_\Phi = \frac{\pi d n_\Phi}{1000}. \tag{19.7}$$

Режимы резания для черновых ходов проверяют по мощности станка, они должны удовлетворять условию (19.2).

При многоинструментальной обработке и назначении режимов резания необходимо обеспечить согласованную работу режущих инструментов, применяемых в данной технологической операции, с учетом особенностей применяемого оборудования.

Для блока режущих инструментов выбирают наименьшую подачу (ограничивающую), допустимую механизмом подачи станка или жесткостью обрабатываемой заготовки. В случае чистовой обработки подача регламентируется шероховатостью обработанной поверхности. Лимитирующими режущими инструментами являются инструменты, обрабатывающие участки с наибольшим диаметром и наибольшей длины. Выбранную подачу по нормативам согласовывают с паспортными данными станка. Для лимитирующих инструментов определяют коэффициент времени резания

$$\lambda = \frac{l_p}{l_{p.x}}, \tag{19.8}$$

где l_p – длина резания данным инструментом, мм; $l_{p.x}$ – длина рабочего хода инструментного блока, мм.

Стойкость T каждого инструмента наладки, на которую ведется расчет скорости резания,

$$T = T_M \cdot \lambda, \tag{19.9}$$

где T_M – условно-экономическая стойкость лимитирующих режущих инструментов данной наладки при их равномерной загрузке, мин (выбирают по нормативным данным).

По стойкости принятых лимитирующих режущих инструментов с помощью нормативных данных определяют скорости резания (наименьшая из них у лимитирующего инструмента). По этой скорости рассчитывают частоту вращения шпинделя и корректируют ее по паспортным данным станка. Затем определяют суммарные момент и мощность резания. Их сопоставляют также с паспортными данными станка при установленной частоте вращения шпинделя и при необходимости корректируют, соответственно изменив подачу и скорость резания.

Рассчитанные режимы резания записывают в технологическую документацию на изготовление детали.

Трудоемкость технологических операций. Трудоемкость выполнения технологических операций является критерием эффективности технологического процесса и определяется на основе технически обоснованных норм рабочего времени (ГОСТ 3.1109-82).

Норма времени – регламентированное время выполнение операции в определенных производственных условиях.

Норма выработки – регламентированный объем работы, который должен быть выполнен в единицу времени в определенных организационно-технических условиях (величина, обратная норме времени).

Имеются три метода установления норм времени: на основе изучения затрат рабочего времени наблюдением; по нормативам; 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 разработки нормативов. При втором методе осуществляют расчет времени на операцию, используя нормативы длительности выполнения отдельных элементов работы (операции). При третьем методе нормирование операции осуществляется приближенно с использованием типовых норм. Два первых метода нормирования применяют в серийном и массовом производстве, третий – в единичном и мелкосерийном.

Штучное время $t_{шт}$ для неавтоматизированного производства состоит из элементов

$$t_{шт} = t_O + t_B + t_T + t_{орг} + t_П, \qquad (19.10)$$

где t_O – основное время; t_B – вспомогательное время; t_T – время технического обслуживания рабочего места; $t_{орг}$ – время организационного обслуживания рабочего места; $t_П$ – время перерывов на отдых и естественные надобности.

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

$$t_O = \frac{l_p i}{n \cdot S}, \qquad (19.11)$$

где $l_р$ – расчетная длина обработки (длина хода инструмента в направлении подачи), мм; i – число рабочих ходов инструмента; n – чисто оборотов заготовки, мин$^{-1}$; S – подача инструмента, мм/об.

При ручном подводе инструмента расчетная длина обработки представляет собой сумму собственно длины обработки l, размера врезания инструмента $l_В$ и размера схода (сбега) инструмента $l_{сх}$:

$$l_р = l + l_В + l_{сх}. \qquad (19.12)$$

Вспомогательное время $t_В$ – время, затрачиваемое на различные действия, обеспечивающие выполнение элементов работы, относящихся к основному времени, например, на установку и снятие заготовки, на пуск и остановку станка, на изменение режимов обработки в процессе выполнения операции, на измерение заготовок. Вспомогательное время может быть неперекрываемым и перекрываемым. Если вспомогательные работы выполняют не в процессе обработки (например, снятие обработанной заготовки и установка другой), то такое вспомогательное время называют неперекрываемым. Если же часть вспомогательных работ выполняют в процессе 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.

Часть штучного времени, равная сумме основного $t_О$ и вспомогательного времени $t_В$, называется *оперативным временем* $t_{оп}$:

$$t_{оп} = t_О + t_В. \qquad (19.13)$$

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

Время обслуживания рабочего места ($t_{об} = t_Т + t_{орг}$) включает затраты времени на уход за рабочим местом в течение смены (смазка станка, подготовка инструмента, уборка рабочего места). Его устанавливают на основании нормативов и во многих случаях определяют в процентах (до 4–8%) от оперативного времени.

Время на личные потребности $t_П$ (отдых и естественные надобности) исчисляется в процентах к оперативному времени (для механических цехов $t_П = 2,5\%$).

Штучное время рассчитывают по формуле

$$t_{шт} = t_{оп}(1 + \alpha + \beta + \gamma), \qquad (19.14)$$

где α, β, γ – коэффициенты, характеризующие время технического и организационного обслуживания и личные потребности соответственно.

В серийном производство при расчете нормы времени на партию необходимо учитывать *подготовительно-заключительное время* $t_{пз}$. Оно затрачивается рабочим перед началом обработки партии заготовок и после выполнения задания. К подготовительной работе относится получение задания, ознакомление с работой, наладка оборудования, в т.ч. установка инструмента и специального приспособления. К заключительной работе относится сдача выполненной работы, снятие 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 из-за повторяемости одной и той же операции нет необходимости в работах, выполняемых в подготовительно-заключительное время. В единичном производстве подготовительно-заключительное время включается в штучное время. В серийном производстве норму времени на обработку партии заготовок рассчитывают по формуле

$$t_{пр} = t_{шт} \cdot n_{П} + t_{пз}, \qquad (19.15)$$

где $n_{П}$ – размер партии; $t_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин.

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

$$t_{ш.к} = t_{шт} + t_{пз} / n_{П}. \qquad (19.16)$$

На основе норм времени определяют расценки выполняемых операций, рассчитывают необходимое количество оборудования для осуществления программы выпуска изделий, осуществляют планирование производственного процесса.

Технологическая документация. Комплект графических и текстовых документов, которые определяют технологию изготовления изделия и содержат данные для организации производственного процесса, называется технологической документацией. В машиностроении государственными

стандартами установлена Единая система технологической документации (ЕСТД).

Основное назначение стандартов ЕСТД – установление на всех предприятиях единых правил оформления и ведения технологической документации, обеспечение стандартизации обозначений и унификации документации на различные виды работ, возможность обмена между предприятиями технологическими документами без их переоформления, что обеспечивает стабильность комплектности документации, исключающую их повторную разработку предприятиями.

Основные технологические документы (ГОСТ 3.1102-84) подразделяют на документы общего и специального назначения. К первым относят технологические документы, применяемые независимо от технологических методов изготовления изделий.

Документами общего назначения являются титульный лист, карта эскизов (КЭ) и технологическая инструкция (ТИ). Формы документов общего назначения устанавливаются ГОСТ 3.1105-84.

Карта эскизов – технологический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, предназначенные для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления изделия.

Технологическая инструкция предназначена для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении изделий, правил эксплуатации средств технологического оснащения.

Документы специального назначения посвящены описанию технологических процессов и операций в зависимости от типа и вида производства и применяемых технологических методов изготовления изделий. К числу обязательных документов такого рода относится *маршрутная карта* (МК). В ней дается полное описание ТП, включая все технологические операции, а также контроль и перемещение детали в технологической последовательности ее изготовления с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных нормативах, трудовых затратах и охране труда.

Операционная карта (ОК) – технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки, данных о средствах технологического оснащения. Эти карты выполняют по всем операциям в условиях серийного и массового производства и дополняют маршрутной картой.

Карта технологического процесса (КТП) предназначена для операционного описания технологического процесса изготовления изделия по операциям одного вида работ, выполняемых в одном цехе.

Формы документов специального назначения регламентируются ГОСТ 3.1105-84 и ГОСТ 3.1404-86.

20. Технико-экономический анализ вариантов технологического процесса

20.1. Параметры технико-экономического анализа

Технологический процесс обработки резанием может быть разработан в нескольких вариантах, и наиболее эффективный из них выбирают на основании технико-экономического сравнительного анализа.

Операция технологического процесса является его основным расчетным элементом. Норма времени $t_{шт}$ служит критерием целесообразности построения операции для конкретных условий. Величина, обратная норме времени, называется нормой выработки:

$$Q = 1 / t_{шт}. \qquad (20.1)$$

Сменная норма выработки

$$Q_{см} = 60 T_{см} / t_{шт}, \qquad (20.2)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч.

Нормы времени и выработки характеризуют производительность труда. Определив штучное время для разных вариантов операции, можно сопоставить их по производительности.

По норме времени можно определить коэффициент основного времени:

$$\eta = t_{О} / t_{шт}. \qquad (20.3)$$

Коэффициент основного времени может служить сравнительной характеристикой вариантов аналогичных операций.

Для характеристики процесса изготовления детали в целом с учетом метода получения заготовки можно применить коэффициент использования материала (отношение масс детали и заготовки).

Показателем правильности выбора оборудования является его загрузка.

Коэффициент загрузки оборудования

$$\eta_з = n_р / n_{пр}, \qquad (20.4)$$

где $n_р$ и $n_{пр}$ – расчетное и принятое число станков на операции соответственно.

Коэффициент загрузки линии

$$\eta_{з.л} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} n_{зi}, \qquad (20.5)$$

где m – число станков на линии.

Величина $\eta_{з.л}$ является средним коэффициентом загрузки отдельных станков линии. Коэффициент загрузки поточной линии должен быть в пределах 0,75–0,85.

Важным показателем при сопоставлении вариантов технологического процесса изготовления детали является трудоемкость, которая определяется как сумма штучного времени всех операций:

$$T_{шт} = \sum_{i=1}^{m_0} t_{штi}, \qquad (20.6)$$

где m_0 – количество операций в технологическом процессе.

Характеристикой сопоставляемых вариантов технологического процесса по суммарным затратам живого и овеществленного труда служит себестоимость детали. Для сравнительного анализа можно использовать цеховую себестоимость детали

$$C_ц = M + З_П + Н_ц, \qquad (20.7)$$

где M – стоимость материала за вычетом суммы, полученной за реализацию отходов, руб.; $З_П$ – заработная плата станочников, участвующих в изготовлении детали, руб.; $Н_Ц$ – сумма цеховых накладных расходов, руб.

Стоимость материала зависит от массы заготовки. Заработная плата определяется суммированием заработной платы исполнителей по операциям. Определение цеховых накладных расходов, отнесенных к изготовленной детали, осложняется необходимостью калькуляции цеховых расходов, связанных с определенными станками, на которых осуществляются варианты технологического процесса. Более простым методом является начисление цеховых накладных расходов в процентах от заработной платы производственных рабочих (станочников) цеха.

Цеховая себестоимость детали как основной критерий в совокупности с другими технико-экономическими показателями позволяет выбрать оптимальный вариант технологического процесса изготовления детали.

21. Сборка и испытания агрегатов и автомобилей

21.1. Назначение и сущность сборки

Технология сборки. Надежность автомобиля в значительной степени зависит от качества сборки – процесса, доля которого в общей трудоемкости изготовления автомобиля составляет 25–30 %. Сборку подразделяют на узловую и общую. Объектом узловой сборки являются сборочные элементы, объектом общей сборки – агрегат или сам автомобиль.

Детали поступают на сборку после их окончательного технического контроля. Сборка состоит из двух основных частей: подготовки деталей к сборке и собственно сборочных операций. К подготовительным работам относятся различные слесарно-пригоночные работы, выполняемые при необходимости; очистка и промывка деталей; смазывание соединяемых поверхностей, если это необходимо по техническим условиям; окрашивание отдельных деталей. Перед сборкой некоторые детали комплектуют по размерным группам и по массе (например, поршни двигателей).

Непосредственно к сборочным работам относится процесс соединения деталей и узлов (подузлов) с обеспечением правильного их взаимного расположения в пространстве и относительного друг друга положения, а также определенной посадки.

К сборочным процессам относится также балансировка деталей и собранных узлов.

21.2. Балансировка деталей и узлов

Виды балансировки. Балансировка – это уравновешивание сил инерции частей вращающегося изделия совмещением его центра масс, осей инерции и вращения путем снятия лишнего металла или установки противовесов.

При балансировке вращающихся изделий добиваются, чтобы нагрузки на их опоры от сил инерции были равны нулю. Различают статическую, динамическую и смешанную неуравновешенность вращающихся деталей или сборочных единиц.

Статическая неуравновешенность наблюдается у деталей типа дисков с малой длиной (маховиков, нажимных и ведомых дисков сцеплений и др.), у которых присутствует неуравновешенная сила инерции. Мерой статической неуравновешенности служит дисбаланс, направление которого совпадает с неуравновешенной силой инерции. Статическая балансировка состоит в совмещении центра масс детали с осью ее вращения путем снятия излишнего металла или установки противовеса. Поверхность, с которой снимают металл, должна иметь наибольший радиус, т.к. в этом случае масса снимаемого металла минимальна. Балансировку ведут на роликах, горизонтальных призмах, качающихся дисках и на станках. Наиболее точную статическую балансировку изделий (маховиков, нажимных и ведомых дисков сцеплений, сцеплений в сборе и др.) в динамическом режиме выполняют на станке модели 9765.

Динамическая неуравновешенность имеет место в случае, когда центр масс находится на оси вращения детали, а во время ее вращения возникает момент от двух равных сил инерции на некотором плече, который вызывает переменные по направлению нагрузки на опоры изделия. Динамическую неуравновешенность устраняют снятием или добавлением двух равных масс с целью появления нового момента, уравновешивающего начальный.

Смешанная неуравновешенность наиболее часто встречается в реальных условиях, когда имеются неуравновешенные сила инерции и момент от двух равных сил инерции. Этот вид неуравновешенности характерен для длинных деталей или сборочных единиц.

Система неуравновешенных сил инерции сводится к двум силам, расположенным в двух произвольных плоскостях, перпендикулярных оси детали (плоскостях коррекции).

Например, у коленчатого вала эти плоскости проходят через крайние противовесы.

Направление (угол) и значение дисбаланса в каждой плоскости коррекции вала определяют на балансировочных станках БМ-4У, КИ-4274, МС-9716 или фирмы «Schenck Process GmbH» (Германия).

На станках балансируют сборочные единицы (коленчатые валы с маховиками, карданные валы и др.).

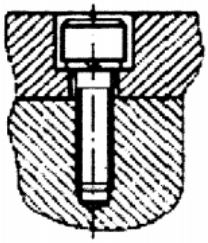
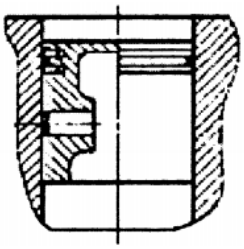
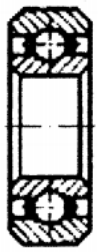
Уравновешивание V-образных двигателей в сборе ведут на обкаточном стенде, оборудованном балансировочным прибором при вращении

коленчатого вала от электродвигателя при вывернутых свечах. Балансировка осуществляется путем снятия металла с маховика (задняя балансировочная плоскость) и со шкива коленчатого вала (передняя балансировочная плоскость).

21.3. Сборка типовых соединений

Классификация соединений. Соединения деталей при сборке могут быть неподвижными и подвижными: они выполняются разъемными и неразъемными (таблица 21.1).

Таблица 21.1. – Соединения деталей автомобилей

Неподвижные		Подвижные	
Разъемные	Неразъемные	Разъемные	Неразъемные
			

Разъемные соединения разбираются без повреждений деталей и без особых затруднений, неразъемные соединения не могут быть разобраны без повреждений сопряженных элементов, разрушений скрепляющего шва или крепежных деталей.

Неподвижные разъемные соединения. К ним относятся резьбовые, шпоночные и шлицевые, выполненные с переходными посадками (*n, m, k, j, s*) и посадками на конус, а также штифтовые соединения.

В *резьбовых соединениях* обычно используются шпильки, болты и винты. Шпильки применяют при непосредственном соединении плоских поверхностей или при соединении поверхностей с помощью прокладок, причем этому предшествует ввертывание шпилек в базовую деталь. На 1 мм длины выступающей части шпильки допускается отклонение от перпендикулярности не более 2 мкм.

Болты применяют в случае, когда отверстия в соединяемых деталях сквозные. Соединения винтами необходимы тогда, когда резьбовое соединение в процессе эксплуатации часто разбирается, поэтому резьба для таких

соединений выполняется менее плотной, чем в резьбовых соединениях шпильками.

При выполнении болтовых и винтовых соединений широко используются переносные электро- и пневмогайковерты, подвешиваемые к пружинным противовесам (блокам). Применение механизации значительно повышает производительность труда при сборке и качество резьбового соединения за счет равномерной затяжки.

Электрогайковерты бывают одно- и многошпиндельными (с числом шпинделей до 20). Многошпиндельные гайковерты более производительны за счет одновременного заворачивания нескольких гаек (например, при установке колес), однако они имеют большую массу. Значение крутящего момента при затяжке болтов, шпилек и винтов проверяют тарированным инструментом или ключами с динамометром.

В *шпоночных соединениях* используются клиновые, призматические и сегментные шпонки. При сборке с помощью клиновой шпонки ось охватывающей детали смещается относительно оси вала. Это смещение обусловлено зазором и является причиной радиального биения охватывающей детали. К тому же всегда имеет место расхождение в уклонах шпонки и паза охватывающей детали, что приводит к перекосу соединяемых деталей.

В соединениях с призматическими или сегментными шпонками сборку шпонки с валом выполняют с натягом (шпонка запрессовывается в паз вала с помощью пресса или винтовыми струбцинами).

Неподвижные *шлицевые соединения*, выполняемые с различными посадками центрирующих элементов, бывают туго- и легкоразъемными. Тугоразъемное шлицевое соединение выполняют с нагревом охватывающей детали до 80–120 ^{o}С. Нагрев уменьшает усилие напрессовывания и, следовательно, обеспечивает более плотную посадку. Напрессовку на вал осуществляют в специальном приспособлении, после чего охватывающая деталь проверяется на биение. При сборке легкоразъемных шлицевых соединений больших усилий напрессовки не требуется.

Штифтовые соединения выполняют с помощью конических и цилиндрических штифтов. Кроме соединения, штифты используют также для обеспечения необходимого взаимного положения собираемых деталей.

При сборке деталей с соединяемыми коническими поверхностями отверстия под штифт должны обрабатываться в сборе с охватывающей деталью.

Неподвижные неразъемные соединения. К ним относятся развальцовывание, клепка, сварка, пайка, склеивание.

Развалъцовывание применяется при необходимости обеспечить плотное и герметичное соединение деталей и выполняется специальным инструментом путем пластического деформирования одной из сопрягаемых деталей.

Развальцовывание осуществляется на сверлильных станках и специальных установках. В автомобильной промышленности этот вид соединения применяется в трубопроводах тормозной системы и смазки двигателя.

Клепаные соединения используются в конструкциях, которые подвергаются воздействию высоких температур и коррозии, а также в конструкциях, испытывающих ударные и вибрационные нагрузки. Процесс клепки механизирован: применяются пневмо- и электроклепальные молотки, полуавтоматические и автоматические прессы. При клепке с использованием полуавтоматов заклепки вставляются подающим устройством. В автоматах выполняется автоматически весь процесс: пробивка отверстий, вставка заклепок и обжатие замыкающих головок.

Сварные соединения все шире применяются при сборке автомобилей, при этом сокращается использование заклепочных соединений, обеспечивается экономия материала и снижается трудоемкость изготовления. Технологическая особенность сварки позволяет вводить электросварочные машины непосредственно в поточные линии сборки. Наиболее широко применяется дуговая автоматическая и полуавтоматическая сварка.

Пайка в автомобилестроении используется для изготовления радиаторов и устранения обнаруженных дефектов.

Подвижные разъемные и неразъемные соединения. Для по лучения подвижных соединений детали изготавливают по допускам посадок, обеспечивающих подвижность соединения (зазор). Зазор устанавливается конструктором при проектировании узла. Технолог обязан разработать такой технологический процесс, который обеспечит соблюдение установленных допусков на размеры, форму и пространственные отклонения. В подавляющем большинстве случаев подвижные соединения выполняются разъемными.

21.4. Обеспечение точности сборки

Определение точности сборки. Под точностью сборки понимают свойство сборки обеспечивать соответствие значений параметров изделия заданным в конструкторской документации (ГОСТ 23887-79).

В результате сборки необходимо обеспечить такое положение деталей и сборочных единиц, чтобы их исполнительные поверхности в своем относительном движении и в статичном положении не выходили за пределы установленных допусков при сборке и эксплуатации.

При выборе метода достижения требуемой точности сборки часто используют теорию размерных цепей.

Методы обеспечения точности сборки. Существуют следующие методы достижения точности замыкающего звена, применяемые при сборке: полная взаимозаменяемость, неполная взаимозаменяемость, групповая взаимозаменяемость, пригонка, регулирование, сборка с применением компенсирующих материалов.

Метод полной взаимозаменяемости заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их величин. Использование этого метода экономично в условиях достижения высокой точности при малом числе звеньев размерной цепи, подлежащих сборке.

Метод неполной взаимозаменяемости отличается от предыдущего тем, что требуемая точность замыкающего звена достигается у заранее обусловленной части объектов без выбора, подбора или изменения их величин. Использование этого метода целесообразно для достижения точности в многозвенных размерных цепях. Допуски составляющих звеньев при этом больше, чем в предыдущем методе, что повышает экономичность изготовления сборочных единиц. У части изделий погрешность замыкающего звена может оказаться больше допустимой, т.е. возможен брак.

Метод групповой взаимозаменяемости состоит в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к одной из групп, на которые они предварительно рассортированы. Этот метод применяют для достижения наиболее высокой точности замыкающих звеньев малозвенных размерных цепей. При этом необходима четкая организация сортировки деталей

на размерные группы и их маркировка, а также хранение и транспортирование деталей в специальной таре.

Метод пригонки заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается изменением размера компенсирующего звена путем удаления с компенсатора определенного слоя материала. Такой метод используют при сборке изделий с большим числом звеньев. Детали могут быть изготовлены с экономическими допусками, но необходимы дополнительные затраты на предварительную сборку и разборку, на пригонку компенсатора. Экономичность в значительной мере зависит от правильного выбора компенсирующего звена, которое не должно принадлежать нескольким связанным размерным цепям.

Метод регулирования отличается от предыдущего тем, что требуемая точность замыкающего звена достигается изменением размера или положения компенсирующего звена без удаления материала с компенсатора. Этот метод аналогичен методу пригонки, но имеет большое преимущество – при сборке не требуется выполнять дополнительные работы со снятием слоя металла. Данный метод обеспечивает достаточно высокую точность и позволяет периодически восстанавливать ее в процессе эксплуатации автомобиля.

Метод сборки с компенсирующими материалами состоит в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается применением компенсирующего материала, вводимого в зазор между соединяемыми поверхностями деталей после их установки в СЕ. Использование этого метода наиболее целесообразно при соединении деталей по плоскостям (привалочные плоскости головок и блоков цилиндров, картеров и крышек коробок передач и др.), а также в ремонтной практике для восстановления работоспособности изделий.

21.5. Основы проектирования технологических процессов сборки

Последовательность проектирования. При проектировании технологии сборки исходными данными служат сборочные чертежи изделия. Спецификация входящих в узлы деталей, технические требования приемки изделия и узлов, объемы выпуска, условия выполнения сборочных работ. Степень углубленности проектирования технологического процесса зависит от масштаба выпуска изделий: в единичном и мелкосерийном производстве разрабатывают упрощенный вариант без детализации содержания операций. При массовом производстве технологический процесс разрабатывают в операционном описании.

В общем случае проектирование технологии сборки включает: расчет такта сборки и выбор организационных форм сборки; составление технологических схем сборки узлов и изделия в целом; проектирование технологических операций; определение состава контрольных операций и испытаний; обоснование эффективности сборки; оформление технологической документации; проектирование специальной технологической оснастки; разработку технологической планировки сборочного цеха.

Такт сборки определяют как частное от деления расчетного фонда времени (за смену, месяц или другой период времени) на программу выпуска изделий за тот же период. В зависимости от такта сборки определяют ее организационную форму.

Организационные формы сборки. Организационная форма сборки определяется типом и условиями производства. При этом решающие факторы – объем выпуска изделий в календарном периоде времени, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность. Организационные формы сборки представлены на рисунке 21.1.

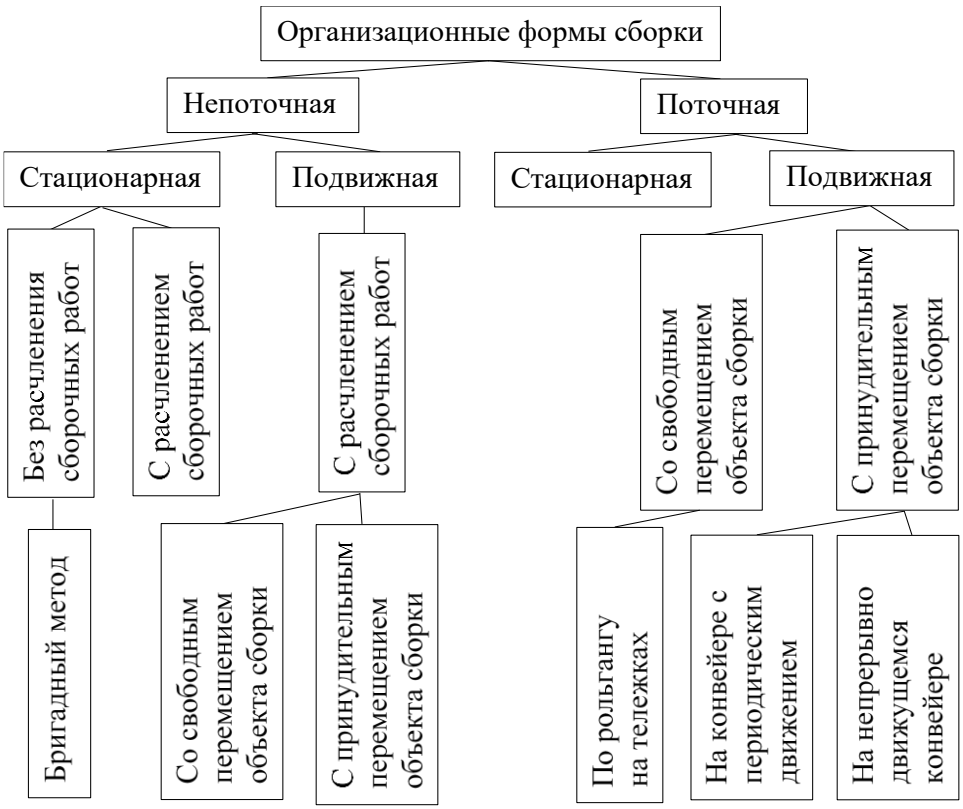


Рисунок 21.1. – Организационные формы сборки

Непоточная сборка характеризуется тем, что операции выполняются за разные промежутки времени, в результате чего возможно складирование деталей или сборочных единиц между операциями.

Непоточная стационарная сборка без расчленения сборочных работ характеризуется тем, что весь процесс сборки выполняется на одной сборочной позиции: стенде, станке, рабочем месте. Сборочные работы выполняются, как правило, бригадой рабочих последовательно, т.е. от начала до конца.

Областью применения такой организации сборки является единичное и мелкосерийное производство с крупногабаритными изделиями.

Непоточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ предполагает дифференциацию процесса на узловую и общую сборку. Сборка каждой единицы и общая сборка выполняются в одно и то же время разными бригадами (сборщиками), Собираемое изделие остается неподвижным на одном стенде. В результате такой организации длительность процесса сборки сокращается.

Непоточная подвижная сборка характеризуется последовательным перемещением собираемого изделия от одной рабочей позиции к другой. Это перемещение может быть свободным или принудительным. Технологический процесс при этом разбивается на отдельные операции, выполняемые одним или несколькими рабочими.

Сборка со свободным перемещением собираемого объекта заключается в том, что рабочий, закончив свою операцию, с помощью средств механизации или вручную перемещает собираемую сборочную единицу на следующую рабочую позицию.

Сборка с принудительным перемещением собираемого объекта состоит в том, что объект сборки передвигается с помощью конвейера или тележек, имеющих общий привод.

Поточная сборка характеризуется тем, что операции выполняются за одинаковый промежуток времени (такт) или за промежуток времени, кратный такту.

Одной из форм поточной сборки является *поточная стационарная сборка*. При такой организации сборки все собираемые объекты остаются на рабочих позициях в течение всего процесса сборки. Рабочие или бригады последовательно переходят от одних собираемых объектов к другим через периоды времени, равные такту. Каждый рабочий или бригада выполняет закрепленную за ними одну и ту же операцию на каждом собираемом объекте.

Поточная стационарная сборка применяется при сборке крупных и громоздких изделий, неудобных для транспортировки. Основные преимущества такого вида сборки – равномерный выпуск продукции, короткий цикл сборки, высокая производительность. Областью использования является серийное производство.

Поточная подвижная сборка может быть организована со свободным или с принудительным ритмом. В первом случае рабочий передает собираемое изделие на соседнюю операцию по мере выполнения собственной работы, а во втором случае, при работе с принудительной регулировкой ритма, момент передачи выполненной работы на следующую операцию определяется сигналом (световым или звуковым) или скоростью движущегося конвейера.

При поточной сборке сокращается длительность производственного цикла, уменьшаются межоперационные заделы деталей, повышается специализация сборщиков и появляется возможность механизации и автоматизации сборочных операций, что, в конечном счете, приводит к снижению трудоемкости сборки на 35–50%.

Организация поточной сборки экономически целесообразна при большом объеме выпуска изделий.

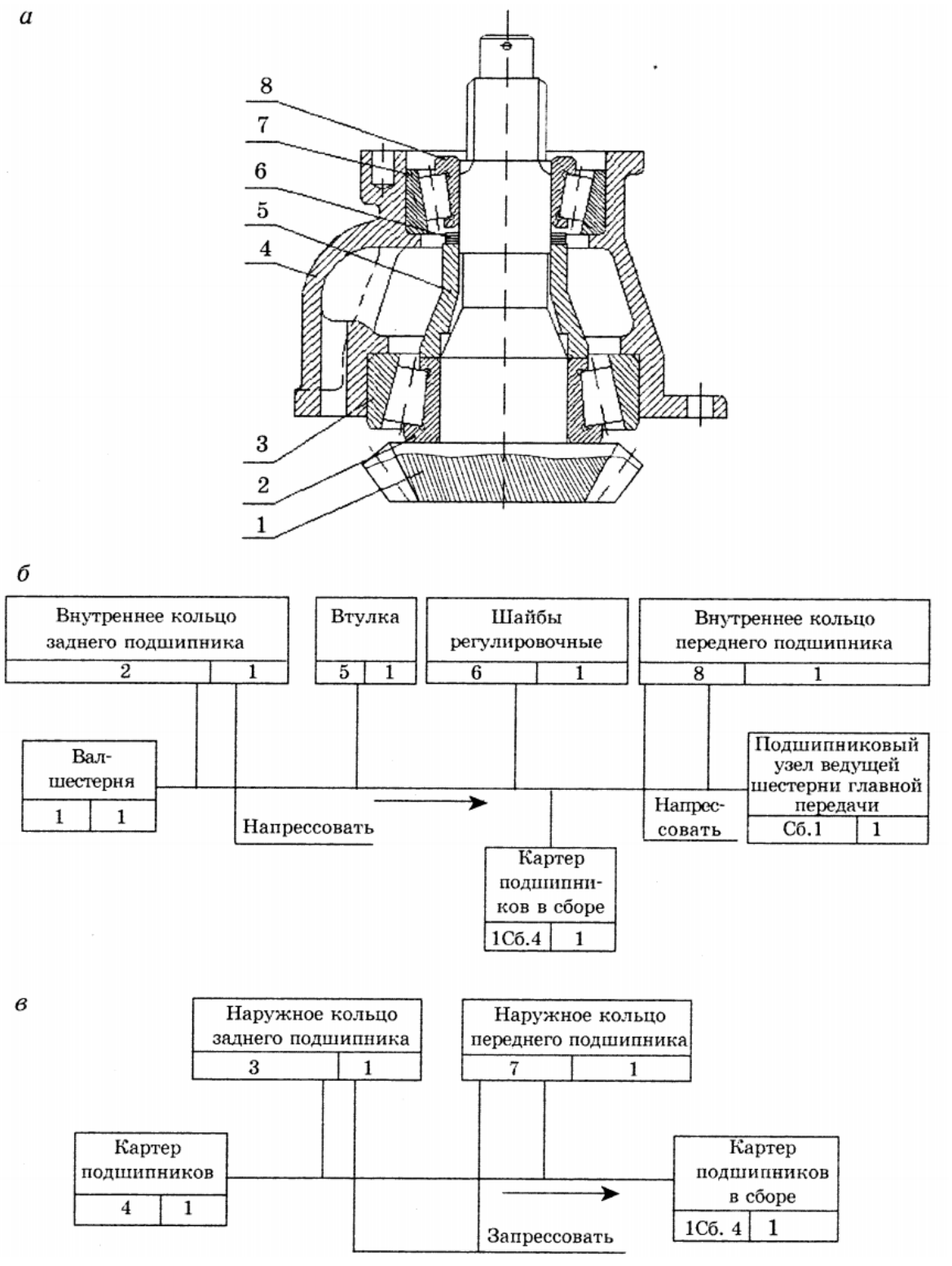
При поточном методе линии узловой сборки целесообразно располагать перпендикулярно к линии общей сборки изделия таким образом, чтобы конечная операция сборки узла совершалась вблизи места установки этого узла на линии общей сборки. На практике часто встречается организация сборки узлов в одном цехе, а общей сборки автомобиля – в другом.

Технологические схемы сборки узлов. Для определения последовательности сборки изделия и его узлов разрабатывают технологические схемы сборки. Сборочные единицы изделия в зависимости от их конструкции могут состоять либо из отдельных деталей, либо из узлов, подузлов и деталей.

Различают подузлы первой, второй и более высоких ступеней вхождения в соответствии с иерархической структурой.

Технологические схемы составляют отдельно для общей сборки изделия и для сборки каждого из его узлов (подузлов).

Рассмотрим принцип составления технологических схем на примере подшипникового узла ведущей шестерни главной передачи (рисунок 21.2).



1 – вал-шестерня; 2, 3 – внутреннее и наружное кольца заднего подшипника; 4 – картер; 5 – втулка распорная; 6 – шайбы регулировочные; 7, 8 – наружное и внутреннее кольца переднего подшипника

Рисунок 21.2. – Подшипниковый узел ведущей шестерни главной передачи (*а*) и схемы его сборки (*б*, *в*)

На технологических схемах сборки каждый элемент узла обозначен прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части прямоугольника указано наименование элемента детали, подузла или узла, в левой нижней части – номер элемента, в правой нижней части – число собираемых элементов. Индексация элементов выполняется в соответствии с номерами, присвоенными деталям и узлам на сборочных чертежах изделия. Узлы обозначают буквами «Сб» (сборка). Базовым называется элемент (деталь или узел, подузел), с которого начинается сборка. Каждому узлу присваивается номер его базовой детали (например, «Сб. 4» – узел с базовой деталью № 4). Соответствующую ступень подузла (первой, второй и более высоких ступеней) указывают цифровым индексом перед буквенным обозначением «Сб». В рассматриваемом примере картер подшипников имеет индекс «1Сб.4», что означает подузел первой ступени с базовой деталью № 4.

Технологические схемы строят по следующему правилу. В левой части схемы указывают базовый элемент (базовую деталь или базовый узел), а в правой части схемы изделие (узел) в сборе. Эти две части соединяют горизонтальной линией. Выше этой линии прямоугольниками обозначены все детали в порядке последовательности сборки. Ниже линии указаны узлы, входящие непосредственно в изделие: на схемах узловой сборки обозначают подузлы первого порядка (1Сб.4); на схеме сборки подузла первого порядка – подузлы второго порядка и т.д.

Технологические схемы сборки узла сопровождают надписями, если таковы не очевидны из самой схемы (например, «Запрессовать», «Сварить» и т.д.).

Технологические схемы сборки одного и того же изделия могут быть разработаны в нескольких вариантах с различной последовательностью.

Оптимальный вариант выбирают из условия обеспечения заданного качества сборки, экономичности и производительности процесса при определенном объеме выпуска изделий. Технологические схемы значительно упрощают разработку сборочных операций.

Проектирование технологических операций. При разработке сборочных операций следует учитывать, что при поточном методе трудоемкость операции должна быть равна или несколько меньше такта сборки (либо кратна ему). Проектируя сборочную операцию, уточняют содержание технологических переходов и определяют схему базирования и закрепления базового элемента (детали, узла), выполняют необходимые технологические расчеты, позволяющие обосновать выбор оборудования, технологической

оснастки и режимов работы. В технологические расчеты входят: определение силы запрессовки для соединений с натягом, установление режима нагрева или охлаждения при сборке деталей с тепловым воздействием, расчет необходимой силы при клепке и др.

Оценку разработанных вариантов технологических процессов осуществляют, используя абсолютные и относительные показатели. Абсолютные показатели – себестоимость отдельных операций сборки в целом и трудоемкость сборки узлов и изделия. Относительные показатели – коэффициент загрузки каждого рабочего места, коэффициент загрузки сборочной линии, коэффициент трудоемкости сборки.

Коэффициент трудоемкости сборки представляет собой отношение трудоемкости сборки $T_{сб}$ к трудоемкости изготовления деталей, входящих в сборочный комплект $T_{обр}$:

$$\eta_{тр} = T_{сб} / T_{обр} . \qquad (21.1)$$

Коэффициент $\eta_{тр}$ для единичного и мелкосерийного производства составляет примерно 0,5; для серийного – 0,3–0,4; для массового – 0,25–0,30. Чем меньше этот коэффициент, тем выше уровень механизации сборочных работ. С учетом того, что автомобильный завод получает в порядке кооперации ряд деталей с других предприятий, более объективным считают не коэффициент трудоемкости $\eta_{тр}$, а коэффициент себестоимости сборки $\eta_{себ}$, который равен отношению себестоимости сборки к себестоимости изготовления изделия:

$$\eta_{себ} = C_{сб} / C_{изд} , \qquad (21.2)$$

где $C_{сб}$ и $C_{изд}$ – себестоимость сборки и изготовления изделия соответственно, руб.

Параллельно с разработкой технологии сборки проектируют необходимое технологическое оборудование и оснастку: стенды, приспособления, специальный инструмент и измерительные средства, подъемно-транспортное оборудование и др. Заканчивается проектирование сборочного процесса разработкой плана расположения на участке сборки технологического оборудования.

Технологическая документация сборки изделия включает сборочные чертежи, технологические схемы узловой и общей сборки, а в сборочной маршрутной карте приводится перечень сборочных операций с указанием

данных об оборудовании и оснастке, норм времени, разряда работы и расчетных норм времени по технологическим переходам.

Технологическими мероприятиями, повышающими технико-экономические показатели сборки, являются механизация и автоматизация операций и достижение синхронизации операций путем увязки операционного времени с тактом сборки.

Механизация и автоматизация сборки. В автомобилестроении преобладает поточно-автоматизированное производство, поэтому по сравнению с другими отраслями машиностроения имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации сборки и, следовательно, сокращения ручного труда. Однако внедрение механизированной и автоматизированной сборки отстает от внедрения автоматических линий для обработки деталей резанием, что обусловливает высокую трудоемкость сборочных процессов. Значительное снижение трудоемкости сборки достигается применением в автоматизированных сборочных линиях различных транспортирующих устройств: бункеров, магазинов, разделителей потоков, вибротранспортеров и др.

Важным требованием, предъявляемым сборкой к конструкциям автомобилей, является возможность поточной независимой и параллельной сборки без пригонки отдельных сборочных единиц. Желательно, чтобы конструкция содержала минимальное число деталей, она не должна быть чрезмерно сложной и по возможности не иметь большую массу. При автоматической сборке положение собираемого объекта должно быть постоянным, с минимальным числом его установов.

Важное значение при сборке имеет точность и шероховатость обработанных поверхностей деталей. Упрощает автоматическую сборку наличие в конструкциях соединяемых деталей центрирующих элементов (фасок), а также максимальное количество полностью взаимозаменяемых соединений.

22. Испытания деталей, агрегатов, автомобилей

22.1. Классификация испытаний

Под испытанием понимают экспериментальное определение количественных или качественных характеристик свойств объекта испытаний при различных воздействиях на него во время функционирования или при моделировании реальной ситуации.

При испытаниях характеристики свойств объекта могут оцениваться (если задача состоит в получении количественных или качественных оценок) либо контролироваться (если задачей является установление соответствия характеристик объекта заданным требованиям).

Испытания классифицируются по видам, назначению, уровню проведения испытаний, условиям и месту проведения и продолжительности (рисунок 22.1).



Рисунок 22.1. – Классификация испытаний

К основным видам испытаний автомобилей относятся (согласно ГОСТ 16504-81) предварительные, приемочные, квалификационные, периодические, инспекционные, сертификационные.

В результате *предварительных* испытаний, которые проводит само предприятие, определяется готовность опытного образца к передаче на испытания следующего вида. Положительные результаты испытаний являются основанием для присвоения конструкторской и технологической документации литеры «О».

Приемочные испытания проводит государственный орган. По результатам этих испытаний принимают решение о постановке продукции на производство.

Квалификационные испытания продукции проводят с целью оценки готовности предприятия к выпуску этой продукции в заданном объеме. Положительные результаты испытаний являются основанием для присвоения конструкторской и технологической документации литеры «А».

Периодические испытания проводят через установленные промежутки времени или по мере выпуска определенного объема продукции с целью контроля стабильности качества и разработки необходимых мероприятий по его поддержанию. Периодическим испытаниям подвергают продукцию серийного производства, образцы которой отбирают в соответствии с государственными стандартами и техническими условиями из образцов, прошедших сдаточно-приемочные испытания.

Инспекционные испытания проводят выборочно для контроля стабильности качества образцов готовой продукции и продукции, находящейся в эксплуатации. Их проводят специально уполномоченные органы (надзора, ведомственного контроля и др.).

Сертификационные испытания проводят перед принятием решения о выдаче сертификата соответствия. Испытаниям подвергаются образцы продукции серийного производства.

По назначению испытания подразделяются на исследовательские, сравнительные, контрольные и определительные.

Исследовательские испытания проводятся для изучения определенных характеристик свойств объекта (например, испытания на надежность).

При *сравнительных* испытаниях осуществляется сравнение характеристик свойств одинаковых (или аналогичных по характеристике) объектов.

При *контрольных* испытаниях оценивается качество объекта испытания.

Определительные испытания проводят для определения значений характеристик объекта с заданной точностью и достоверностью.

По уровню проведения различают государственные, межведомственные, ведомственные и заводские испытания. В первом случае испытания проводятся для важнейших видов продукции государственной комиссией, во втором – представителями нескольких ведомств, в третьем – комиссией одного ведомства.

В рамках исследовательских испытаний по условиям и месту их проведения различают лабораторные, стендовые, полигонные, натурные, с использованием моделей, эксплуатационные испытания.

Лабораторные испытания проводятся в лабораторных условиях на специальных лабораторных установках, испытательных машинах и т.д., а *стендовые* – на стендах, имитирующих работу узла, агрегата, автомобиля.

Полигонные испытания проводятся на полигонах – специально построенных объектах, имитирующих различные условия эксплуатации автомобиля.

Натурные испытания проводят в условиях использования объекта по прямому назначению с непосредственным оцениванием или контролем определяемых характеристик его свойств. Результаты натурных испытаний служат исходными данными для проведения испытаний с использованием моделей.

Испытания *с использованием моделей* предполагают выполнение расчетов математических или физико-математических моделей.

Эксплуатационные испытания проводятся при эксплуатации объекта. Одним из ее основных видов является опытная и подконтрольная эксплуатация, для чего разрабатывается документация и подготавливается персонал.

В зависимости от задач, целей и сроков испытания могут быть *нормальными* (информация о характеристиках свойств объекта собирается за срок, предусмотренный условиями эксплуатации), *ускоренными* (получение информации осуществляется за более короткий срок) и *сокращенными* (в этом случае программа испытаний сокращается).

Для проведения испытаний разрабатывают программу и методику испытаний. Программа испытаний – это организационно-методический документ, устанавливающий объект и цели испытаний, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, порядок, условия, место и сроки проведения испытаний, обеспечение и отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

Методика испытаний – это организационно-методический документ, включающий метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценки точности, достоверности результатов, требования техники безопасности, охраны труда и окружающей среды.

По результатам испытаний составляется протокол, который содержит необходимые сведения об объекте испытаний, применяемых методах, средствах и условиях испытаний, а также заключение по результатам испытаний.

22.2. Испытание деталей

Испытание деталей выполняются как на этапе разработки метода изготовления, так и при серийном производстве деталей. Детали испытывают на точность, прочность, жесткость, теплостойкость, виброустойчивость.

Испытания деталей проводят на экспериментальных установках, которые позволяют испытывать образцы, использовать форсированные режимы, проводить точные измерения, а в натурных узлах и машинах – выполнять испытания в условиях, близких к эксплуатационным.

Испытания деталей в условиях производства сводятся к проверке точности обработки и неразрушающему контролю.

Геометрическую точность проверяют универсальными инструментами для измерения длин, углов, шероховатости поверхности, а также специальными приборами (для проверки зубчатых колес, резьб, подшипников качения). Проверяются также отклонения от прямолинейности, плоскостности поверхностей.

Испытания на прочность проводятся в рамках исследовательских испытаний для определения напряженного состояния, а также статической, циклической и ударной прочности, прочности при низких и высоких температурах и т.д. Целью испытаний на прочность является определение пределов выносливости и построение кривых усталости. Ускорение получения результатов при усталостных испытаниях достигается за счет повышения частоты напряжения и исключения тех напряжений в спектре, которые практически не сказываются на усталости. Это позволяет снизить затраты времени, материалов и труда, а также проводить ускоренную оценку усталостной прочности деталей.

Испытания деталей на изнашивание наиболее важны, т.к. именно оно является одной из основных причин отказа деталей. Основная масса деталей работает в условиях жидкостного, полужидкостного или граничного трения, поэтому при испытаниях деталей необходимо учитывать эти виды трения.

Износ деталей оценивается при лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаниях. Одним из наиболее распространенных способов оценки износа деталей является микрометрирование, при котором линейный износ определяется с помощью измерения размеров детали измерительным инструментом (микрометром, индикатором).

Износ также можно определить взвешиванием, в результате которого определяется суммарный износ по потере массы с поверхности трения.

Степень износа деталей агрегата можно оценить, используя метод спектрального анализа. С этой целью осуществляется периодический отбор проб масла из картера испытываемого агрегата.

Износ деталей можно определить также с помощью радиоактивных индикаторов. Радиоактивный изотоп, предварительно введенный в изнашиваемый материал, удаляется вместе с частицами износа. Измеряемая при этом радиоактивность указывает на значение износа.

Метод встроенных датчиков позволяет определять износ с помощью фиксации изменения линейных размеров, для чего используют тензометрические датчики, выходные сигналы которых регистрируют осциллографом.

Метод искусственных баз дает возможность оценить значение износа по определению размеров искусственно нанесенных углублений, выполненных на изнашиваемых поверхностях. Углубления выполняются нарезанием лунок, сверлением конических отверстий, отпечатками в форме конуса или пирамиды.

22.3. Обкатка и испытания агрегатов

Виды и режимы испытаний агрегатов автомобилей регламентированы государственными или отраслевыми стандартами. Испытания, как правило, совмещаются с обкаткой (обкатка предшествует испытаниям) и выполняются на одном стенде.

Целью обкатки и испытания является подготовка агрегата к восприятию эксплуатационных нагрузок, выявление дефектов, связанных с качеством изготовления деталей и сборки агрегатов, а также проверка соответствия характеристик агрегатов требованиям нормативно-технической документации.

Обкатка и испытание двигателей осуществляются на обкаточно-тормозных стендах переменного тока, включающих устройство для вращения двигателя в период холодной обкатки и для поглощения мощности двигателя во время горячей обкатки и испытания, а также дополнительное оборудование, обеспечивающее двигатель топливом, охлаждающей водой и маслом.

В ходе контрольных испытаний проверяется отсутствие посторонних стуков и шумов, течи масла, воды или топлива, пропуска отработавших газов в местах соединений, подсоса воздуха через прокладку впускной трубы.

Обкатка и испытание двигателя состоят из следующих этапов:

– холодная обкатка путем вращения от электродвигателя;
– горячая обкатка двигателя на холостом ходу;
– горячая обкатка под нагрузкой;
– приемка двигателя.

Режим обкатки устанавливается техническими условиями.

Для ускорения приработки трущихся поверхностей рекомендуется применять менее вязкие масла, чем рекомендует изготовитель.

Важное практическое значение представляет собой перевод обкатки двигателя на автоматический режим. Автоматизация обкатки включает регулирование нагрузки и подачи топлива в процессе испытаний. Работа оператора сводится к пуску стенда и наблюдению за его работой.

Приемосдаточные испытания проходят все автомобильные двигатели. На этом этапе проверяют комплектность, затяжку всех наружных резьбовых соединений, уровень масла в картере, отсутствие течи воды и масла, проводится запуск двигателя. Режимы приемосдаточных испытаний зависят от используемого стенда и модели двигателя (бензиновый или дизельный).

Целью испытания коробок передач является проверка качества изготовления отдельных деталей и качества сборки в целом. Испытания проводят как без нагрузки, так и под нагрузкой. Сначала коробка передач испытывается без нагрузки на всех передачах при частоте вращения первичного вала 900–1000 мин$^{-1}$, затем при 1400–1500 мин$^{-1}$. Продолжительность испытания определяется временем, необходимым для прослушивания работы коробки передач и выявления дефектов. На тех же частотах осуществляют испытание под нагрузкой в течение 2–3 мин на каждой передаче. В ходе испытаний проверяют наличие подтеканий масла, самопроизвольного выключения передач, а также шумов, стуков, ударов. Для испытания коробок передач используют стенды различной конструкции: электромагнитные, с синхронным электродвигателем, с нагрузкой в замкнутом контуре.

Задние мосты испытывают, как правило, на стенде с асинхронными электродвигателями. Целью испытаний является выявление шумов высокого тона, для чего проводят испытание без нагрузки и под нагрузкой в течение 10–15 мин. При испытаниях регулируют тормозные механизмы и проверяют работу главной передачи и дифференциала.

22.4. Испытание автомобилей

На Минском автомобильном заводе испытания проводятся в соответствии с «Инструкцией на сборку, обкатку и приемку автомобилей семейства МАЗ». Инструкция устанавливает контрольные параметры, которые проверяются на автомобиле в сборе, собранном на конвейере, а также методы обкаточных испытаний перед сдачей в отдел сбыта.

Каждый собранный автомобиль перед проверкой контрольных параметров и обкаткой подвергается наружному осмотру. При осмотре проверяется комплектность автомобиля, выявляются внешние дефекты, возникшие в процессе сборки и транспортировки.

При проверке контрольных параметров руководствуются действующей технической документацией и контролируют следующие параметры и системы: давление в шинах; регулировку тормозов и фар; водопыленепроницаемость кабины; герметичность системы потребителей воздуха; автоблокировочную систему тормозов; электрооборудование, пневмоподвеску; электронную систему управления двигателей; настройку и пломбировку тахографа.

После осмотра и проверки контрольных параметров проводят обкатку и испытание автомобиля, во время которых наблюдают как за работой автомобиля в целом, так и за работой его агрегатов и систем в отдельности. При этом проверяются агрегаты и узлы в действии:

– прослушивается двигатель;

– проверяется действие привода тормозного крана, стояночного тормоза, антиблокировочной системы тормозов и системы ограничения скорости;

– проверяется работа рулевого управления, приводов сцепления и управления коробкой передач;

– работа электрооборудования;

– работа световой и звуковой сигнализации;

– работа стеклоочистителя и вентиляторов отопителя кабины;

– герметичность системы охлаждения, подогрева и системы промежуточного охлаждения воздуха;

– работа пневмоподвески (при ее наличии).

Обкатка автомобиля проводится на всех передачах при максимальной скорости 60 км/ч по спидометру или тахографу. Пробег должен составлять не менее 30 км.

При замене силового агрегата автомобиль повторно обкатывается. При замене карданного вала, передней оси, рулевого механизма и цилиндра гидроусилителя, заднего или среднего моста автомобиль дополнительно обкатывается не менее 50% от общего объема, а при замене узлов и деталей в указанных выше агрегатах пробег должен составлять не менее 25% нормируемого.

После обкатки проводится окончательный осмотр автомобиля; выявляются течи масла, топлива и охлаждающей жидкости в любом из агрегатов или соединений автомобиля. Замеченные отклонения, выходящие за пределы, допускаемые конструкторской документацией, или другие отклонения и неисправности, нарушающие нормальную работу агрегатов и узлов автомобиля, фиксируются в технологическом паспорте сборки, испытания и сдачи автомобиля и должны быть устранены.

Каждый автомобиль, принимаемый представителем заказчика или предназначенный на экспорт, должен пройти технологическую обкатку в объеме 15 км, предъявительские испытания ОТК в объеме 5 км и предъявительские испытания представителя заказчика также в объеме 5 км.

23. Совершенствование методов создания оптимальной конструкции автомобиля

23.1. Обеспечение свойств автомобиля на стадии проектирования

Производство автомобилей является ведущей отраслью машиностроения, оказывающей существенное влияние на развитие ряда смежных отраслей и экономику страны в целом. Такие отрасли промышленности, как металлургическая, приборостроительная, электротехническая и электронная, резинотехническая, тесно связаны с производством автомобилей, поэтому автомобилестроение стимулирует технический прогресс в целом и способствует созданию новых рабочих мест.

Именно автомобилестроение способствовало превращению США, Японии, Франции, Южной Кореи в высокоразвитые промышленные страны. Сейчас по этому пути идут Китай, Испания и другие страны.

Производство автомобилей и военно-промышленный комплекс являются отраслями, где разрабатываются и потребляются наукоемкие технологии. Усилия специалистов, работающих в автомобилестроении, должны быть

направлены на повышение надежности автомобилей, сокращение материальных, трудовых и энергетических затрат на их изготовление, повышение экологической безопасности транспортных средств.

На стадии проектирования необходимые свойства будущего изделия можно обеспечить применением современных методов компьютерного проектирования и точных расчетов, оптимизацией параметров деталей, приводящей к снижению веса, уровня напряжений и вибраций, использованием конструкционных материалов высокого качества, высокоэффективных способов изготовления деталей, обеспечивающих повышение предельно допустимых нагрузок и сопротивление усталости.

23.2. Прототипирование

В автомобильной промышленности при разработке новых моделей автомобилей и подготовке их производства все шире используется метод так называемого быстрого прототипирования (Rapid Prototyping), суть которого заключается в оперативном изготовлении физических прототипов будущих деталей, узлов и мастер-моделей технологической оснастки по трехмерной математической (виртуальной) модели изделия, созданной с помощью компьютера. Данный метод получил название лазерно-компьютерного макетирования или технологии послойного синтеза. Преимуществом этой технологии является сокращение сроков изготовления изделий в десятки раз путем быстрого и экономичного преобразования виртуальной модели в физическое тело, что повышает технологическую гибкость производства и способствует быстрому обновлению выпускаемой продукции.

Лазерно-компьютерное макетирование основано на совместном использовании технологических лазеров и информационных технологий, с помощью которых без оснастки происходит создание деталей любой формы из жидкого, порошкообразного или листового материала (бумага, картон и др.), переводимого лазером в твердое или условно твердое состояние, позволяющее сохранять форму и геометрические размеры с достаточной точностью (в пределах от 0,05 до 0,3 мм в зависимости от способа прототипирования).

Программа, управляющая процессом создания модели, позволяет запоминать, восстанавливать, преобразовывать (уменьшать или увеличивать) модель изделия. Этим способом можно получать изделия очень сложной формы, которые трудно, а иногда и невозможно получить традиционными методами (например, резанием).

Из всех технологий быстрого прототипирования наибольшее распространение получил метод лазерной стереолитографии (фирма «3D Systems», США). Он сочетает в себе компьютерное проектирование и управляемый процесс фотохимического фазового преобразования жидкого полимера под воздействием точно сфокусированного лазерного луча. Точность размеров и формы получаемого изделия при сравнении его с математической моделью составляет 0,1–0,2 мм, что в большинстве случаев вполне допустимо.

Возможности быстрого прототипирования, в первую очередь методы лазерной стереолитографии, вносят существенные изменения в подготовку производства автомобилей, причем не только для изготовления конструкторских прототипов, но и для подготовки технологической оснастки для изготовления деталей, подверженных частым изменениям в процессе усовершенствования изделий.

23.3. Связь конструирования и производства автомобилей

Особенность автомобилестроения заключается в том, что при крупносерийном характере производства и многочисленности модификаций машин существует необходимость в быстрой смене моделей для повышения конкурентоспособности продукции, что следует учитывать еще на стадиях разработки конструкции автомобиля и его узлов.

Разделение задач проектирования и производства изделий автомобильной промышленности уже не соответствует современным требованиям. Проектирование изделий, технологий их изготовления и подготовку производства необходимо вести практически одновременно. В процессе проектирования выделяется основная информация, которая одновременно используется для подготовки и организации производства и разработки технологических процессов.

Параллельное решение задач разработки конструкции автомобиля и технологии его производства начинается с отработки конструкций каждого узла и детали на технологичность и заканчивается совместным решением многих проблем, определяющих качество изделий, себестоимость их изготовления, максимальное удовлетворение требований потенциальных покупателей и полное обеспечение сароса на каждый тип и модификацию автомобиля.

Параллельная разработка различных этапов создания изделия требует от конструкторов хороших технологических знаний. Возникает необходимость в подготовке высококвалифицированных специалистов по проектированию автомобилей со знанием технологии их производства.

24. Улучшение организации и управления производственными процессами

24.1. Использование информационных технологий в управлении производством

В области повышения эффективности производства в современных условиях ведущими являются два направления:

– проектирование конструкций изделий таким образом, чтобы они были максимально подготовлены к производству без дальнейшей их доработки. Это направление за рубежом получило название «конструирование для производства», у нас – «отработка конструкции изделия на технологичность»;

– широкое применение компьютерных информационных технологий с целью параллельного с некоторым сдвигом по времени создания конструкции автомобиля (и его элементов) и проектирования производственных процессов их изготовления.

На многих зарубежных автомобильных заводах нет отдельных технологических служб и понятия «инженер-технолог». Проект разрабатывается группой специалистов разного профиля хорошо знающих конструкцию автомобиля и технологию его производства.

Реализация этих двух направлений уменьшает время на подготовку производства в 4–5 раз, а число вносимых изменений в проекты – в 6–7 раз (по данным Института стандартов и технологий США).

Проектирование конструкций автомобилей, а также технологических машин различного назначения, приспособлений и инструмента, составление управляющих программ для гибких производственных участков, планирование производства выполняют с помощью компьютерных программ, используемых различными службами предприятия, объединенными в единую компьютерную сеть.

Широкое использование информационных технологий при конструировании автомобиля и проектировании процессов его изготовления – это насущная необходимость, которая обеспечивает существенное сокращение времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства и повышение качества проектных решений путем генерирования и анализа большого количества вариантов проектных решений.

Сегодня многие фирмы работают над созданием интегрированных производств, сочетающих информационные и производственные технологии, так называемых кибернетических систем производства, где автоматизированы элементы жизненного цикла изделий от маркетинга (включая анализ требований заказчиков к будущей продукции) до хранения и сбыта продукции. При таком управлении производством вся информация через центральную базу данных может быть мгновенно получена любым отделом завода: инженерным, производственным, отделом сбыта и другими.

Использование информационных технологий и компьютерных моделей позволяет минимизировать время от начала конструирования изделия до его получения заказчиком, что повышает конкурентоспособность производителя и укрепляет его финансовое положение. При данной организации производства возможно дистанционное диагностирование машин, которые уже находятся в эксплуатации, а обобщенные результаты эксплуатации используются для разработки новых конструкций автомобилей.

25. Обеспечение качества изготовления деталей и сборки изделий

25.1. Направления развития технологии изготовления деталей

Для создания надежных автомобилей необходимо выполнить два условия: создать оптимальную конструкцию автомобиля и обеспечить высокое качество его изготовления. Повышение качества автомобилей зависит от большого числа факторов и результатов деятельности многих специалистов, в т.ч. конструкторов, отвечающих за увеличение ресурса, отсутствие поломок и других дефектов автомобильной техники. Но даже высококачественная работа конструкторов на стадии проектирования не обеспечивает высокой надежности при эксплуатации изделий. Об этом свидетельствует большой разброс долговечности деталей одного и того же наименования: ресурс зубчатых колес может различаться в 8 – 10 раз, предел прочности некоторых сталей при статическом изгибе изменяется от 1500 до 2400 МПа. Следовательно, на стадии изготовления замыслы конструкторов реализуются не в полной мере, поэтому при создании новых изделий должны быть тщательно разработаны отдельные технологические процессы изготовления автомобиля.

Основными направлениями развития технологии изготовления деталей являются:

– применение новых материалов;

– получение точных заготовок с приближением их по форме и размерам к готовым деталям с целью экономии металла, уменьшения трудоемкости обработки и сокращения расходов на производство готовой продукции;

– применение автоматизированных станков и многолезвийных инструментов для повышения производительности обработки;

– внедрение современных методов упрочнения, способствующих повышению эксплуатационных свойств деталей автомобилей и их надежности;

– разработка оптимальных технологических процессов;

– внедрение информационных технологий с целью сокращения сроков и повышения качества проектирования технологических процессов.

При проектировании новых деталей надо стремиться к тому, чтобы они были технологичны: не имели резких переходов, не обладали значительной разностью толщины, имели максимальную жесткость и т.д.

При изготовлении деталей действует принцип технологической наследственности, который гласит, что окончательные свойства деталей (и изделий в целом) формируются на протяжении всего производственного процесса, начиная от выбора материала заготовки и заканчивая сборкой. Каждая технологическая операция и каждый технологический процесс влияют на структуру и свойства материала, из которого изготавливается деталь. И, как правило эти воздействия проявляются на последующих операциях. Например, если зубчатое колесо штамповать из неточной мерной заготовки, то это отразится на ее плотности и точности. При механической обработке неточных штампованных заготовок из-за неравномерного снятия припуска происходит неравномерный наклеп их поверхностных слоев, что при последующей термической обработке может привести к деформации готовой детали. Если микроструктура заготовки после термической обработки отличается грубым строением и неравномерным распределением структурных составляющих, то это, как правило, ведет к разбросу окончательных свойств (твердости, толщины упрочненного слоя).

Учитывая, что получение требуемых свойств деталей зависит от технологической наследственности, практически важно сохранять и усиливать положительные признаки этой наследственности и, естественно, предотвращать или уменьшать ее отрицательные последствия.

Для современного автомобилестроения характерна широкая номенклатура изделий, отличающихся функциональными свойствами и техническими параметрами. При этом явно просматриваются две тенденции развития производства: увеличение номенклатуры выпускаемых изделий для обеспечения всех требований потребителя и сокращение сроков их обновления. Первая задача решается созданием конструкций изделий по блочно-модульному принципу, позволяющему из набора типовых узлов компоновать машины с, различными потребительскими свойствами. Для решения задач второго направления создаются технологии, обеспечивающие выпуск различных изделий с минимальными затратами ресурсов и времени на переход от одной модели к другой. Учитывая быстроменяющиеся требования рынка, необходимо обеспечить не только высокую производительность технологического оборудования, но и возможность его переналадки под следующее поколение разрабатываемых автомобилей. В связи с этим значительное внимание необходимо уделять созданию переналаживаемых производственных систем. До появления гибких систем автоматизация производственных процессов ограничивалась в основном весовым производством. Однако с уменьшением жизненного цикла изделий в результате научно-технического прогресса и увеличением номенклатуры изготавливаемой продукции возникла необходимость в создании таких производств, которые обеспечивали бы изготовление деталей небольшими партиями при сохранении производительности, качества и себестоимости, присущих крупносерийному производству. Такие автоматизированные системы проектирования и изготовления изделий особенно эффективны в условиях динамичного производства, сопряженного с многократными переналадками технологического оборудования.

Повышение качества и производительности сборки. При производстве автомобилей имеются значительные диспропорции в развитии различных технологических процессов, являющихся тормозом для комплексной автоматизации производства. Если в заготовительном и обрабатывающем производствах произошли очень большие изменения в структуре парка технологического оборудования, что привело к существенному сокращению ручного труда и повышению качества продукции, то в сборочном производстве ручной труд остался преобладающим.

Качество сборки непосредственно влияет на качество продукции и лучше всего обеспечивается автоматической сборкой. Она исключает

монотонный, физически тяжелый ручной труд, что должно способствовать широкой автоматизации сборочных процессов, однако до настоящего времени уровень автоматизации их остается низким. Анализ сборки и различных аспектов ее автоматизации выявил следующие проблемы в этой области:

– неприспособленность конструкций автомобилей и их составных частей к требованиям автоматической сборки;

– неэффективность замены механизмами ручных операций сборки без коренного изменения их содержания;

– жесткие требования к точности автоматических сборочных машин и их высокая стоимость;

– трудность быстрой переналадки, недостаточная гибкость и надежность сборочного оборудования.

При автоматизации сборки риск неудачного решения значительно выше, чем, например, в области обработки деталей. Число фирм, занятых в мире изготовлением сборочных машин, в десятки раз меньше, чем фирм, изготавливающих металлообрабатывающее оборудование.

Сборка – важный этап производственного процесса, а технологические процессы механической обработки подчинены технологии сборки. Только рассматривая двигатель как законченный агрегат, можно определить назначение каждой его детали, установить требуемые значения точности размеров, шероховатость и другие требования к поверхностному слою. Изучив технологию сборки изделия и работу его узлов и отдельных деталей, назначают допуски размеров на соединяемых поверхностях и определяют метод сборки.

Трудоемкость сборки составляет 25–35% от общей трудоемкости изготовления автомобиля. Анализ путей развития автоматизации сборки показал, что можно сократить трудоемкость сборки на 50–55% за счет улучшения технологичности конструкции изделия (17–20%), повышения уровня автоматизации сборки (15–17%), использования новых технологий (10–12%} и организационных форм сборки (около 10%).

Основные направления повышения производительности сборки – рациональное построение технологического процесса, его механизация и автоматизация. Конструкция автомобиля должна обеспечивать его сборку из предварительно собранных узлов, что позволит производить параллельную сборку и сократит продолжительность цикла сборки. Уменьшение числа деталей и узлов, а также использование стандартных и нормализованных

деталей снижают стоимость изготовления изделия вследствие сокращения номенклатуры сборочных инструментов и использования средств механизации сборочных работ. Необходимо обеспечивать удобный подвод механизированного сборочного инструмента к местам соединения деталей и легкость захвата их грузоподъемными устройствами.

В заключение необходимо отметить, что первостепенными задачами для автомобилестроителей являются выпуск конкурентоспособной продукции, удовлетворяющей требованиям потребителей, обновление ее номенклатуры и повышение качества, совершенствование структуры сбыта и сервиса, сокращение издержек производства, наращивание производственных мощностей и завоевание высокого статуса среди производителей большегрузной автомобильной, прицепной и автобусной техники.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В.М. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. том 1 М.: Машиностроение. 1980. – 728 с.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. - Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1975. – 656 с.
3. Афонькин М.Г. Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении. - Л.: Машиностроение, 1987. – 256 с.
4. Бабук В.В., Шкред В.А. Кривко Г.П., Медведев А.И. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учебное пособие под ред. В.В. Бабука. - Минск: Высш. шк., 1987. – 255 с.
5. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред.: - М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
6. Боженко Л.И. Технология машиностроения, проектирования и производства заготовок. - Львов, 1996. – 368 с.
7. Бондаренко С.Г. Основы технологии машиностроения. - Чернигов: ЧГТУ. 2005. – 567 с.
8. Бондаренко С.Г. Размерные расчеты механосборочного производства: Учебное пособие. - К.: ИСДО, 1993. – 544 с.
9. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / Под ред. - Минск. Вышейшая школа. 1983. – 288 с.
10. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник, 7-е изд., переработ. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
11. Гусев А.А., Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / - М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
12. Дунаев П.Ф. Леликов О.П. Варламова Л.П. Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учебное пособие для студентов машиностроительных ВУЗов. - М.: Высшая школа, 1984. – 112 с.
13. Колесов И.М. Служебное назначение и основы создания машин. - М.: Мосстанкостр., 1973. – 114 с.
14. Косилова А.Г. и Мещеряков Р.К. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. / М.: Машиностроение, 1985 - Т.1. - 656с.
15. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. - М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
16. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. - М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
17. Павлище В.Т. Основы конструирования и расчет деталей машин: Учебник. - К.: Высшая школа, 1993. – 556 с.
18. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении: учебное пособие. - К.: Высшая школа, 1993. – 414 с.
19. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. - К.: Высшая школа. Гл. изд-во. 1991. – 242 с.
20. Руденко П.А., Харламов Ю.Ю., Шустик А.Г. Выбор, проектирование и производство заготовок деталей машин: учебное пособие. - К.: ИСДО, 1993. – 304 с.

21. Ярошевич В. К., Савич А. С., Иванов В. П. Технология производства и ремонта автомобилей. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 592 с.

22. Ярошевич В. К., Савич А. С., Казацкий А. В. Технология производства автомобилей. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2006. – 280 с.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Практическая работа 1
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цель работы

Приобретение базовых знаний и понятий в области металлообработки типовых деталей, изготавливаемых при производстве автомобилей.

Оснащение работы

Плакаты, разнотипный лезвийный и абразивный режущий инструмент для обработки тел вращения, корпусных деталей, нарезания резьб, металлорежущие оборудование.

Краткие теоретические сведения

Машиностроение охватывает многие отрасли народного хозяйства, связанные непосредственно с производством машин, агрегатов, узлов и деталей, предназначенных для автомобильной промышленности.

Автомобилестроение составляет неотъемлемую часть машиностроения, в котором изготовление транспортных средств представлено заготовительным (литейным), *механообрабатывающим*, сборочным и термообрабатывающим производствами, где механическая обработка в нем занимает весомое место.

Объектом механообрабатывающего производства являются детали, изготавливаемые из заготовок (получаемых путем литья, к примеру), материал которых называется *конструкционным* и в своем большинстве представлен марками серых чугунов, цветных металлов и конструкционных сталей.

Механическая обработка осуществляется путем применения *методов металлообработки*: токарного, фрезерного, сверлильного, абразивного и т.д.

Вышеупомянутые методы металлообработки реализуется за счет применения соответствующих *технологических процессов* (ТП) на металлорежущем оборудовании – станках. Такие процессы называют режущими. Их характерной особенностью является съем металла, превращаемого в стружку путем воздействия на заготовку *режущего инструмента* (РИ), изготавливаемого из *инструментальных материалов* (быстрорежущие стали, твердые сплавы и др.).

Детали, подвергаемые процессам резания, в готовом виде характеризуются параметрами *точности* и *качества* (заложенными конструктором), которые прямым и косвенным образом отвечают за технико-эксплуатационные показатели автомобиля, его безопасность, уровень комфорта и качество в целом.

Точность в машиностроении (в виде *номинального* значения параметра и *допуска* к нему) оценивается:

– квалитетами (IT) точности на линейные размеры и угловые параметры;

– отклонениями относительного расположения поверхностей (перпендикулярность, параллельность, концентричность и т.д.);

– погрешностями формы (округлость, конусность, цилиндричность и др).

Под качеством металлообработки понимают качество обработанной поверхности, которое оценивается параметром *шероховатости* (единица измерения – *мкм*, обозначается – Ra или Rz).

Шероховатость поверхности – это величина микронеровностей поверхности на сравнительно малой базовой длине.

Среди мероприятий, относящихся к производству любой детали, металлообработка является важной составной частью в комплексе:

– проектирования и конструирования детали;

– выбора материала и вида заготовки;

– разработки технологического процесса обработки;

– выбора технологического оборудования;

– выбора методов обработки;

– выбора режущего инструмента и его материала;

– обеспечения точности и качества получения детали и методов ее контроля.

Основными задачами данной лабораторной работы является приобретение умения ориентироваться в понятиях:

– конструкционные и инструментальные материалы;

– виды заготовок в автомобильной промышленности;

– методы металлорежущей обработки;

– металлорежущие инструменты и их виды;

– назначение металлорежущего универсального и специализированного оборудования.

Методика выполнения работы

Используя полученную информацию при проведении работы в лаборатории и рекомендованную литературу оформить отчет, выполнить следующие задания:

1. Дать определение понятиям конструкционные и инструментальные материалы и их основным свойствам. Классифицировать обрабатываемые и конструкционные материалы по основным видам.

2. Составить перечень основных типов заготовок, используемых в машиностроении (с приведением эскиза заготовки) и методов их получения (рисунок 1.1, пример 1).

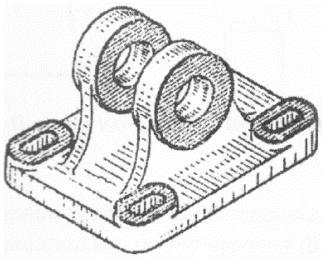


Рисунок 1.1. – Отливка (кронштейн)

Пример 1

Заготовка: отливка

Метод получения: литье в формы

Применение: корпусные детали

3. Классифицировать методы металлообработки в машиностроении, сформулировать их назначение и указать к каждому из них показатели возможной точности обработки и шероховатости поверхностного слоя обработанной поверхности (рекомендуется выполнить в виде таблицы) (таблица 1.1).

4. Привести перечень металлорежущих инструментов к соответствующим методам обработки для получения:

1) внутренних и наружных поверхностей вращения (цилиндрических, конусных и фасонных);

2) плоскостных поверхностей и пазов;

3) отверстий (округлых, шлицевых отверстий и других форм);

4) сложных объемных поверхностей (внутренних и внешних резьбовых, зубьев зубчатых колес).

Таблица 1.1. – Методы металлообработки в автомобилестроении

Вид обработки	Точность обработки, мм (квалитет точности)	Назначение метода	Качество поверхностного слоя, (R_a)	Режущий инструмент
1. Фрезерование 1) черновое 2) чистовое 3) тонкое 4) …	0,05–0,01 (IT 6–7)	Обработка плоских, фасонных, сложных поверхностей, пазов и т.д.	… … 0,64 мкм …	Фрезы цилиндрические, торцовые, шпоночные, дисковые, зубонарезные, фасонные…
2. Токарная 1) … 2) …	…	Обработка поверхностей …	…	…
3. ……	…	…	…	…
3. Обработка отверстий: – сверление – зенкерование – развертывание – протягивание ……	…	…	…	…
4. Шлифование 1) …	…	…	…	…

Классифицировать режущие инструменты для каждого метода обработки в зависимости от его характера, технологического назначения, формы и конструкции. Привести эскиз каждого инструмента и схему метода обработки (пример 2).

Пример 2

1. Токарная обработка

Режущий инструмент – токарные резцы.

По конструкции резцы классифицируются на цельные и сборные.

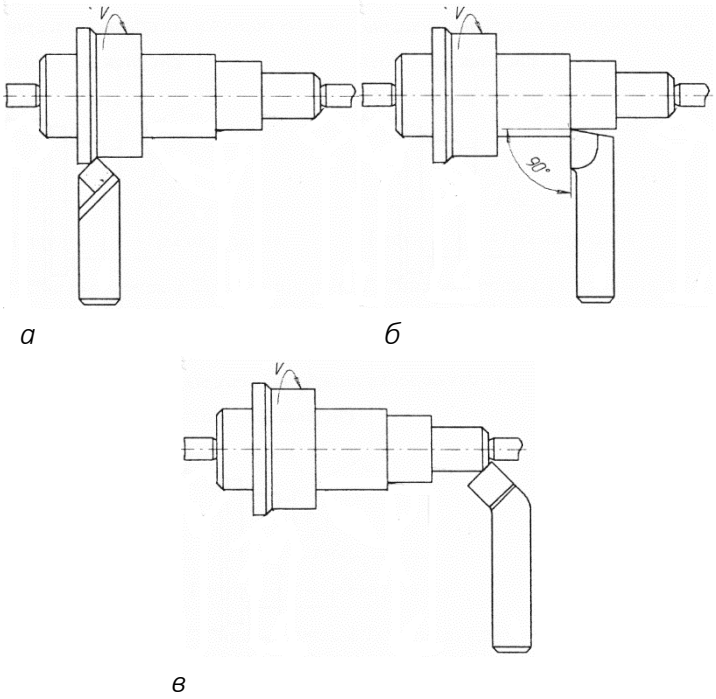
По характеру работы – черновые, получистовые, чистовые.

По форме рабочей части – прямые и отогнутые.

По технологическому назначению – проходные, отрезные, … .

По направлению подачи – … .

Проходные прямые резцы (рисунок 1.2, *а*) предназначены для точения (токарной обработки) наружных цилиндрических поверхностей.



а *б*

в

а – прямой; *б* – упорный; *в* – отогнутый

Рисунок 1.2. – Токарные проходные резцы

Проходные упорные резцы (см. рисунок 1.2, *б*) предназначены для обработки цилиндрических поверхностей и подрезания торцов.

Проходные отогнутые резцы (см. рисунок 1.2, *в*) предназначены для … .

Практическая работа 2
ВИДЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНЫ И ЕЕ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы

Приобретение теоретических сведений о классификации поверхностей машины и умение распознавать базы деталей в сборочной единице в зависимости от их назначения.

Краткие теоретические сведения

Согласно ГОСТ 2.101-68 составными частями машины являются детали и сборочные единицы.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без использования сборочных операций, т.е. часть машины, которая не имеет соединений.

Сборочная единица (СЕ) – это узел, агрегат, механизм, имеющий в своих соединениях несколько деталей. Различают сборочные единицы первого, второго и других порядков вхождения в соответствии с иерархической структурой машины. Узел, который непосредственно входит в готовое изделие – машину, принято называть сборочной единицей первого порядка вхождения; а меньший узел, который входит непосредственно в ее состав, – сборочной единицей второго порядка и т. д.

Иерархическая структура машины состоит в значимости функций, которые возложены на узлы, детали и выполняются ими в зависимости от служебного назначения поверхностей, принадлежащих данным деталям.

Пример. Если болты крепления кузовных панелей автомобиля перестанут выполнять свою функцию, то автомобиль в целом не утратит способность выполнять свое основное служебное назначение (транспортную работу), а будет считаться частично неисправным и лишь потеряет надлежащий внешний вид. Но если, предположим, болты крепления шатунов или коренных подшипников в двигателе перестанут функционировать, то автотранспортное средство будет не в состоянии выполнять свою основную функцию, т.к. иерархическая значимость болтов в первом и втором случае принципиально разнится с точки зрения важности выполняемых ими функций.

Служебное назначение – это максимально уточненная и четко сформулированная задача, для выполнения которой предназначен объект.

Служебное назначение делят на основное и дополнительное. В основном указывается базовая функция (функции), для выполнения которой объект

разрабатывался. В дополнительной указываются все вспомогательные свойства, характеристики и параметры объекта в исчерпывающем объеме, позволяющие спроектировать объект и произвести его в соответствии с запросами потребителя (заказчика).

Пример. Автомобиль служит или предназначен для выполнения транспортной работы в пассажирских или грузовых перевозках или реализации специальных функций (в случае специализированного подвижного состава – строительные и дорожные машины, автокраны и т.д.). Это основная часть служебного назначения.

Дополнительной является его полная *техническая характеристика* (информация о массе, габаритах, типе, классе, мощности, максимальной скорости и т.д., характеристиках всех систем (двигателя, трансмиссии, ходовой части, безопасности и т.п.)).

Сборочный процесс машины осуществляется путем соединения деталей. Детали и узлы, собранные из них, и машина в целом выполняют свои функции за счет поверхностей, принадлежащих деталям. Согласно функциям, которые выполняют разные поверхности деталей в машине, их делят на 4 вида: исполнительные поверхности, основные и вспомогательные базы и свободные поверхности.

Исполнительные поверхности – это поверхности или их соединение, с помощью которых машина выполняет свое служебное назначение.

Например, у токарного станка (рисунок 2.1) – это передний конец шпинделя, конус пиноли задней бабки, поверхности резцедержателя.

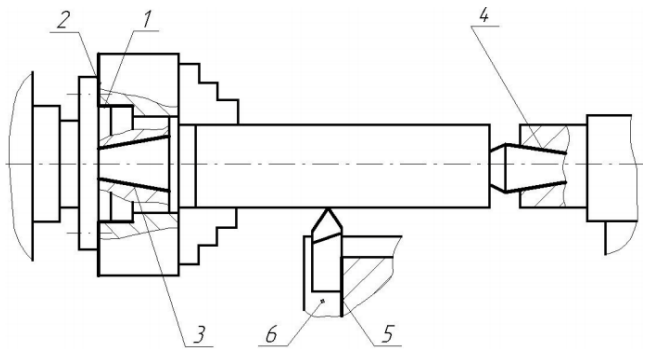


Рисунок 2.1. – Исполнительные поверхности токарного станка

Поверхности *1* и *2* (см. рисунок 2.1) предназначены для базирования патрона, поверхность *3* – для переднего центра (при обработке в центрах),

поверхность 4 – для заднего центра, поверхности 5 и 6 определяют положение резца относительно обрабатываемой поверхности и непосредственно передают ему необходимое для обработки движение.

У шпинделя рядом с поверхностями *1, 2, 3* исполнительными поверхностями являются подшипниковые шейки, их торцы, боковые поверхности шлицев или шпоночных пазов, с помощью которых шпиндель выполняет свое служебное назначение, у зубчатого колеса – отверстие, один из торцов ступицы, боковая поверхность шпоночного паза, зубья эвольвентного профиля.

У электродвигателя исполнительными являются поверхности конца вала, на котором монтируется муфта, передающая вращательный момент, а также рабочие поверхности статора и ротора. Исполнительными поверхностями зубчатой передачи как механизма служат соединения двух рабочих поверхностей зубьев пары зубчатых колес, которые работают совместно.

Исполнительными поверхностями двигателя внутреннего сгорания, который рассматривается как механизм для преобразования тепловой энергии в механическую, являются поверхности колец и рабочие поверхности цилиндров. Исполнительными поверхностями поршня являются канавки для колец, отверстие под палец и т.п.

Основные базы – поверхности детали, которые определяют ее положение в изделии. У вала редуктора (рисунок 2.2) – это подшипниковые шейки *1, 2* и торец *3*; у зубчатого колеса *4* – отверстие, торец *5* и боковая поверхность шпоночного паза, у крышки – цилиндрическая центрирующая поверхность *7*, торец *6* и поверхность одного из отверстий для болтов крепления крышки.

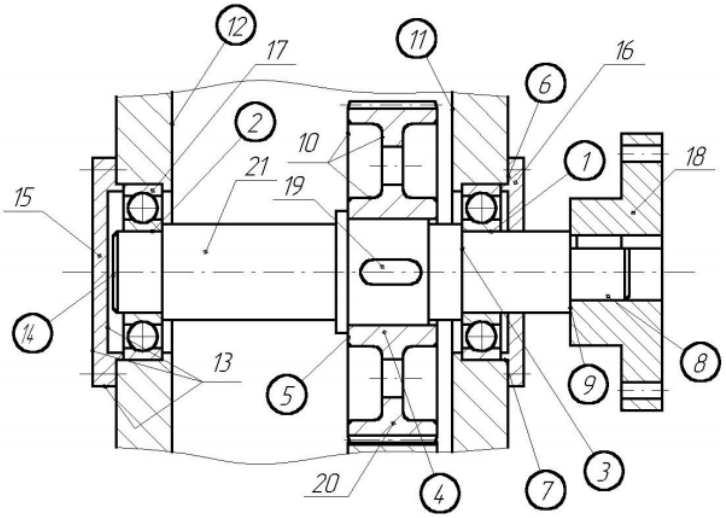


Рисунок 2.2 – Поверхности деталей редуктора

Вспомогательные базы – поверхности детали, которые определяют положение присоединяемых к данной детали всех других деталей. У корпуса – это отверстия под подшипники, у вала – шейка *4*, торец *5*, шпоночные пазы для колеса, для полумуфты – шейка *8* и торец *9*.

Свободные поверхности – поверхности детали, которые при работе в машине не контактируют с поверхностями других деталей. Свободные поверхности предназначены для формирования у детали нужных конструктивных форм, которые определяются ее служебным назначением.

Примеры свободных поверхностей: у корпуса – поверхности *11*, *12*, поверхности *13* крышки, торец *14* вала, поверхности *10* зубчатого колеса и т. п.

Контрольные задания

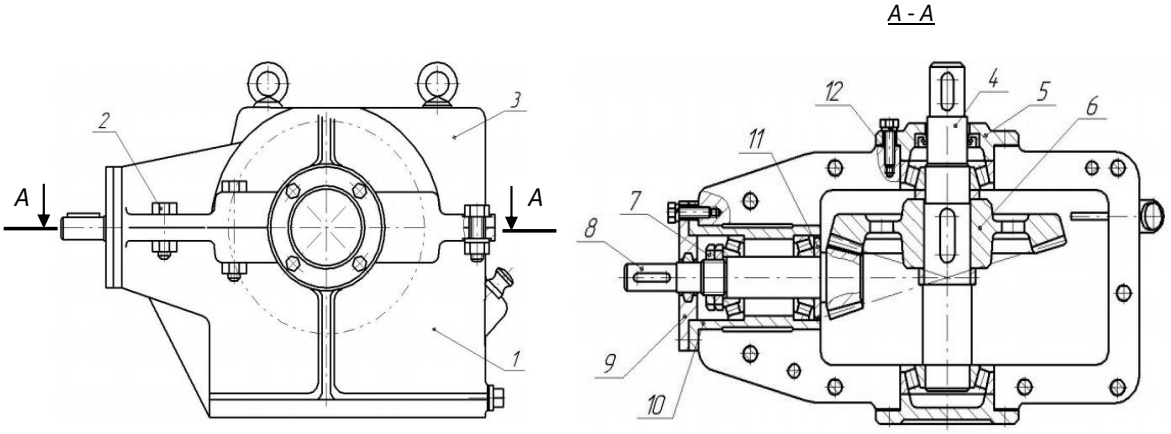
Задача 1

1) Выполнить эскизы деталей сборочной единицы (см. рисунок 2.2): левой крышки *15*; правой крышки *16*; шарикоподшипника *17*; полумуфты *18*; шпонки *19*; зубчатого колеса *20*; вала *21*.

2) На эскизе каждой детали обозначить выносками все поверхности и пронумеровать их. Определить виды всех поверхностей указанных деталей редуктора.

3) Дать геометрическое описание исполнительным поверхностям, основным и вспомогательным базам выше указанных деталей и указать функцию каждой из них.

Задача 2



1 – корпус; 2 – болт; 3 – крышка; 4 – вал; 5 – крышка; 6 - колесо зубчатое; 7 – гайка; 8 – вал-шестерня; 9 – крышка; 10 –стакан; 11 – маслоотражатель; 12 – прокладка

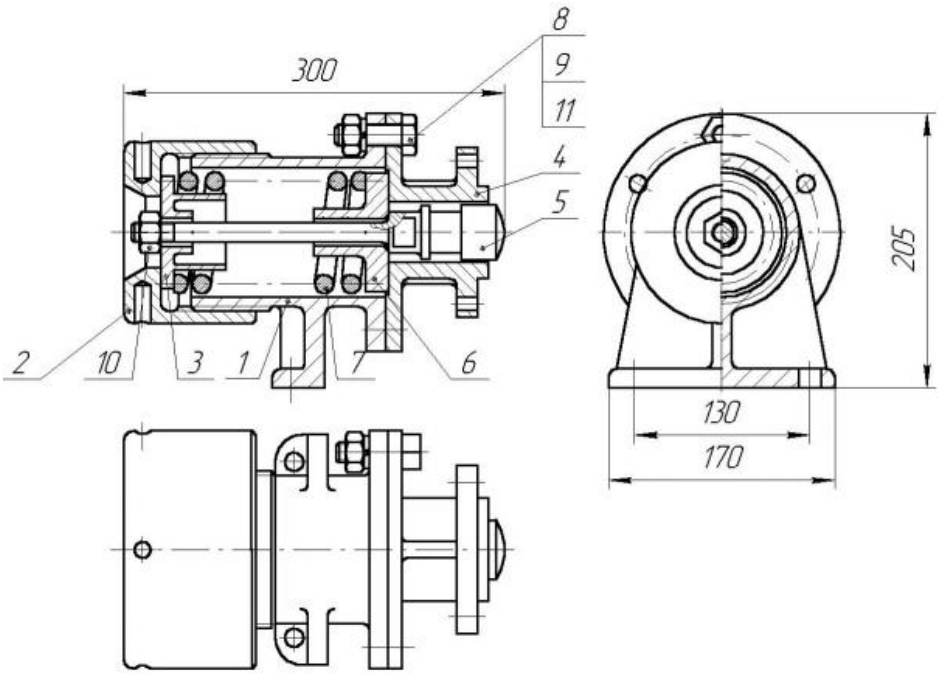
Рисунок 2.3. – Редуктор одноступенчатый с коническими колесами

Выполнив эскиз сборочной единицы, определить исполнительные поверхности, основные, вспомогательные базы и свободные поверхности заданных деталей редуктора (см. рисунок 2.3). Описать выполняемые функции установленных поверхностей в соответствии с их назначением, предварительно уяснив служебное назначение сборочной единицы.

Пример. Исполнительными поверхностями в редукторе будут боковые поверхности зубьев конического зубчатого венца вала-шестерни *8* и зубчатого колеса *6*, т.к. именно они передают крутящий момент в зацеплении между пересекающимися осями валов конического редуктора.

Задача 3

Установить служебное назначение механического амортизатора (рисунок 2.4). Выполнив эскиз сборочной единицы, определить исполнительные поверхности, основные, вспомогательные базы и свободные поверхности ее деталей. Описать выполняемые функции установленных поверхностей в соответствии с их назначением.



1 – корпус; 2 – муфта; 3 – упор; 4 – крышка; 5 – шток; 6 – втулка; 7 – пружина; 8 – болт; 9 – шайба; 10 – гайка 10; 11 – гайка

Рисунок 2.4. – Амортизатор механический

Практическая работа 3
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ЕГО СТРУКТУРА

Цель работы

Ознакомление с понятием технологического процесса изготовления изделия и его составными частями.

Краткие теоретические сведения

В автомобильном производстве, как и в любой другой сфере изготовления продукции, в основу структуры деятельности автопроизводственных и ремонтных предприятий положен производственный процесс изготовления (ремонта) как простейших деталей (изделий), так и сложных объектов (сборочных единиц).

Производственным процессом называют совокупность всех действий людей и средств (орудий) труда, необходимых на предприятии, для изготовления или ремонта изделий.

Средства труда – это технологическое оснащение в виде оборудования, станков, инструментов и приспособлений, необходимых для производства продукции.

Деталь – это готовое изделие, произведенное из заготовки однородного материала (сырья) и не имеющее физических соединений с другими деталями.

Сборочная единица (СЕ) – это готовый узел, агрегат, механизм, состоящий из деталей и имеющий в своих соединениях их количество больше 1-й.

Все детали и агрегаты автомобиля до того, как стать готовыми, проходят стадии производства от простейшей заготовки до готового изделия.

Классифицируют все производственные процессы на заготовительные (литейное, сварное), механообрабатывающие, сборочные и термообрабатывающие.

Одной из основных составляющих в комплексе мероприятий по производству изделия является технологический процесс, который является частью производственного процесса.

Технологический процесс (ТП) - это часть производственного процесса, которая включает в себя действия, направленные на последовательную смену состояния предмета труда и ее контроль. Основными характеристиками ТП являются критерии оптимальности, рациональности и использование технологического оборудования.

Предмет труда – природное вещество (сырье) или продукт предыдущих стадий производства, которые с помощью труда и технологического оборудования, превращаются в продукцию.

Например, для получения заготовки корпуса двигателя как предмета труда, реализуют технологические процессы в литейном производстве. Заготовка (готовое изделие) при этом называется *отливкой*, а метод ее получения – *литьем.*

Заготовка корпуса двигателя, прежде чем стать готовой деталью в сборочной единице самого двигателя, подвергается технологическому процессу механической обработки путем реализации методов металлообработки: фрезерование, растачивание, сверление и т.д.

Двигатель, чтобы стать готовым агрегатом, проходит этапы сборки (сборочного ТП) из множества узлов и деталей.

Каждый технологический процесс в зависимости от его характера можно разбить на большее или меньшее количество законченных составных элементов. В частности, технологические процессы разделяют на операции, установы, позиции, переходы, ходы и рабочие приемы.

Рассмотрим элементы ТП механической обработки деталей, сущность которого состоит в съеме металла для формирования требуемых поверхностей в соответствии с заданными параметрами точности и качества.

Операцией называется законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте без разрыва во времени.

Установом называется часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или сборочной единицы (рисунок 3.1, *а*, *б*, *г*, *е*). Он может включать одну или более позиций.

Позиция – это фиксированное положение, которое занимает неизменно закрепленная заготовка или сборочная единица вместе с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения операции или ее части. Изменение положения заготовки относительно станка при неизменном закреплении ее может происходить за счет поворотных элементов приспособления или стола станка.

Каждая позиция, установ или операция могут иметь большее или меньшее количество переходов.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством используемого инструмента и поверхностей, подвергаемых обработке или соединяемых при сборке и сопровождающаяся, соответственно, изменением размеров, формы, шероховатости и взаимного расположения поверхностей, или относительного расположения соединяемых деталей (рисунок 3.1).

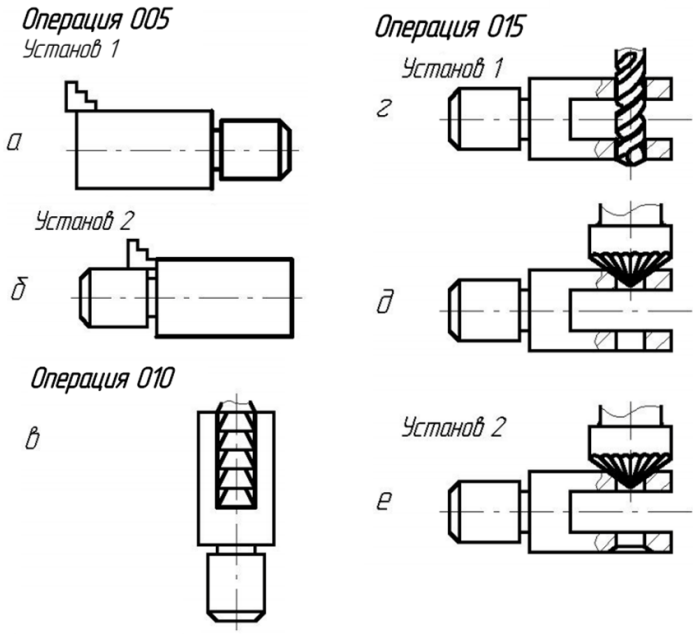


Рисунок 3.1. – Схема технологического процесса обработки вилки карданного вала

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, не сопровождающихся изменением размеров, шероховатости и взаимного расположения поверхностей, или относительного расположения соединяемых деталей, но необходимая для выполнения технологического перехода. Например, установка заготовки, смена инструмента и тому подобное.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, которая состоит из одноразового перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости и взаимного расположения поверхностей, или относительного расположения соединяемых деталей.

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, который состоит из одноразового перемещения инструмента относительно заготовки, которая не сопровождается изменением размеров, шероховатости или относительного расположения поверхностей или свойств заготовки, но необходимая для выполнения рабочего хода.

Контрольные вопросы и задания

1. Сколько будет операций и переходов при сверлении на сверлильном станке отверстия с одновременным снятием фаски комбинированным сверлом?

2. Сколько будет переходов, если при фрезеровании плоскости одной фрезой припуск снимается за два рабочих хода?

3. Сколько будет операций и переходов при сверлении одного отверстия на одношпиндельном сверлильном станке?

4. Коленчатый вал шлифуется начерно и начисто на одном рабочем месте и на одном и том же станке. При этом между черновым и чистовым шлифованиям заготовку отправляют на термообработку в термический цех. Сколько операций механообработки будет в приведенной части технологического процесса?

Задача 1

Рассмотрите операцию механообработки ступени валика (рисунок 3.2) и определите, сколько в ней технологических и вспомогательных переходов, установов, рабочих и вспомогательных ходов.

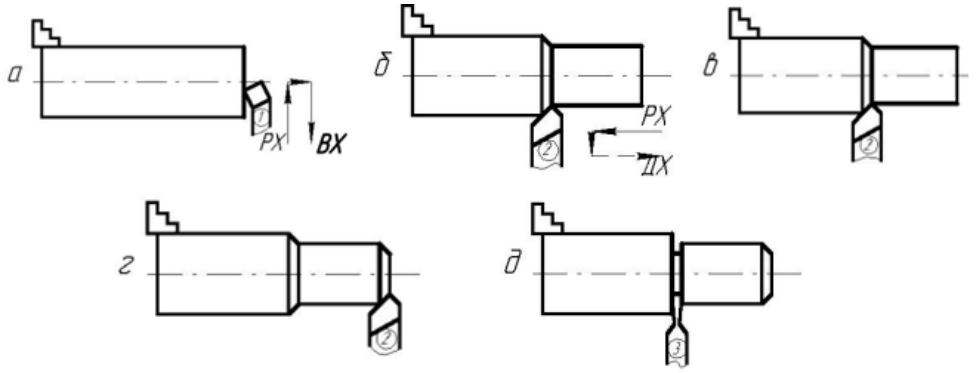


Рисунок 3.2. – Схема токарной обработки ступени валика
(к задаче 1)

Задача 2

На вертикально-сверлильном станке в приспособлении поворотный кондуктор обрабатывается заготовка (рисунок 3.3). Определить количество установов, позиций, переходов и рабочих ходов этой операции.

Задача 3

Втулка обрабатывается на вертикально-сверлильном станке. Определить, какие элементы операции показаны на рисунке 3.4.

Задача 4

Втулка обрабатывается на токарном станке по схеме, приведенной на рисунке 3.5. Определить элементы операции, показанные на рисунке 3.5.

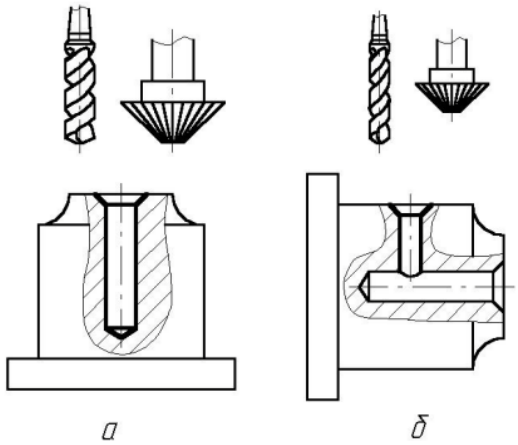


Рисунок 3.3. – Схема обработки (к задаче 2)

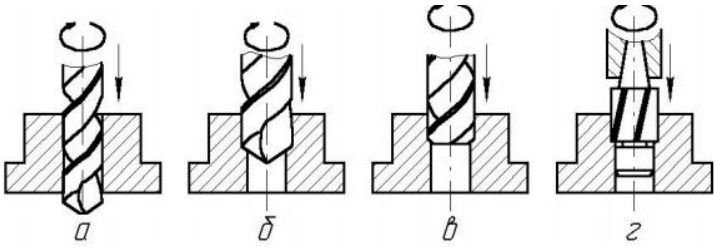


Рисунок 3.4. – Схема обработки втулки (к задаче 3)

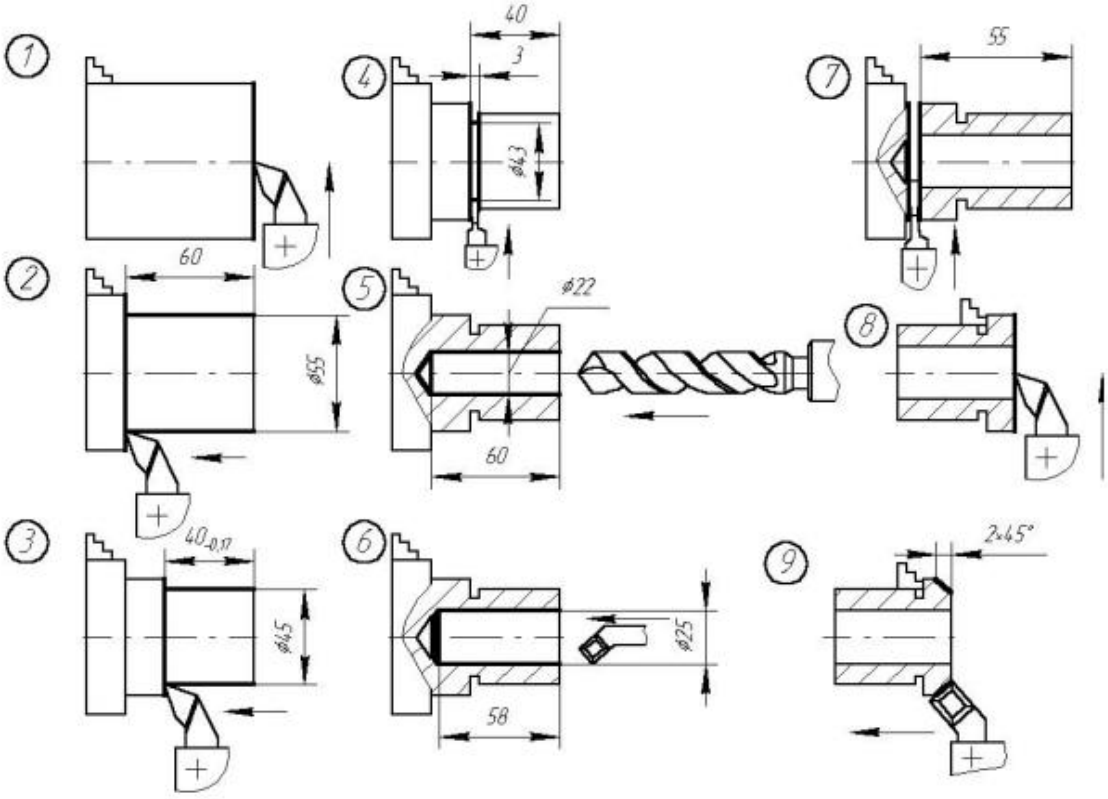


Рисунок 3.5 – Схема технологического процесса
изготовления втулки (к задаче 4)

Практическая работа 4
БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И ЗАГОТОВОК

Цель работы

Закрепление теоретических положений теории базирования. Приобретение понятий и навыков в базировании типовых деталей и практической реализации теоретических схем базирования, умения определять и различать различные виды баз.

Краткие теоретические сведения

Согласно ГОСТ 21495-80 база – это поверхность или соединение поверхностей, ось, точка, которые принадлежат заготовке или изделию и используются для базирования.

Базирование – предоставление заготовке или изделию нужного положения относительно выбранной системы координат: при сборке – обеспечение детали нужного положения в сборочной единице относительно других, ранее установленных деталей или изделий; при механической обработке – обеспечение заготовке нужного положения на станке относительно траектории обрабатывающего инструмента, при измерении – обеспечение заготовке или детали нужного положения относительно измерительного инструмента.

Базами могут служить поверхности: плоскость (рисунок 4.1, *а*), цилиндр (рисунок 4.1, *б*), совокупность поверхностей (рисунок 4.1, *в*), линия: ось (рисунок 4.1, *г*), окружность (рисунок 4.1, *д*), точка (точки) (рисунок 4.1, *е*).

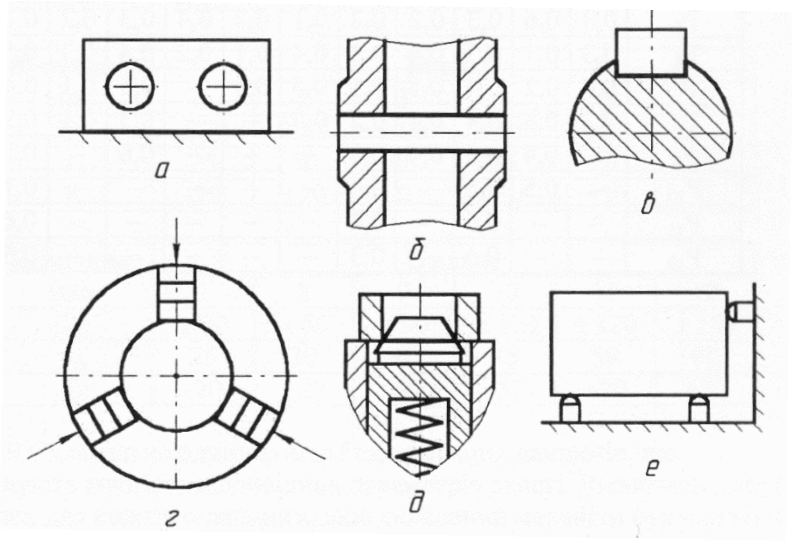


Рисунок 4.1. – Виды баз

Нужные положения или движение тела относительно системы отсчета достигаются наложением на него геометрических или кинематических связей. Связями называют условия, которые накладываются или на положение, или на скорости точек тела. В первом случае связи называют геометрическими, во втором – кинематическими. Если на тело наложены геометрические связи, то благодаря ним некоторые перемещения тела оказываются невозможными. Возможным перемещением тела называются элементарные перемещения, которые можно осуществить без нарушения наложенных на тело связей. Число таких возможных перемещений называют числом *степеней свободы* данного тела.

Если твердое тело может осуществлять любое перемещение в пространстве, то такое тело называют свободным. Такое тело имеет 6 степеней свободы: 3 перемещения вдоль координатных осей и 3 вращения вокруг этих осей.

Таким образом, чтобы сделать тело неподвижным, нужно лишить его 6 степеней свободы, а для этого наложить на него 6 связей.

Выберем за систему отсчета прямоугольную систему координат *OXYZ*. В этой системе расположим абсолютно твердое тело, с которым жестко связанна система координат *O'X'У'Z'* (рисунок 4.2). Поэтому связи накладывают на эту систему.

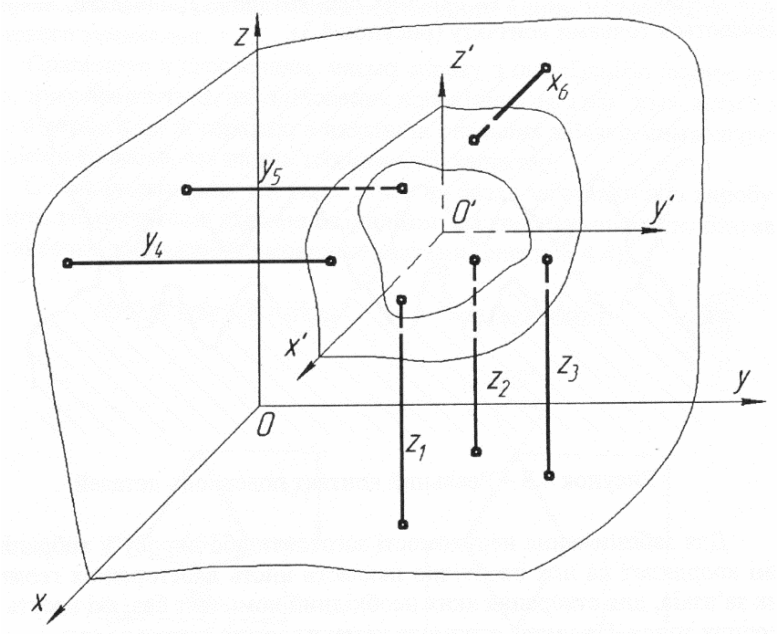


Рисунок 4.2. – К определению положения твердого тела

Определить положение подвижной системы координат относительно выбранной системы можно способом наложения геометрических связей на координатные плоскости системы O'X'YZ'. В результате тело лишается 3 перемещений вдоль осей декартовой системы координат и 3 поворотов вокруг этих осей, т.е. тело становится неподвижным в системе (рисунок 4.2).

Условия пребывания тела в состоянии спокойствия в этом случае будут иметь вид: z_1 = const; z_2 = const; z_3 = const; y_4 = const; y_5 = const, x_6 = const.

Таким образом, связями обеспечивается заданное положение тела в системе *OXYZ* в каждый рассматриваемый момент времени.

В реальных условиях связи практически реализуются с помощью материальных тел. Реализация двусторонних геометрических связей достигается соприкосновением поверхностей тела с поверхностями другого тела, к которому оно присоединяется, и прикладыванием сил и пар сил для обеспечения контакта между ними.

Реальные тела детали ограничены криволинейными поверхностями, поэтому могут контактировать лишь на отдельных элементарных площадках, которые условно считаются точками контакта (рисунок 4.3).

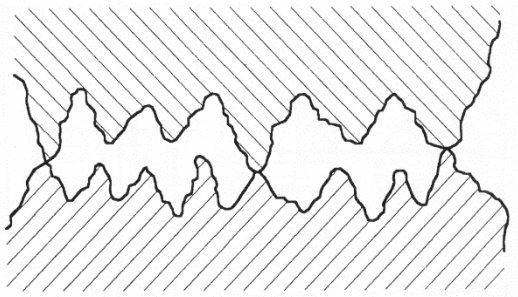


Рисунок 4.3. – Реальный контакт поверхностей деталей

Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в выбранной системе координат на них необходимо наложить шесть двусторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз, которые несут шесть опорных точек. Это условие получило название *правила шести точек*. При этом имеются в виду жесткие двусторонние связи, исключающие возможность любого перемещения тела в направлении этих связей.

При реализации же схемы базирования двусторонние связи превращаются в опорные точки и тем самым в односторонние связи. Это значит, что

достигнутое правильное положение детали может измениться под действием сил и моментов сил обработки или сборки. Для сохранения, полученного при базировании и правильного положения детали, необходимо обеспечить непрерывность контакта соединяемых поверхностей деталей для жесткой двусторонней связи.

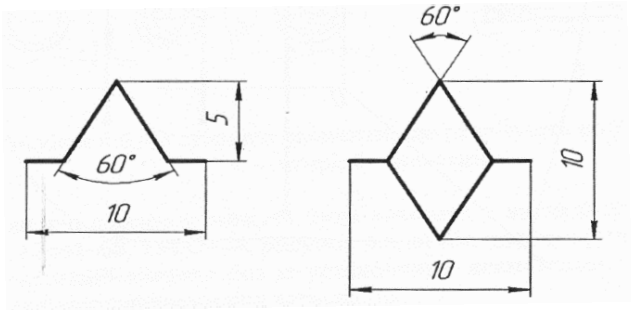
Поэтому при реализации схемы базирования нельзя ограничиваться только созданием необходимых шести опорных точек, а необходимо еще обеспечить плотное и непрерывное соприкосновение соответствующих поверхностей детали (опорных точек) с помощью силового замыкания. Если в соответствии со служебным назначением изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается и заменяется кинематическими связями.

Например, шпиндели станков должны быть лишены пяти степеней свободы при сохранении возможности вращения вокруг своей оси. Салазки суппорта станка должны сохранять одну степень свободы, что позволяет осуществить их перемещение по направляющим.

Таким образом, материализация геометрических связей достигается с помощью 6 точек, расположенных соответствующим образом на поверхностях детали, и силового замыкания.

Работая с чертежом, имеем дело с идеализацией формы поверхностей, потому считается, что реализация необходимых связей достигается контактом деталей по поверхностям, а наличие реальных связей символизируется опорными точками, которые имеют теоретический характер.

Схему размещения опорных точек на базах заготовки или изделия называют *теоретической схемой базирования*. На теоретической схеме базирования опорные точки изображают условными знаками (рисунок 4.4).



а *б*

а - вид спереди и сбоку; *б* - вид сверху

Рисунок 4.4. – Условное изображение опорных точек

Опорные точки нумеруются, начиная с базы, на которой располагается их наибольшее количество. Номер точки проставляется справа от условного знака.

Если в какой-либо проекции одна опорная точка накладывается на другую, то изображается одна точка и около нее проставляются номера совмещенных точек.

Базирование призматического тела. В соответствии с положениями теоретической механики для определения положения призматического тела относительно системы координат *OXYZ* необходимо связать его нижнюю поверхность А тремя жесткими двусторонними удерживающими связями с плоскостью XOУ прямоугольной системы координат (рисунок 4.5).

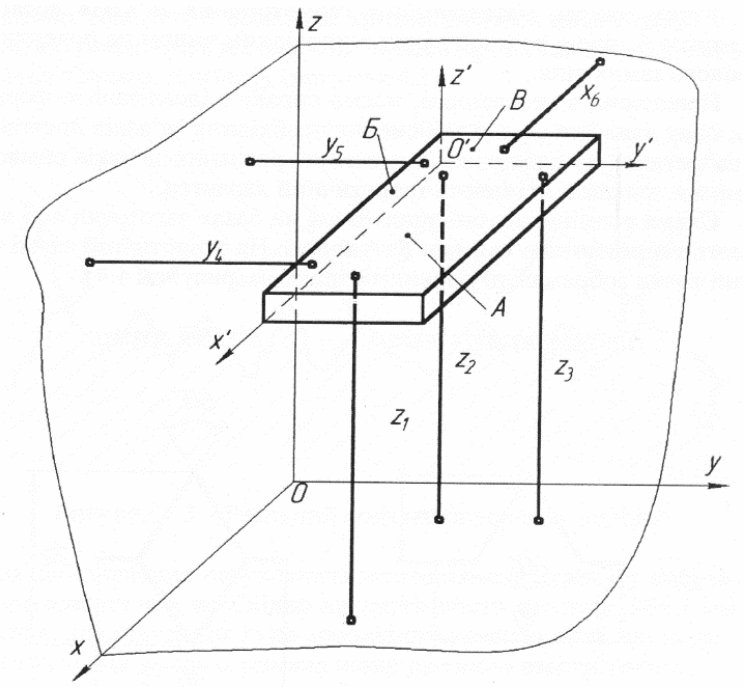


Рисунок 4.5. – Базирование призматического тела

Связь z_1 лишает тело перемещения вдоль координатной оси *OZ,* связь z_2 – вращения вокруг оси *OY*, z_3 – вращения вокруг оси *OX*.

Поверхность *А*, которая несет на себе 3 опорных точки и лишает тело 3 степеней свободы (перемещения вдоль одной из координатных осей и вращения вокруг двух других координатных осей), называется *установочной базой.*

Расположение опорных точек определяется из условия равновесия тела под действием силы притяжения.

Для того чтобы исключить перемещение тела вдоль оси *OY* и вращение вокруг оси *OZ,* свяжем поверхность *Б*, соответственно, двумя связями y_4, y_5 с плоскостью *XOZ*. Поверхность *Б*, которая лишает тело (заготовку) двух степеней свободы (перемещения вдоль одной координатной оси и вращения вокруг другой оси), называется *направляющей базой.*

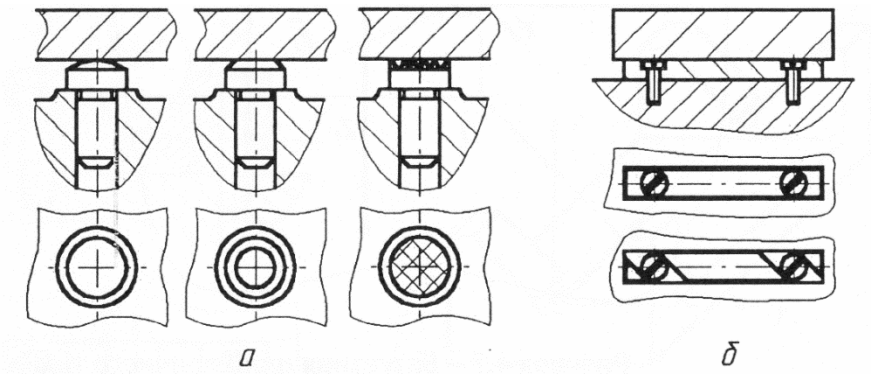
Таким образом, тело имеет возможность перемещаться лишь вдоль оси *OX*. Для исключения и этого перемещения свяжем поверхность *В* одной жесткой двусторонней связью x_6 с плоскостью *ZOY.*

Поверхность *В*, которая несет на себе одну опорную точку и лишает тело одной степени свободы (перемещения вдоль одной из координатных осей), называется *опорной базой.*

Совокупность трех баз, которая образует систему координат заготовки (или изделия), составляет *комплект баз.*

Реализация рассмотренной теоретической схемы базирования осуществляется установлением заготовки на установочные элементы устройства.

Установочные элементы могут быть выполнены в виде штырей (ГОСТ 13440-68, 13441-68, 13442-68, рисунок 4.6, *а*) или пластин (рисунок 4.6, *б*).



а – штыри; *б* – пластины

Рисунок 4.6 - Установочные элементы, реализующие опорные точки:

Неотрывный контакт баз с установочными элементами устройства обеспечивается приложением сил зажима.

Базирование цилиндрического тела. Связав цилиндрическую поверхность *А* (рисунок 4.7) двумя жесткими двусторонними связями с плоскостью *XOY* и двумя с плоскостью *XOZ*, цилиндрическое тело лишается 4 степеней свободы: связь z_1 – перемещения вдоль оси *OZ,* связь z_2 – вращения вокруг оси *OY*, связь y_3 – перемещения вдоль оси *OY*, связь y_4 – вращения вокруг оси *OZ.*

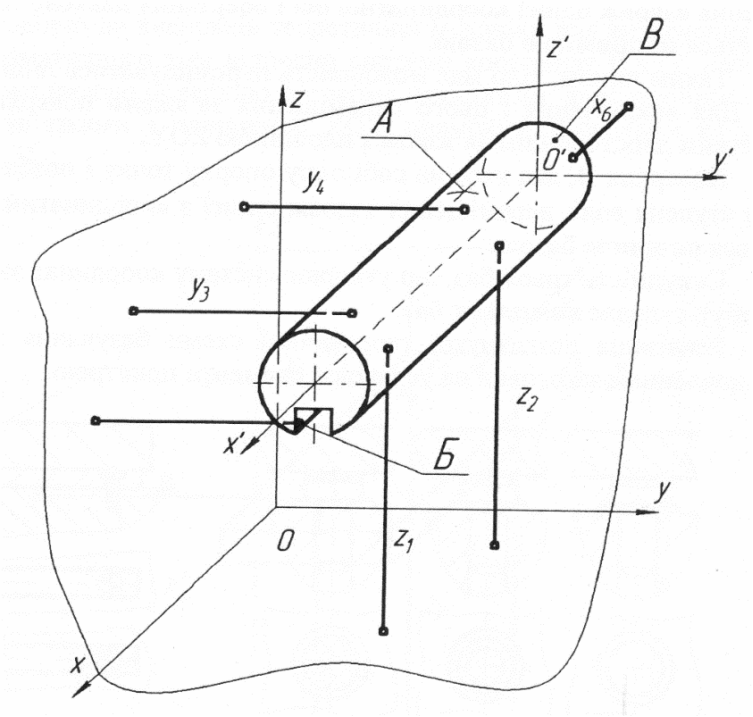


Рисунок 4.7. – Базирование цилиндрического тела

Поверхность *А*, которая несет на себе 4 опорных точки и лишает тело 4 степеней свободы: перемещений вдоль двух координатных осей и вращения вокруг этих самых осей, называется двойной *направляющей базой.*

Для исключения вращения тела вокруг оси *O'X'* (что при параллельном переносе системы координат *O'X'YZ'* равнозначно вращению вокруг оси *OX*) нужно связать определенный элемент детали с какой-то плоскостью системы *OXYZ* (выступ, отверстие, паз шпонки и т. др.) в данном случае боковую поверхность *Б* шпоночного паза с плоскостью *XOZ*.

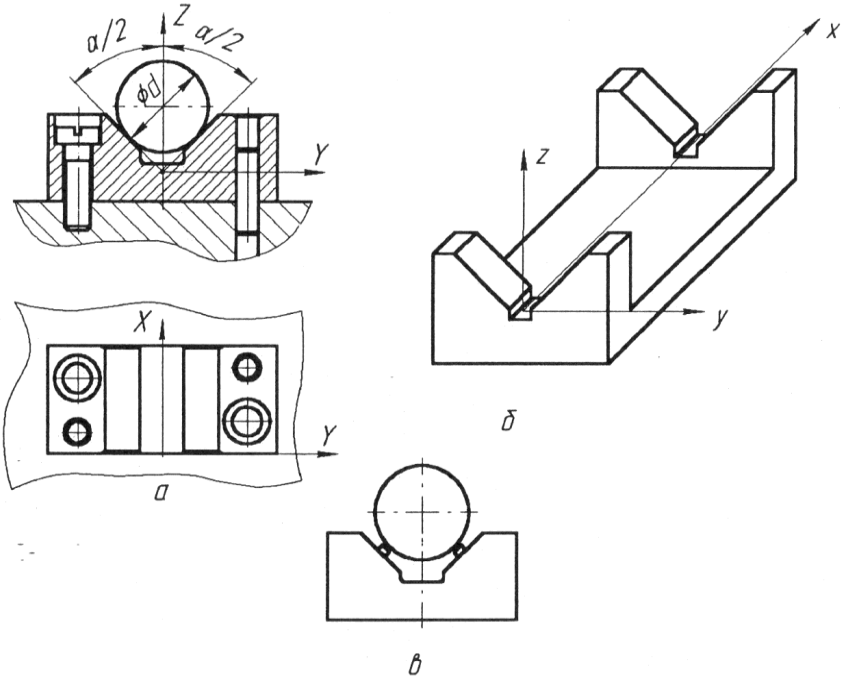
Поверхность *Б*, которая несет на себе одну опорную точку и лишает тело одной степени свободы – вращения вокруг одной из координатных осей, называется опорной базой. Поверхность *В* лишает тело одной степени свободы (перемещения вдоль оси *OX*) – также опорная база.

Таким образом, *опорная база* – поверхность детали (или изделия), которая несет на себе одну опорную точку и лишает тело одной степени свободы: перемещения вдоль одной из координатных осей, или вращения вокруг одной из координатных осей.

Реализация теоретической схемы базирования цилиндрических тел чаще всего осуществляется с помощью призм (рисунок 4.8). Призмой называется установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, созданного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом α.

Призмы для установления коротких заготовок стандартизированы ГОСТ 12195-66.

Призма определяет положение плоскости *OZ* заготовки (рисунок 4.8, *а*), перпендикулярной к основе призмы, в результате совмещения ее с осью углового паза, а также положение продольной оси *X* заготовки.



а – з широкими опорными поверхностями; *б* – с узкими опорными поверхностями; *в* – с точечными опорами

Рисунок 4.8. – Призмы

Используют призмы с углами α, которые равны 60, 90, 120°. Наиболее распространены призмы с α = 90°. Когда базирование происходит по неполной цилиндрической поверхности, используют призмы с α = 120°. При значительных силах резания, которые действуют параллельно основе призмы, используют α = 90°. При черновых базах (R_z > 80 мкм) используют призмы с узкими опорными поверхностями или с точечными опорами, запрессованными в рабочие поверхности призмы (рисунок 4.8, *б*, *в*), при чистовых базах – с широкими опорными поверхностями.

Базирование диска. Диск – цилиндрическая деталь, у которой длина цилиндрической поверхности меньше диаметра. В связи с этим возможности ориентирования заготовки по цилиндрической поверхности значительно ограничены сравнительно с цилиндром, зато у торцевой поверхности такие возможности растут.

Поэтому поверхность *А* – установочная база: связь z_1 лишает диск перемещения вдоль оси *OZ,* связь z_2 – вращения вокруг оси *OY*, связь z_3 – вращения вокруг оси *OX* (рисунок 4.9).

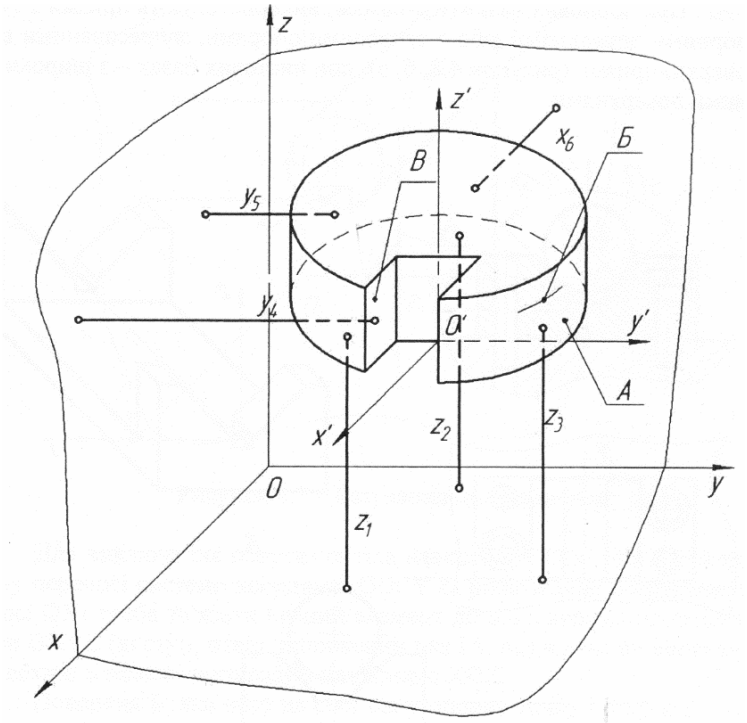


Рисунок 4.9. – Базирование диска

Поверхность *Б* несет на себе 2 опорных точки и лишает тело 2 степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей (y_4 – вдоль *OY*, x_5 – вдоль *OX*) и называется двойной опорной базой. Поверхность *В*, связанная связью y_6 с плоскостью *XOZ* и лишает тело одной степени свободы – вращения вокруг оси *O'Z'* (что при параллельном переносе системы *O'X'У'Z'*, равнозначно вращению вокруг оси *OZ)* – опорная база.

Схемы базирования заготовок с внутренними цилиндрическими поверхностями принципиально подобны рассмотренным.

Для предоставления положения телу с использованием его плоскостей симметрии или осей поверхностей связи должны быть наложены непосредственно на плоскости симметрии, оси, линии или точки их пересечения (рисунок 4.10, *а*, *в*).

Базирование по плоскостям симметрии, осям, линиям или точкам их пересечения реализуется с помощью центрирующих устройств: самоцентрирующихся призматических тисков (рисунок 4.10, *б*), подпружиненных конических (сферических) пальцев (рисунок 4.10, *г*) и т.д.

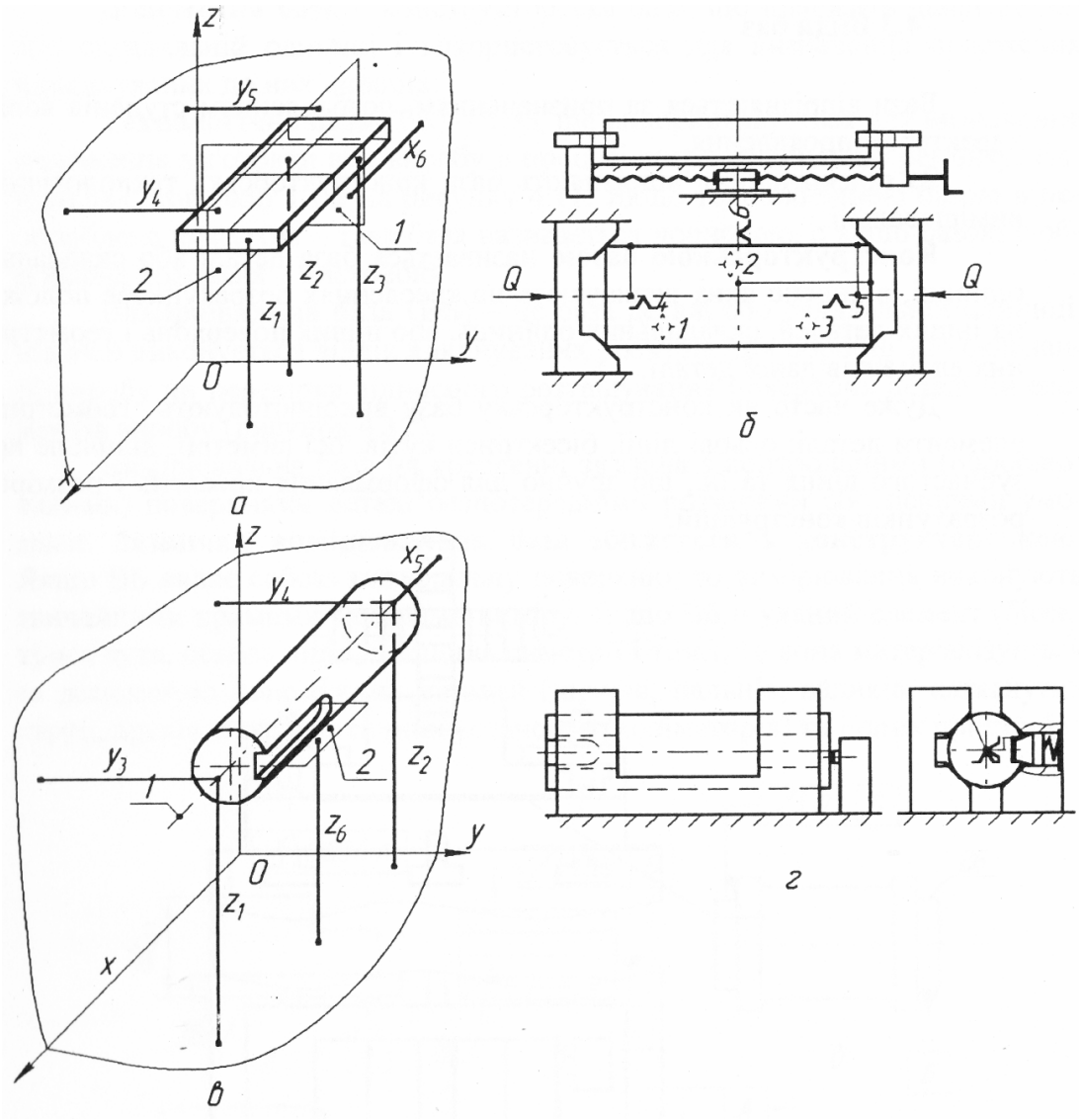


Рисунок 4.10. – Схемы базирования призматического тела (*а*) и цилиндра (*в*) с помощью их мнимых элементов и реализация (*б*, *г*) этих схем

Таблица 4.1. – Протокол защиты лабораторной работы

№ рисунка	Поверхность, ось	Перемещение вдоль оси			Вращение вокруг оси		
		x	*y*	*z*	*x*	*y*	*z*
1	*А*			+	+	+	
	Б		+				+
	В	+					
2	*А*						
	Б						
	В						
3	*А*						
	Б						
	В						
4	*А*						
	Б						
	В						
5	*А*						
	Б						
	В						
6	*А*						
	Б						
	В						
7	*А*						
	Б						
	В						
8	*А*						
	Б						
	В						

*Для защиты лабораторной работы протокол в виде данной таблицы необходимо распечатать.

Практическая работа 5
ТОКАРНАЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Цель работы

Общее ознакомление с токарным методом металлообработки в машиностроении, а также с устройством токарного универсального оборудования и металлорежущим инструментом.

Оснащение работы

Плакаты, разнотипный режущий токарный инструмент, токарный универсальный станок модели 16К20.

Краткие теоретические сведения

В машиностроении изготовление любого изделия путем металлообработки обязательно сопровождается разработкой технологического процесса, выбором методов обработки, соответствующего оборудования и инструмента.

В зависимости от формы и качества обрабатываемых поверхностей выбираются методы обработки: фрезерование, токарная обработка, сверление, шлифование, зубонарезание, протягивание и т.д.

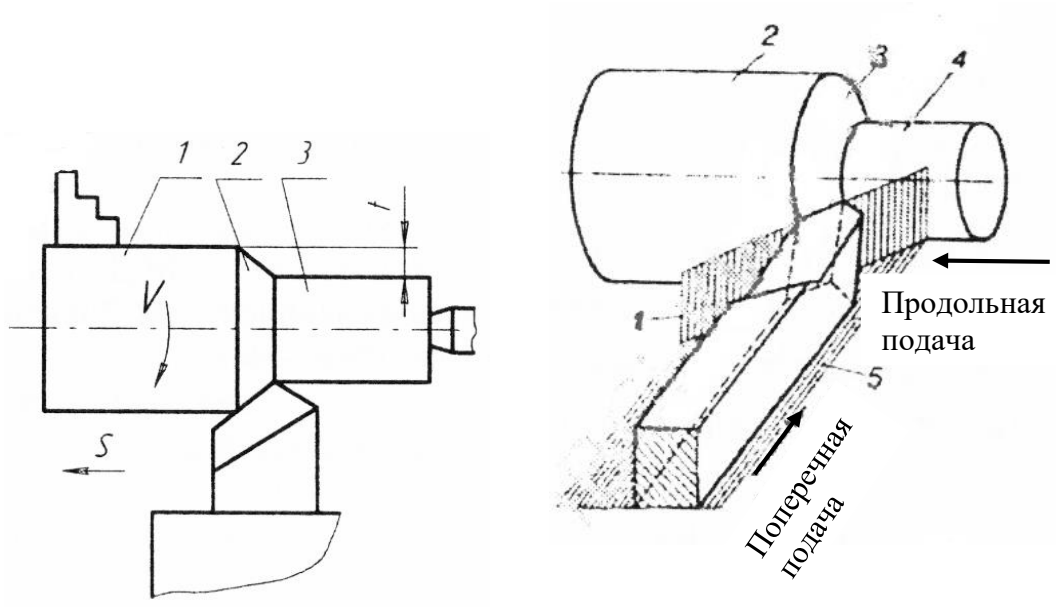
С учетом типа производства и в зависимости от назначенных методов обработки выбирают тип оборудования и необходимый режущий инструмент.

В единичном производстве и на механоремонтных автопредприятиях используют универсальное оборудование.

Токарная обработка и токарный режущий инструмент

С помощью токарного метода выполняют обработку наружных и внутренних поверхностей деталей, которые имеют форму тел вращения, плоских торцовых поверхностей (подрезание торца) тел вращения, нарезание внутренней и наружной резьбы, отрезание заготовки, или прорезание канавки.

В процессе обработки у заготовки различают следующие поверхности (рисунок 5.1): необработанная – *1*, обрабатываемая – *2* (поверхность резания), обработанная – *3* (с которой срезан слой материала толщиной *t*).



а *б*

а: 1 – необработанная поверхность; 2 – обрабатываемая поверхность; 3 – обработанная поверхность;
б: 1 – плоскость резания; 2 – необработанная поверхность; 3 – поверхность резания; 4 – обработанная поверхность; 5 – основная плоскость

Рисунок 5.1. – Схема токарной обработки и рабочих движений

Токарный резец (рисунок 5.2) состоит из двух основных частей: рабочей части *А* (головки) и вспомогательной части *Б* (державки), которая используется для закрепления резца в резцедержателе.

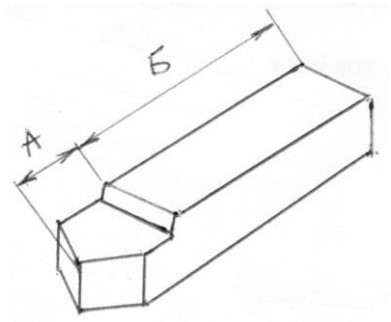


Рисунок 5.2. – Токарный резец

Для обработки заготовок на токарных станках используют разнотипные резцы, которые классифицируют по разным признакам.

По конструкции резцы делят на цельные и сборные. Цельные резцы изготавливают из инструментальных сталей.

В сборных резцах режущую часть изготавливают в виде пластин из твердых сплавов или других сверхтвердых композитных материалов, которые припаивают, приваривают или закрепляют механическими способами к рабочей части резца.

По характеру обработки резцы делят на черновые, получистовые, чистовые.

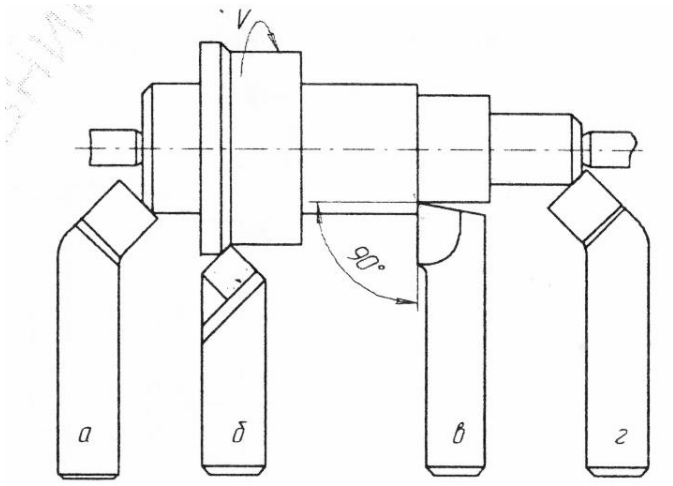
По форме рабочей части резцы разделяют на прямые и отогнутые.

По направлению подачи резцы разделяют на праве и левые. Правые резцы работают при подаче, которая направлена справа налево, левые – слева направо.

По технологическому назначению резцы разделяют на проходные, подрезные, расточные, отрезные, прорезные, нарезные, фасонные.

Проходные прямые резцы (рисунок 5.3, *б*) предназначены для обтачивания наружных цилиндрических поверхностей; проходные отогнутые (рисунок 5.3, *а*, *г*) – для обработки цилиндрических поверхностей и подрезания торцов; проходные упорные (рисунок 5.3, *в*) – для обработки наружных цилиндрических и торцовых поверхностей, а также ступенчатых валов, в которых необходимо подрезание уступов.

Подрезные резцы (рисунок 5.4) предназначены для обработки плоских торцов с поперечной подачей.



а - отогнутый левый; *б* – прямой; *в* – упорный;
г - отогнутый правый

Рисунок 5.3. – Токарные проходные резцы

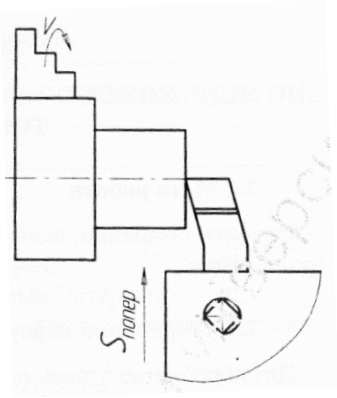
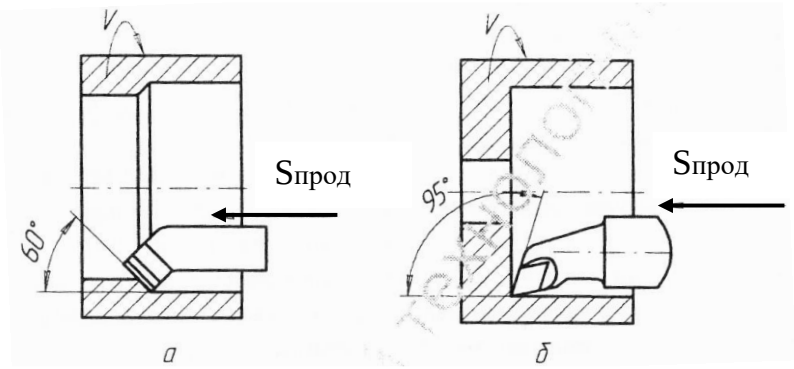


Рисунок 5.4. – Подрезной резец

Расточные резцы (рисунок 5.5, *а*, *б*) предназначены для растачивания сквозных и глухих отверстий.



а, *б* – для обработки, соответственно,
сквозных и глухих отверстий

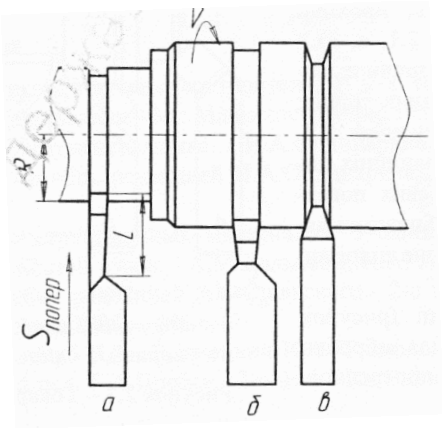
Рисунок 5.5. – Расточные резцы

Отрезные резцы (рисунок 5.6, *а*) используют для отрезания заготовки. Длина головки этих резцов *L* должна быть больше радиуса заготовки *R*, которая разрезается.

Прорезные резцы (рисунок 5.6, *б*, *в*) предназначены для прорезания кольцевых канавок разных профилей (прямоугольных, трапециеподобных и др.).

Фасонные резцы (рисунок 5.7) используют для обработки фасонных поверхностей. Профиль режущей кромки фасонного резца должен отвечать профилю поверхности, которая обрабатывается.

Резьбонарезные резцы (рисунок 5.8) применяют для нарезания наружной и внутренней резьб. Форма режущей части должна отвечать профилю резьбы (закругленная, метрическая, остроугольная и др.).



а – отрезной; *б* – прорезной прямоугольный;
в – прорезной трапециеподобный

Рисунок 5.6. – Отрезной и прорезные резцы

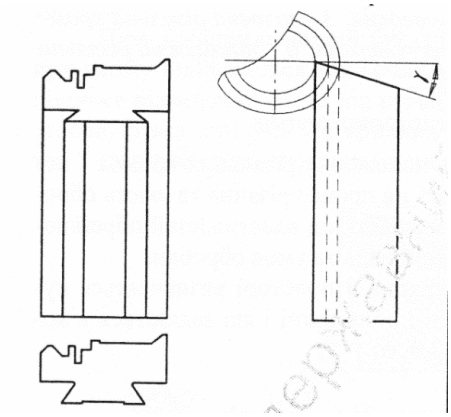
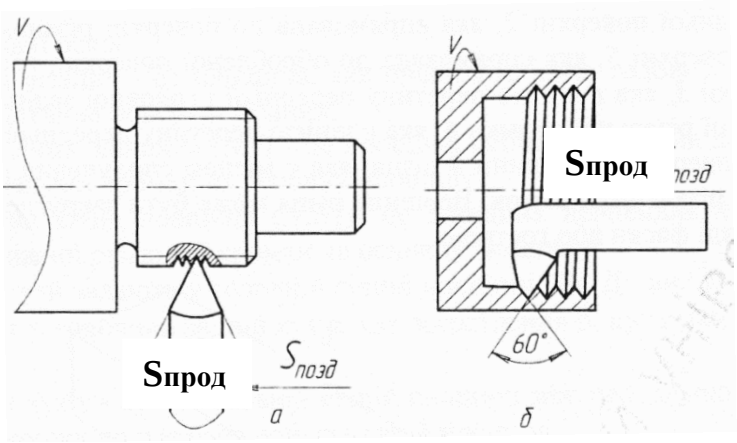


Рисунок 5.7. – Фасонный резец



а – для нарезания наружной резьбы; *б* – для нарезания внутренней резьбы

Рисунок 5.8. – Резьбонарезные резцы

Обработка конических поверхностей на токарных станках проводится следующими способами: широкими резцами, поворотом каретки верхнего суппорта, смещением задней бабки и др.

Для получения конических поверхностей на токарно-винторезных станках необходимо, чтобы при вращении заготовки вершина резца перемещалась не параллельно оси центров, а под определенным углом. Этот угол должен равняться углу уклона конуса (рисунок 5.9).

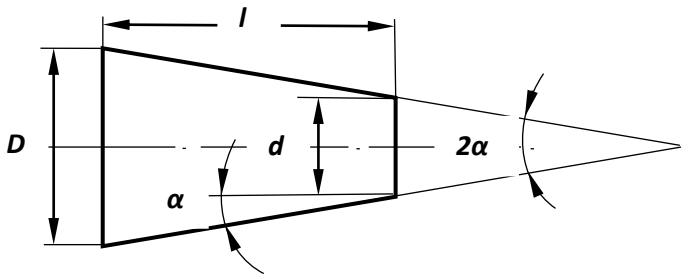


Рисунок 5.9. – Схема срезанного конуса

Угол уклона конуса α определяется из

$$\operatorname{tg}\alpha = (D - d)/2l, \qquad (5.1)$$

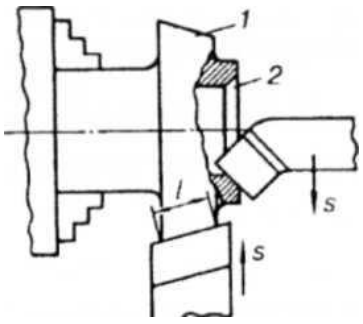
где здесь и далее

D – больший диаметр обрабатываемой конической поверхности, мм;

d – меньший диаметр обрабатываемой конической поверхности, мм;

l – высота конической поверхности, мм.

Обрабатывать наружные и внутренние конические поверхности можно широкими резцами с углом φ, который равняется углу уклона конуса α (рисунок 5.10).



1, 2 – соответственно, внешняя и внутренняя конические поверхности

Рисунок 5.10. – Схема обработки конических поверхностей широким резцом

Этим способом обычно обтачивают короткие конические поверхности. Обрабатывать можно с поперечной или продольной подачей резца. Этот способ широко используется для образования фасок на внутренних и наружных цилиндрических поверхностях.

Методом поворота каретки верхнего суппорта обрабатывают наружные и внутренние конические поверхности с любым углом конусности (рисунок 5.11). Каретку верхнего суппорта поворачивают на угол, который равняется половине угла конуса.

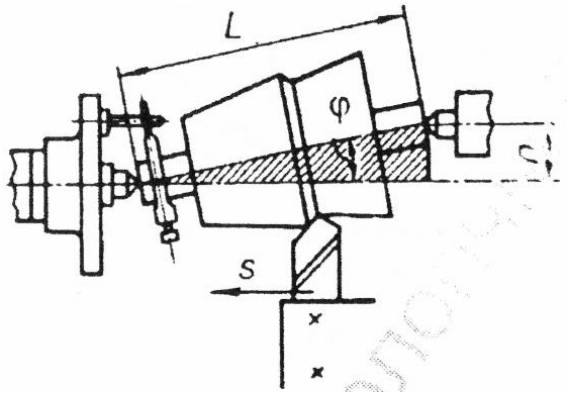


Рисунок 5.11. – Обработка конуса с помощью поворота каретки верхнего суппорта

При обтачивании наружных конических поверхностей смещают заднюю бабку относительно ее основания в направлении перпендикулярном к линии центров станка (рисунок 5.12).

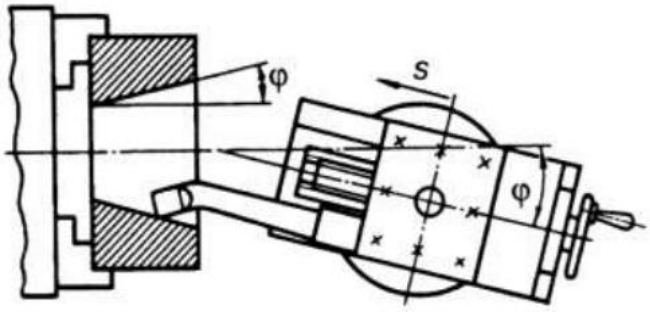


Рисунок 5.12. – Обработка конуса с помощью смещения задней бабки

Обрабатываемую заготовку устанавливают в конические центры. При этом ось вращения заготовки расположена под углом к линии центров станка, а образующая конической поверхности – параллельна линии центров

станка. Этим способом обтачивают с продольной подачей длинные и конические поверхности с малым углом конуса.

Общее устройство токарного универсального оборудования

Для осуществления процесса резания на станках токарной группы необходимы согласованные относительные движения между заготовкой и режущим инструментом. Движения, при которых с обрабатываемой заготовки срезается слой металла и изменяется состояние обрабатываемой поверхности называют *движениями резания. К* ним относятся главное движение и движение подачи.

Движение, с помощью которого осуществляется удаление стружки, называется *главным движением.*

Движение подачи – движение, которое обеспечивает непрерывность врезания режущей кромки инструмента в материал заготовки.

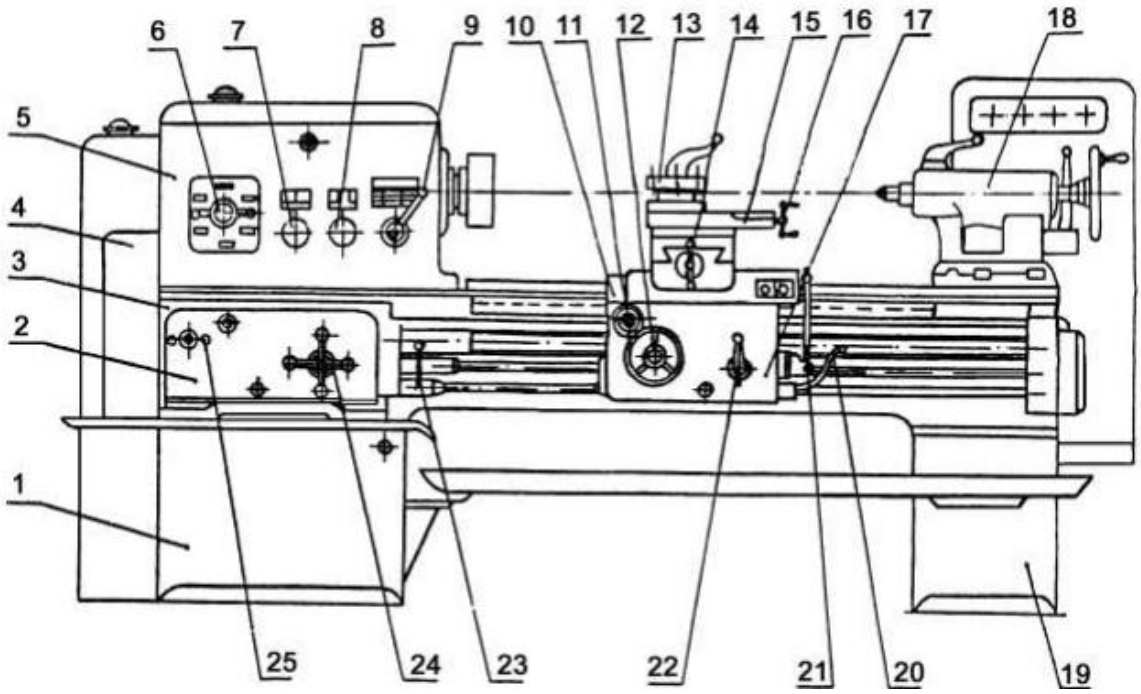
Для станков токарной группы главным движением является вращательное движение заготовки, а режущий инструмент имеет прямолинейное поступательное движение подачи.

Основными размерными характеристиками токарных станков являются *высота центров и расстояние между центрами*. Высота центров определяет наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, расстояние между центрами - наибольшую ее длину.

К токарному оборудованию принадлежит токарно-винторезная группа станков (рисунок 5.13).

Независимо от типоразмера и конструктивных особенностей у всех токарно-винторезных станков имеются следующие основные узлы: станина, передняя бабка, задняя бабка, коробка подач с ходовым винтом и валом; фартук с механизмом подачи, суппорт.

Станина *3* выполняет функцию базовой детали, на которую монтируют все основные узлы и части станка и которая закрепляется на тумбах *1*, *19*. В передней тумбе *1* вмонтирован электродвигатель главного привода станка. На станине устанавливают переднюю бабку *5*, коробку подач *2*, суппорты *10*, *15*, заднюю бабку *18*. Передняя бабка размещается на левом конце станины. Она имеет чугунный корпус, в середине которого расположены коробка скоростей и пустотелый шпиндель. Коробка скоростей передает движение вращения шпинделю и позволяет изменять частоту и направление вращения с помощью рукояток *6, 9*. На правом конце шпинделя устанавливают приспособление для закрепления заготовки, которую обрабатывают (самоцентрирующийся патрон, планшайба и др.).



1 – передняя тумба; 2 – коробка подач; 3 – станина; 4 – гитара сменных зубчатых колес; 5 – передняя бабка; 6, 9 – рукоятки управления коробкой скоростей; 7 – рукоятка переключения звена увеличения шага резьбы; 8 – рукоятка перемещения реверса ходового винта; 10 – продольный суппорт; 11 – кнопка включения шестерни при нарезании резьбы; 12 - маховик ручного продольного перемещения суппорта; 13 – резцедержатель; 14 – рукоятка ручного поперечного перемещения суппорта; 15 – верхний (поперечный) суппорт; 16 – рукоятка ручного перемещения верхней части суппорта; 17 – фартук; 18 – задняя бабка; 19 – тумба; 20, 23 – рукоятки включения, выключения и реверсирования вращения шпинделя; 21 – рукоятка управления перемещением суппорта; 22 – рукоятка включения разъемной гайки; 24, 25 – рукоятки управления коробкой подач

Рисунок 5.13. – Общий вид токарно-винторезного станка

Коробка подач *2* позволяет изменять частоту вращения ходового вала или ходового винта, а также величины продольных и поперечных подач суппорта с помощью рукояток *24*, *25.* Коробка подач соединена с шпинделем гитарой сменных зубчатых колес *4*, которая служит для передачи вращения от шпинделя к коробке подач.

Суппорт обеспечивает возможность механического перемещения резца в продольном и поперечном направлениях. Он состоит из продольного суппорта *10*, который перемещается по направляющим станины и обеспечивает продольную подачу и верхнего суппорта *15*, который перемещается по направляющим продольного суппорта перпендикулярно к оси вращения заготовки.

Верхний поворотный суппорт возможно устанавливать под разным углом к оси вращения заготовки. На поперечном суппорте *15* установлен четырехпозиционный резцедержатель *13*. Величина перемещения суппорта определяется с помощью *лимба*, который имеет вид цилиндрического барабана с делениями. Шкала делений лимба, т.е. величина перемещения суппорта при повороте рукояток ручной подачи *12, 14, 16* на одно деление, характеризует *точность станка.* К продольному суппорту крепят фартук *17*, который служит для размещения механизма передачи вращения от ходового вала и преобразования вращательного движения ходового вала в прямолинейное поступательное движение суппорта в продольном и поперечном направлениях.

При нарезании резьбы используется ходовой винт, для переключения которого существуют рукоятки *7, 8.* Для всех других видов токарной обработки используется ходовой вал.

Задняя бабка *18* размещается на правом конце станины и может перемещаться по ее направляющим. Она используется для закрепления заднего центра или режущего инструмента для обработки отверстий (сверла, зенкера, развертки).

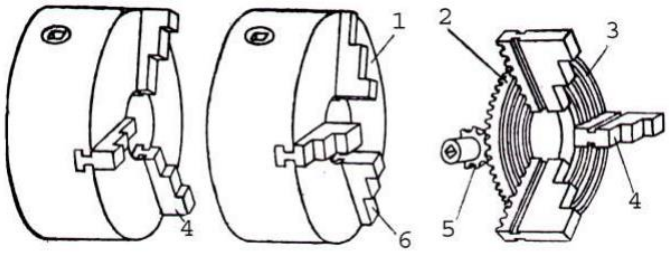
Для закрепления заготовки на токарно-винторезном станке и обеспечения ей вращательного движения чаще всего используют патроны, центры, планшайбы, люнеты и оправки.

Характер установки и закрепления заготовки зависит от типа станка, вида поверхности, которая обрабатывается, характеристик заготовки, отношения длины заготовки к ее диаметру и нужной точности обработки.

Патроны используют для закрепления заготовок при отношении длины к диаметру $L/d = 4$.

Наиболее распространены трехкулачковые самоцентрирующиеся патроны (рисунок 5.14) и четырехкулачковые патроны с кулачками, которые перемещаются индивидуально (несамоцентрирующийся).

Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон имеет пустотелый корпус *1*, внутри которого расположен диск *2*. С одной стороны диска нарезаны конические зубья, которые постоянно находятся в зацеплении с малыми коническими колесами *5*. В корпусе патрона прорезаны три радиальных паза, в которых размещаются кулачки *4*. На каждом кулачке имеется спиральная рейка, выступы которой входят в канавки диска *3*. Когда вращается колесо, вращаются диск и спираль, которая расположена на его торце и перемещает все три кулачка к оси патрона или от нее. При этом происходит одновременное центрирование и закрепление заготовки.



1 – корпус; 2, 5 – конические колеса; 3 – спиральная канавка;
4 – кулачок перевернутый; 6 – кулачок прямой

Рисунок 5.14. – Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон

Четырехкулачковый несамоцентрирующийся патрон имеет четыре кулачка. Каждый кулачок с помощью нарезного соединения может перемещаться независимо от других в радиальном направлении, поэтому в таком патроне закрепляются заготовки разной формы.

Резец закрепляют в четырехпозиционном поворотном резцедержателе. Необходимо устанавливать резец по высоте так, чтобы вершина его совпадала с осью центров передней и задней бабки (рисунок 5.15).

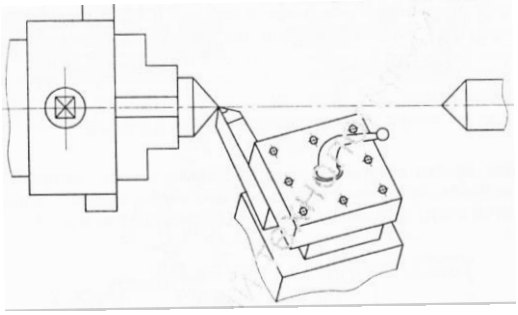


Рисунок 5.15. – Схема установления резца
по оси центров станка

Вылет резца при закреплении должен быть минимальным, который обеспечивал бы удобную и безопасную обработку (рисунок 5.16).

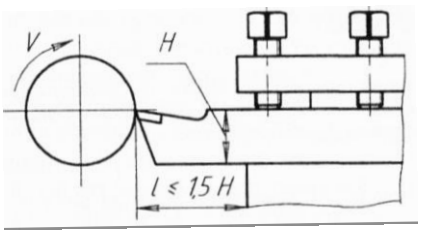


Рисунок 5.16. – Схема закрепления токарного резца

Чрезмерный вылет резца вызывает уменьшение жесткости и возникновение вибраций при обработке.

На токарно-винторезных станках выполняют такие виды работ, как:

– обтачивание наружных цилиндрических и конических поверхностей;
– растачивание внутренних цилиндрических и конических поверхностей;
– точение торцовых поверхностей;
– сверление, зенкерование и развертывание отверстий;
– нарезание наружной и внутренней резьбы;
– точение фасонных и сферических поверхностей;
– отрезание деталей и прорезание канавок разных профилей;
– обкатывание поверхностей.

Режимы резания в токарной обработке

Независимо от вида производимых работ перед началом обработки на токарном станке проводятся его наладка и настройка.

Настройкой станка называют установку необходимых режимов резания, элементами которых являются глубина резания t, подача S, частота вращения шпинделя n, скорость резания V.

Глубиной резания называется толщина слоя материала, который срезается за один рабочий ход. При наружном точении глубина резания определяется по формуле

$$t = (D - d)/2, \text{ мм}, \qquad (5.2)$$

где D – диаметр заготовки до обработки, мм; d – диаметр обработанной поверхности детали, мм.

Глубина резания назначается в зависимости от допусков на обработку с учетом требований к качеству поверхности.

Подача определяется исходя из необходимого качества обрабатываемой поверхност. Увеличение подачи увеличивает производительность, но при этом растут силы резания, мощность, которая тратится на резание, ухудшается качество поверхности.

Скорость резания – это скорость движения точки на поверхности заготовки относительно режущей кромки инструмента в направлении главного движения за единицу времени. Скорость резания вычисляют по формуле

$$V = \pi \cdot D \cdot n/1000, \text{ мм/мин}, \qquad (5.3)$$

где D – максимальный диаметр поверхности заготовки, которая обрабатывается, мм; n – частота вращения заготовки, об/мин.

Контрольные вопросы

1. Какие виды классификаций токарных резцов существуют?
2. Какие существуют типы резцов по технологическому назначению?
3. Для чего предназначены проходные прямые, отогнутые и упорные резцы, в чем их отличие?
4. Для чего используют расточные резцы?
5. Для чего предназначены фасонные резцы?
6. Какими резцами можно обработать торцевую поверхность?
7. Приведите классификацию движений при резании.
8. Назовите основные размерные характеристики токарных станков?
9. Какие виды работ можно производить на токарно-винторезном станке?
10. Назовите основные узлы токарно-винторезного станка.
11. Каково назначение передней и задней бабок, шпинделя, продольного и поперечного суппортов?
12. Что понимают под настройкой станка?
13. Что относится к режимам резания при токарной обработке? Дать определение каждому из них.

Практическая работа 6
ФРЕЗЕРНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Цель работы

Ознакомление с фрезерным методом механической обработки, технологическим, фрезерным оборудованием, основными типами фрез и режимами резания.

Оснащение работы

Плакаты, разнотипный фрезерный инструмент, вертикально-фрезерный и горизонтально-фрезерный станки.

Краткие теоретические сведения

Технологическое оборудование и устройства

Фрезерование – один из наиболее производительных и распространенных методов механической обработки резанием, при котором главное вращательное движение инструмента выполняет фреза, а поступательное движение подачи – заготовка. В отдельных случаях фреза может одновременно осуществлять кроме главного движения и движение подачи (например, на шпоночно-фрезерных станках). Также подачей может быть и вращательное движение заготовки вокруг оси вращающегося стола, или барабана (карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки).

Фрезерный метод обработки осуществляется на фрезерном оборудовании, наиболее распространенные типы которого – горизонтально- (рисунок 6.1) и вертикально-фрезерные (рисунок 6.2) станки.

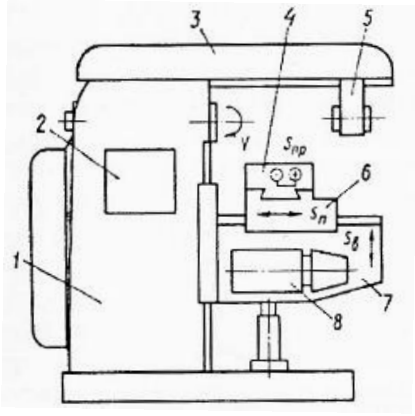
Основные узлы этих станков: станина, коробка скоростей, стол, салазки, консоль, коробка подач, шпиндель. Вертикально-фрезерные станки имеют шпиндельную головку, а горизонтально-фрезерные – хобот и подвеску.

У станины коробчатая форма. На ней закрепляются главные узлы и механизмы станка. Заготовка устанавливается и закрепляется на столе станка. Стол устанавливается на салазках, по направляющим которых он может двигаться, обеспечивая продольную подачу заготовки.

Салазки находятся на консоли и могут двигаться вместе со столом по ее направляющим, обеспечивая поперечную подачу заготовки.

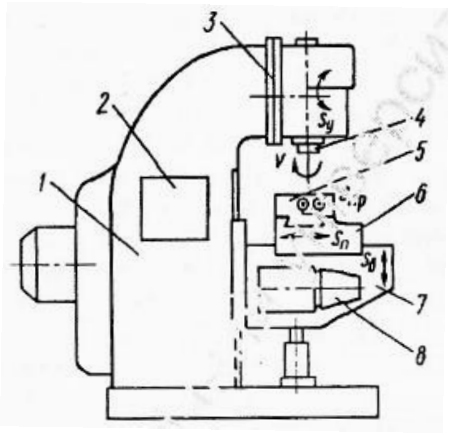
Консоль монтируется на станине и может двигаться по ее направляющим вместе с салазками и столом, обеспечивая вертикальную подачу

заготовки. В консоли размещенная коробка подач вместе с электродвигателем привода подачи. С помощью ее устанавливают нужные продольную, поперечную и вертикальную подачи стола.



1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – хобот; 4 – стол; 5 – подвеска; 6 – салазки; 7 – консоль; 8 – коробка подач

Рисунок 6.1. – Горизонтально-фрезерный станок



1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – шпиндельная головка; 4 – шпиндель; 5 – стол; 6 – салазки; 7 – консоль; 8 – коробка подач

Рисунок 6.2. – Вертикально-фрезерный станок

Коробка скоростей вместе с электродвигателем расположена в станине и предназначена для установки нужной частоты вращения шпинделя станка, обеспечивая необходимую скорость резания.

Шпиндель у вертикально-фрезерных станков имеет вертикальное расположение, а в горизонтально-фрезерных – горизонтальное. Он представляет собой вал со сквозным отверстием и служит для предоставления режущему инструменту – вращательного движения.

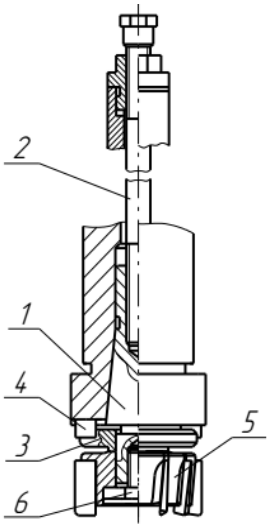
Шпиндельная головка вертикально-фрезерного станка позволяет изменять положение оси шпинделя от перпендикулярного относительно рабочей поверхности стола к наклонному в пределах ±45° вправо или влево. Это дает возможность обрабатывать поверхности, расположенные не под прямым углом. Хобот у горизонтально-фрезерных станков монтируется на станине. Он предназначен для закрепления подвески, поддерживающей оправку, на которой устанавливается фреза.

Для закрепления заготовок на столе фрезерных станков используют два способа: непосредственно на рабочей поверхности стола и в станочном приспособлении. Первый способ применим в условиях единичного или мелкосерийного производства и при обработке больших по размеру заготовок. Закрепляют заготовку с помощью прихватов. При втором способе заготовку зажимают или в универсальном приспособлении, например, в станочных тисках в условиях мелкосерийного производства, или в специальном приспособлении, предназначенном для установки заготовок определенной формы и размеров. Использование специального станочного приспособления позволяет минимизировать время на установку заготовки, однако изготовление такого устройства требует дополнительных финансовых затрат. Этим объясняется применение таких приспособлений только при обработке больших партий заготовок в средне-, крупносерийном и массовом типах производства.

Для установки режущего инструмента на вертикально-фрезерных станках используют пять основных способов: на оправке с переходным фланцем; на оправке со шпонкой; с помощью переходной втулки; непосредственно в шпинделе и в цанговом патроне.

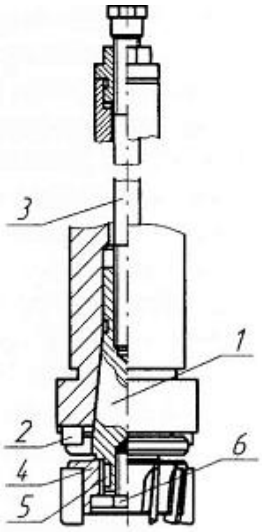
Установку фрезы на оправке с переходным фланцем используют при работе с фрезами, имеющими пазы на базовом торце. При этом способе в конусе шпинделя (рисунок 6.3) устанавливают оправку *1* и затягивают ее шомполом *2*. На оправку *1* устанавливают переходный фланец *3* так, чтобы в его пазы вошли шпонки *4*, закрепленные на шпинделе. После этого, придерживая фланец, на оправку *1* устанавливают фрезу *5* так, чтобы выступы фланца вошли в пазы на базовой торцовой поверхности фрезы. Фрезу с фланцем затягивают винтом *6*.

Закрепления фрезы на оправке с шпонкой используют при работе с фрезами, имеющими шпоночную канавку в базовом отверстии. При этом способе в конус шпинделя устанавливают оправку *1* (рисунок 6.4) так, чтобы в пазы ее фланца вошли шпонки *2* шпинделя и затягивают шомполом *3*.



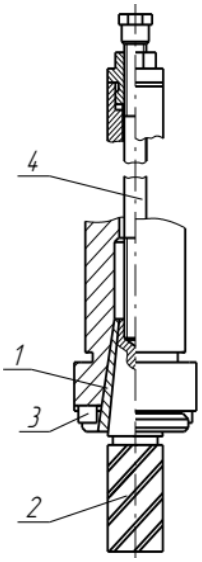
1 – оправка; 2 – шомпол; 3 – переходной фланец;
4 – шпонка; 5 – фреза; 6 – винт

Рисунок 6.3. – Схема закрепления фрезы на оправке
с переходным фланцем



1 – оправка; 2 – шпонка; 3 – шомпол;
4 – фреза; 5 – шпонка; 6 – винт

Рисунок 6.4. – Схема закрепления фрезы на оправке
со шпонкой



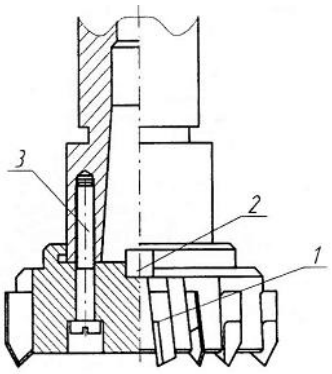
1 – переходная втулка; 2 – фреза; 3 – шпонка;
4 – шомпол

Рисунок 6.5. – Схема закрепления фрезы
с помощью переходной втулки

На цилиндрическую шейку оправки устанавливают фрезу *4* так, чтобы шпоночный паз в ее базовом отверстии совпал с шпонкой *5* на оправке. После этого фрезу затягивают винтом *6*.

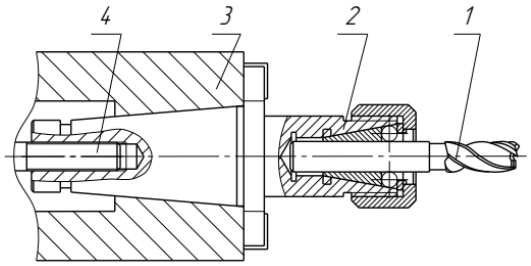
С помощью переходной втулки закрепляют фрезы, имеющие хвостовик с конусом Морзе, не совпадающий по типу или по размерам с внутренним конусом отверстия в шпинделе станка. При том способе в переходную втулку *1* (см. рисунок 6.5) устанавливают фрезу *2*, конус хвостовика которой по размеру соответствует внутреннему конусу втулки. Переходную втулку вместе с фрезой устанавливают в шпиндель так, чтобы пазы на фланце переходной втулки совпали с шпонками *3* шпинделя. После чего фрезу затягивают шомполом *4*.

Непосредственно на шпинделе закрепляют фрезы большого диаметра, имеющие на базовом торце цилиндрическую выточку, паз под шпонку и четыре отверстия под винты. При этом способе фреза *1* цилиндрической выточкой устанавливается непосредственно на шпиндель так, чтобы пазы на торце фрезы совпадали со шпонками *2* шпинделя. После этого фреза затягивается четырьмя винтами (рисунок 6.6).



1 – фреза; 2 – шпонка; 3 - винт

Рисунок 6.6. – Схема закрепления фрезы
непосредственно на шпинделе

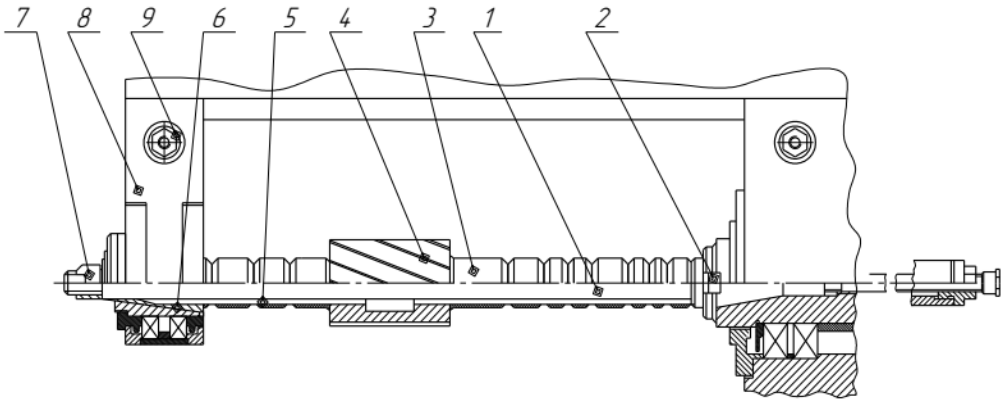


1– фреза; 2 – цанговый патрон; 3 – шпиндель; 4 – шомпол

Рисунок 6.7. – Схема закрепления фрезы
в цанговом патроне

Цанговый патрон используют для закрепления фрез с цилиндрическим хвостовиком (см. рисунок 6.7).

Для установки режущего инструмента на горизонтально-фрезерных станках используют шесть способов. Пять – аналогичные способам установки режущего инструмента на вертикально-фрезерных станках. Схема закрепления шестым способом приведена на рисунке 6.8.



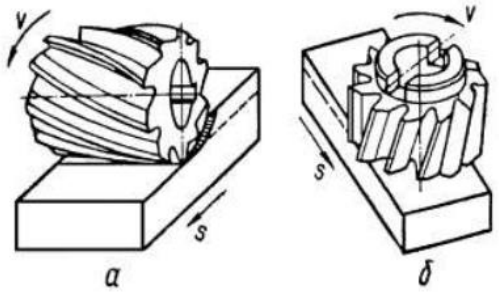
1 – оправка; 2 – шпонка на шпинделе; 3 – дистанционное кольцо; 4 – фреза; 5 – шпонка; 6 – конусная втулка; 7 – гайка; 8 – подвеска; 9 – гайка

Рисунок 6.8. – Схема закрепления фрезы на горизонтально-фрезерном станке

При этом способе фрезерную оправку *1* устанавливают в шпинделе станка так, чтобы пазы на ее фланце совпадали с шпонками *2* шпинделя. На оправку *1* устанавливают дистанционные кольца *3* и на необходимом расстоянии от торца шпинделя фрезу *4*, соединяя шпоночный паз в ее отверстии со шпонкой. После этого на оправку снова устанавливают ряд колец и конусную втулку *6*. Набор колец с фрезой и конусной втулкой затягивают на оправке гайкой *7*. После этого на конусную втулку надвигают до упора подвеску *8* и закрепляют ее на хоботе гайкой *9*.

На фрезерных станках обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные поверхности, фасонные поверхности, уступы и пазы разного профиля. Особенность процесса фрезерования – прерывистое резание каждым зубом фрезы. Зуб фрезы находится в контакте с заготовкой и выполняет работу резания только на некоторой части оборота, а потом продолжает движение, не касаясь заготовки, до следующего врезания. На рисунке 6.9 показаны схемы фрезерования плоскости цилиндрической и торцовой фрезой. При цилиндрическом фрезеровании плоскости работу выполняют зубья,

расположенные на цилиндрической поверхности фрезы. При торцовом фрезеровании плоскостей в работе участвуют зубья, которые расположены на цилиндрической и торцовой поверхности фрезы.



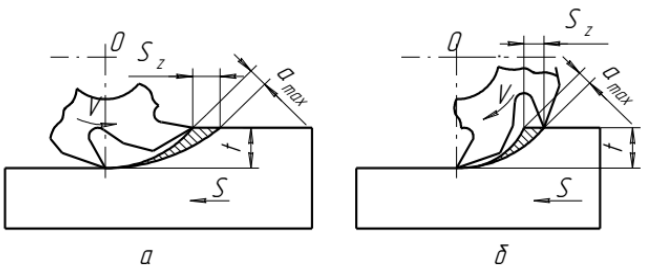
а – цилиндрическое фрезерование; *б* – торцовое фрезерование

Рисунок 6.9. – Схемы фрезерования плоскости

В зависимости от направления вращения фрезы и направления подачи заготовки различают *встречное* и *попутное* фрезерование (рисунок 6.10).

При встречном фрезеровании (рисунок 6.10, *а*) векторы движения фрезы и заготовки в зоне резания направлены в противоположные стороны, а при попутном (рисунок 6.10, *б*) совпадают.

При встречном фрезеровании толщина слоя материала, срезаемого зубом фрезы, изменяется от 0 до максимальной величины a_{max}. Постепенное увеличение толщины слоя способствует плавной работе фрезы, но прежде чем врезаться в обрабатываемый материал, зуб фрезы некоторое время скользит по поверхности резания, упрочненной в результате пластических деформаций при врезании предыдущим зубом. Это приводит к нагреванию и интенсивному изнашиванию фрезы. Силы, возникающие при встречном фрезеровании, пытаются сместить заготовку от занятого при закреплении положения и это вызывает вибрации и увеличение шероховатости обрабатываемой поверхности.



а – встречное фрезерование; *б* – попутное фрезерование

Рисунок 6.10. – Схемы фрезерования плоскостей

Преимуществом встречного фрезерования является работа зубьев фрезы «из-под корки», т.е. зуб фрезы подходит к более твердому поверхностному слою снизу и частично скалывает его. Это уменьшает интенсивность изнашивания фрезы. В связи с этим встречное фрезерование целесообразно использовать при черновой обработке заготовок, имеющих твердую поверхностную корку, полученную литьем или обработкой давлением.

При попутном фрезеровании толщина слоя материала, что срезается, изменяется от amax до 0. Исключается начальное скольжение зуба. Возникающие силы резания пытаются прижать обрабатываемую заготовку к столу станка. Снижаются, по сравнению со встречным фрезерованием, вибрации, повышается жесткость системы СПИД. Все это способствует уменьшению жесткости обрабатываемой поверхности. Способ целесообразно использовать при обработке по литейной корке или окалине, поскольку при врезании в корку большей твердости (в сравнении с основным материалом) зуб фрезы сильно изнашивается из-за врезания с ударом. В связи с этим попутное фрезерование целесообразно использовать при чистовой обработке.

Элементами режимов резания при фрезеровании является глубина резания *t* подача *S*, скорость резания *V* и ширина фрезерования *B* (рисунок 6.11).

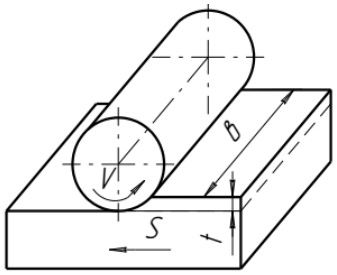


Рисунок 6.11. – Элементы режимов резания
при фрезеровании цилиндрической фрезой

Глубина резания t, мм – это толщина слоя металла, который снимается за один рабочий ход фрезы, измеренная перпендикулярно поверхности, которая обрабатывается.

Подача – это поступательное перемещение заготовки относительно фрезы. При фрезеровании различают три разновидности подачи:

S_z, мм/зуб – подача на один зуб фрезы – перемещение заготовки относительно фрезы за время ее углового поворота на один зуб;

S_o, мм/об – подача на один оборот фрезы – перемещение заготовки, относительно фрезы за один ее оборот;

$S_{мин}$, мм/мин – минутная подача – перемещение заготовки относительно фрезы за минуту.

Эти подачи связаны между собой зависимостью

$$S_{мин} = S_o \cdot n = S_z \cdot Z \cdot n, \text{ мм/мин}, \quad (6.1)$$

где Z – число зубцов фрезы; n – число оборотов шпинделя станка, об/мин.

Скорость резания V – это круговая скорость наиболее удаленной от оси вращения точки резательной кромки фрезы. Скорость резания определяется по формуле

$$V = \pi \cdot D_ф \cdot n / 1000, \text{ м/мин}, \quad (6.2)$$

где $D_ф$ – диаметр фрезы, мм.

Ширина фрезерования B, мм – это длина поверхности контакта фрезы с заготовкой, измеренная в направлении, перпендикулярном направлению подачи.

Перед обработкой поверхности на фрезерном станке необходимо выбрать и установить фрезу, закрепить заготовку, установить частоту вращения шпинделя, величину подачи и глубину резания.

Тип фрезы выбирается в зависимости от формы обрабатываемой поверхности. Материал режущей части фрезы – в зависимости от материала обрабатываемой заготовки, вида обработки (черновая, чистовая, тонкая), условий обработки. Заготовка устанавливается на столе станка или в приспособлении и надежно зажимается так, чтобы она не сместилась во время фрезерования.

Частоту вращения шпинделя устанавливают в зависимости от вида обработки, типа фрезы и материала ее режущей части и материала заготовки за счет различных передаточных соотношений пар зубчатых колес коробки скоростей.

Величину подачи устанавливают в зависимости от вида обработки, типа фрезы и материала заготовки путем выбора соответствующих положений зубчатых колес коробки подач.

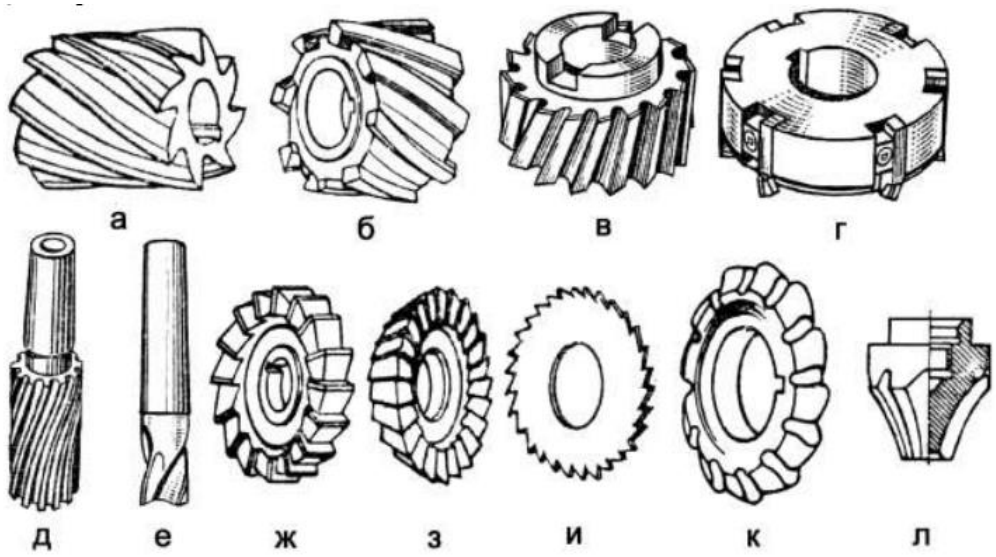
Глубину резания устанавливают при включенном вращении шпинделя. Для этого с помощью перемещений стола заготовку подводят до контакта с фрезой. После этого, не изменяя положения заготовки в направлении глубины резания, отводят ее вместе с со столом от фрезы в направлении подачи и перемещением стола в вертикальном направлении устанавливают необходимую глубину резания с помощью соответствующего лимба.

Для обработки поверхности необходимо подвести заготовку к фрезе на расстояние 5–10 мм и включить механическую подачу. После окончания фрезерования необходимо выключить подачу, переместить стол в исходное положение и выключить вращение шпинделя.

Основные фрезерные инструменты

Фреза – многолезвийный режущий инструмент, зубья которого последовательно вступают в контакт с обрабатываемой поверхностью. В зависимости от назначения и вида поверхностей для фрезерования применяют фрезы разных конструкций, типов, с разным материалом режущей кромки.

По технологическому назначению различают следующие типы фрез (рисунок 6.12): цилиндрические, торцовые, концевые, шпоночные, дисковые, угловые, отрезные, фасонные, модульные.



а, *б* – цилиндрические; *в* – торцовая сплошная; *г* – торцовая сборная; *д* – концевая; *е* – шпоночная; *ж* – дисковая; *з* – угловая; *и* – отрезная; *к* – дисковая модульная; *л* – концевая модульная

Рисунок 6.12. – Основные типы фрез

Цилиндрические фрезы (см. рисунок 6.12, *а*, *б*) предназначены для обработки плоских поверхностей на горизонтально-фрезерных станках. Эти фрезы имеют зубья только на цилиндрической поверхности и могут быть с прямыми или винтовыми режущими лезвиями. Как правило, цилиндрические фрезы имеют винтовые остроконечные зубья, что облегчает процесс врезания фрезы в обрабатываемый материал, поскольку зубья врезаются и выходят из зоны контакта не одновременно по всей ширине, а постепенно.

Торцовые фрезы (см. рисунок 6.12, *в*, *г*) предназначены для обработки широких горизонтальных и наклонных плоскостей на вертикально-фрезерных станках и вертикальных плоскостей на горизонтально-фрезерных станках. Они имеют зубья на торце и на боковой поверхности. Торцовые фрезы разделяют на насадные сплошные (см. рисунок 6.12, *в*) и со сборной конструкцией со вставными зубьями (рисунок 6.12, *г*). В торцовых фрезах сборной конструкции вставные зубья изготавливают из быстрорежущей стали или оснащают пластинами из твердых сплавов.

Концевые фрезы (см. рисунок 6.12, *д*) служат для обработки пазов, уступов, вертикальных и наклонных плоскостей на вертикально-фрезерных станках. Прямоугольные пазы и открытые шпоночные пазы фрезеруют также концевыми фрезами. Режущая часть концевых фрез изготавливается из быстрорежущей стали или с напаянными пластинами из твердых сплавов.

Фрезы шпоночные (см. рисунок 6.12, *е*) предназначены для обработки закрытых шпоночных пазов высокой точности на вертикально-фрезерных станках.

Дисковые фрезы (см. рисунок 6.12, *ж*) предназначены для фрезерования пазов, канавок, выемок, уступов. Применяются при отрезных и прорезных работах на горизонтально-фрезерных станках. Изготовляют их сплошными из быстрорежущей стали и со вставными зубьями из твердых сплавов. Дисковые фрезы бывают двух- и трехсторонние с режущими кромками на внешнем контуре и на одном или двух торцах. Дисковыми фрезами также обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках открытые шпоночные пазы.

Угловые фрезы (см. рисунок 6.12, *з*) предназначены для обработки наклонных плоскостей и скосов.

Отрезные и шлицевые фрезы (см. рисунок 6.12, *и*) – дисковые фрезы малой толщины предназначены для разрезания материалов и прорезания узких канавок, например, в головках винтов.

Фасонные фрезы (рисунок 6.12, *к*) и модульные фрезы (рисунок 6.12, *л*) применяют для обработок поверхностей сложной формы. Контур режущей кромки зуба должен отвечать профилю обрабатываемой поверхности. Изготовляют фасонные фрезы из быстрорежущей стали.

По размеру зубьев различают фрезы с мелкими (для чистовой обработки) и крупными (для чернового фрезерования) зубьями.

По конструкции фрезы бывают цельными (см. рисунок 6.12, *а–в, д–л*) и сборными (см. рисунок 6.12, *г*). Цельные фрезы изготовляют преимущественно из быстрорежущей стали. Фрезы сборной конструкции оснащены

вставными зубьями из твердосплавных пластинок, а корпус таких фрез делают из конструкционной стали. Пластины у сборных фрез закрепляют в корпусе пайкой или механически.

В зависимости от *способа крепления фрезы* на станке различают фрезы насадные (см. рисунок 6.12, *а–г, ж-к*) с отверстием, закрепляемые на оправке, и фрезы концевые (рисунок 6.12, *д*, *е*) с коническим или цилиндрическим хвостовиком, вставляемым или непосредственно в отверстие шпинделя станка, или с использованием переходной втулки, если размеры хвостовика фрезы и отверстия в шпинделе отличаются.

Фрезы имеют разные геометрические параметры в зависимости от конструкции и назначения.

Контрольные вопросы

1. Как конструктивно классифицируются фрезерные станки?
2. Какие основные узлы имеют фрезерные станки?
3. Каковы отличия между горизонтально и вертикально-фрезерными-станками?
4. Как устанавливается и закрепляется заготовка на фрезерных станках?
5. Какие существуют способы установки режущих инструментов на фрезерных станках?
6. Проанализируйте возможные способы установки торцовых фрез.
7. Для чего и для каких фрез используют при закреплении переходную втулку?
8. Какие поверхности можно обрабатывать на фрезерных станках?
9. Какие движения присутствуют в процессе фрезерования?
10. Какие схемы фрезерования различают в зависимости от направлений движения фрезы и заготовки?
11. Когда целесообразно применять встречное фрезерование, когда попутное?
12. Какие элементы определяют режимы резания при фрезеровании?
13. Как устанавливается на фрезерном станке частота вращения шпинделя и глубина резания?
14. Что такое фреза? Ее особенности как режущего инструмента.
15. Какие существуют типы фрез?
16. Какие существуют классификации фрез?

17. Для чего предназначены цилиндрические фрезы?

18. С какой целью у цилиндрических фрез зуб имеет винтовой профиль?

19. Для чего предназначены торцовые фрезы? Их конструктивные особенности.

20. Когда используют торцовые фрезы, а когда цилиндрические?

21. Для чего предназначены концевые и шпоночные фрезы?

22. Приведите примеры применения отрезных фрез.

23. Какие поверхности обрабатывают угловыми фрезами?

Практическая работа 7
СВЕРЛИЛЬНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Цель работы

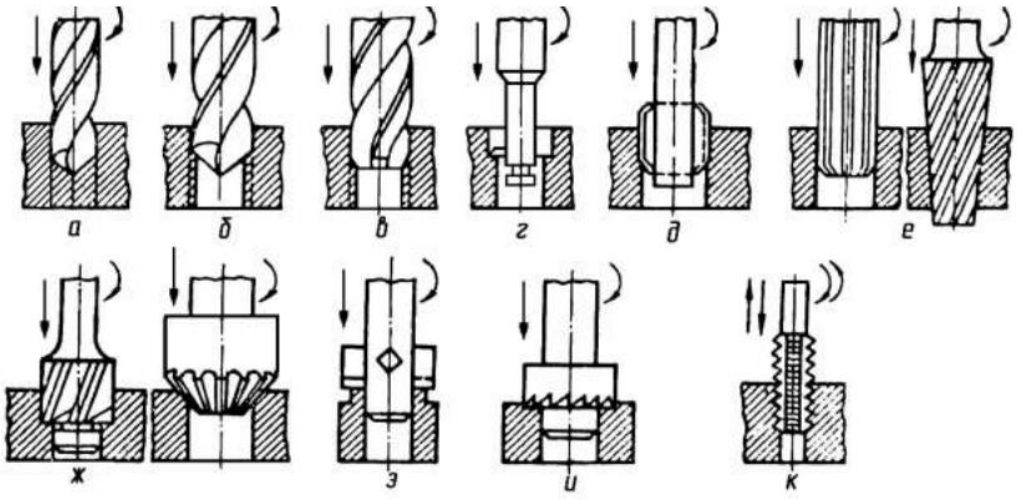
Ознакомление со сверлильным методом обработки, оборудованием, режущим инструментом, приспособлениями для закрепления, режимами резания, устройством и технологическими возможностями вертикально-сверлильного станка.

Оснащение работы

Вертикально-сверлильный станок, плакаты, разнотипный инструмент для обработки отверстий, машинные тиски, вспомогательный инструмент, штангенциркуль, заготовки.

Краткие теоретические сведения

В автомобильной промышленности для обработки отверстий методом сверления наиболее широко используют сверлильное оборудование и группа вертикально-сверлильных станков, на которых выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, развертывание, зенкерование, зенкование, цекование, нарезание резьб и обработку сложных отверстий (рисунок 7.1).



а – сверление; *б* – рассверливание; *в* – зенкерование; *г, д* – растачивание; *е* – развертывание; *ж* – зенкование; *з, и* – цекование; *к* – нарезание резьбы

Рисунок 7.1. – Схемы обработки поверхностей на вертикально-сверлильном станке

Сверление (см. рисунок 7.1, *а*) – один из распространенных способов получения отверстий в сплошном материале с помощью режущего инструмента (РИ) сверла.

Рассверливание (см. рисунок 7.1, *б*) – процесс увеличения диаметра отверстия сверлом большего диаметра.

Зенкерование (см. рисунок 7.1, *в*) – обработка предварительно полученных отверстий для придания им правильной геометрической формы, повышения точности и снижения шероховатости.

Растачивание (см. рисунок 7.1, *г, д*) – обработка отверстий резцами или пластинами, закрепленными на оправке (борштанге), с целью получения более точной формы, расположения, размеров, меньшей шероховатости.

Развертывание (см. рисунок 7.1, *е*) – окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой (как правило после зенкерования), с целью получения высокой точности и малой шероховатости обработанной поверхности.

Зенкование (см. рисунок 7.1, *ж*) – образование цилиндрических или конических углублений в предварительно обработанных отверстиях под головки болтов, винтов или других деталей с помощью цилиндрических и конических зенкеров (зенковок).

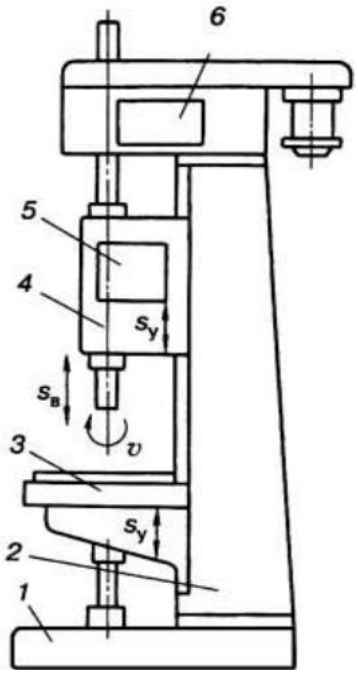
Цекование (см. рисунок 7.1, *з, и*) – обработка торцевых поверхностей под гайки, шайбы и кольца торцевыми зенкерами или цековками.

Нарезание резьбы (см. рисунок 7.1, *к*) – получение во внутренней цилиндрической поверхности с помощью метчика винтовой канавки.

При обработке поверхностей на вертикально-сверлильных станках заготовка остается неподвижной, а режущий инструмент вращается вокруг своей оси и двигается поступательно вдоль нее. Вращение инструмента является главным движением, а поступательное движение – движением подачи.

При такой схеме сверления ось отверстия может отклониться в сторону, поскольку сверло не обладает достаточной радиальной жесткостью. В связи с этим при обработке глубоких отверстий ($l/d > 5$) такую схему обработки не рекомендуют.

Вертикально-сверлильный станок (рисунок 7.2) состоит из фундаментной плиты *1*, станины *2*, коробки скоростей *6* со шпинделем, коробки подач *5*, расположенной в сверлильной головке *4*, и стола *3*, на котором непосредственно или в станочном приспособлении устанавливается обрабатываемая заготовка.



1 – фундаментная плита; 2 – станина; 3 – стол; 4 – сверлильная головка; 5 – коробка подач; 6 – коробка скоростей со шпинделем

Рисунок 7.2. – Общий вид вертикально-сверлильного станка

Перед обработкой заготовки стол устанавливают на требуемой высоте. В процессе обработки он остается неподвижным. В коническое отверстие шпинделя устанавливается вспомогательный инструмент. Шпиндель может вращаться и двигаться поступательно в вертикальном направлении. Нужную частоту вращения шпинделя устанавливают с помощью коробки скоростей, а скорость поступательного движения – с помощью коробки подач, соединяющих шпиндель с электрическим двигателем. Основной характеристикой сверлильных станков является диаметр наибольшего отверстия, которое можно обработать в стали средней жесткости.

На вертикально-сверлильных станках режущий инструмент закрепляют следующими способами (рисунок 7.3):

– непосредственно в шпинделе;
– в шпинделе через переходную втулку;
– в сверлильных патронах.

Режущий инструмент с коническим хвостовиком закрепляют или непосредственно в коническом отверстии шпинделя (рисунок 7.3, *а*), когда размер конуса шпинделя и инструмента совпадают, или используют переходные втулки (рисунок 7.3, *б*), если параметры конуса инструмента меньше размеров конуса шпинделя.

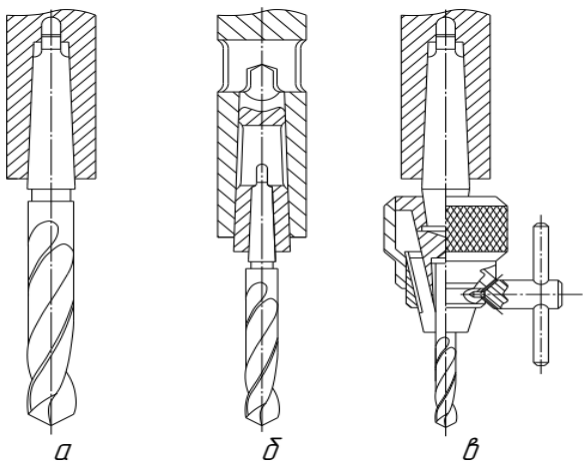


Рисунок 7.3. – Схемы закрепления режущего инструмента на сверлильном станке

Инструменты с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в трехкулачковых сверлильных или цанговых патронах (см. рисунок 7.3, *в*).

При обработке отверстий за одну операцию последовательно несколькими инструментами используют быстросменные патроны, позволяющие снимать и устанавливать инструменты без остановки вращения шпинделя. Это значительно сокращает время выполнения операции.

При нарезании резьбы используют специальные предохранительные патроны, которые в случае перегрузки срабатывают, и метчик останавливается.

Для зажима заготовок на вертикально-сверлильных станках используют два способа: непосредственно на рабочей поверхности стола и в станочном устройстве. Первый способ используют в условиях единичного и мелкосерийного производства, когда нецелесообразно зажимать заготовку в специальном станочном устройстве из-за необходимости его изготовления. При этом заготовку зажимают с помощью универсальных зажимных элементов (прижимных планок, прихватов и др.). Также непосредственно на рабочей поверхности стола устанавливают заготовки большие по размерам и по массе, когда усилия, возникающие при резании, незначительны и не нарушают положения заготовки. При втором способе заготовку зажимают в универсальном (машинные тиски, призмы) или специальном станочном приспособлении, который предназначен для зажима заготовок определенной формы и размеров. Закрепление в специальном станочном устройстве обычно осуществляется в условиях серийного и массового производства.

Для сверления нескольких отверстий, точно расположенных в заготовке, используют специальное устройство – кондуктор. Основными элементами кондуктора является планка или плита и направляющая кондукторная втулка (рисунок 7.4).

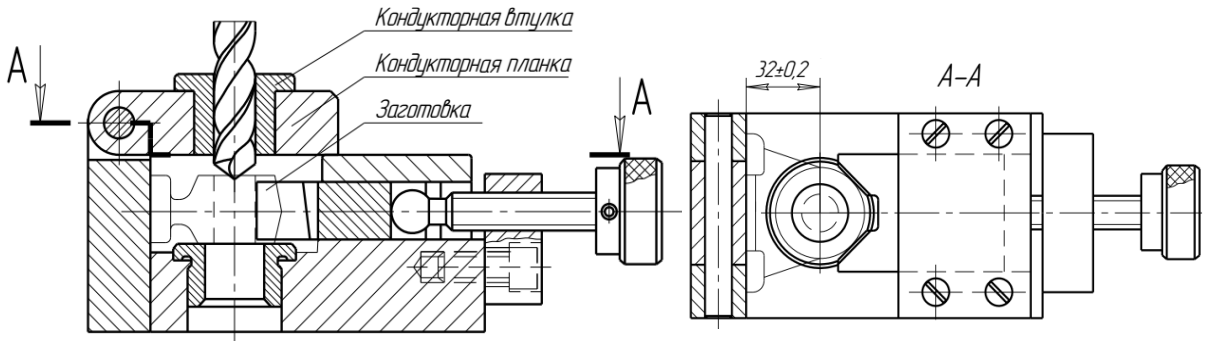


Рисунок 7.4. – Схема специального станочного устройства с кондуктором

Направляющие втулки обеспечивают в процессе обработки определенное положение режущего инструмента относительно заготовки, закрепленной в специальном устройстве, и предотвращают износ кондукторной плиты (планки) вследствие контакта с режущим инструментом. С применением кондукторов исчезает необходимость в разметке, поэтому они широко используются в массовом и серийном производстве.

К элементам режимов резания при сверлении, зенкеровании и развертывании относятся глубина резания, подача и скорость резания.

Глубина резания t при сверлении определяется по формуле

$$t = D/2, \text{ мм}, \quad (7.1)$$

где D – диаметр обрабатываемого отверстия, мм.

При рассверливании, зенкеровании и развертывании

$$t = (D - d)/2, \text{ мм}, \quad (7.2)$$

где D – диаметр отверстия после обработки, мм;

d – диаметр отверстия до обработки, мм.

Подача S (мм/об) при сверлении – это величина перемещения режущего инструмента вдоль его оси за один оборот. Величина подачи определяется по эмпирическим формулам или нормативам.

Скорость резания V при известной частоте вращения шпинделя определяется по формуле:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000, \text{ м/мин}, \quad (7.3)$$

где D – диаметр режущего инструмента, мм; n - частота вращения, об/мин.

При неизвестной частоте вращения шпинделя скорость резания определяется по эмпирическим формулам или нормативам.

Контрольные вопросы

1. Какие виды работ можно выполнять на вертикально-сверлильном станке?
2. Что является главным движением при сверлении, а что является движением подачи?
3. Из каких основных узлов состоит вертикально-сверлильный станок?
4. Какова основная характеристика сверлильных станков?
5. Существующие способы закрепления заготовки на сверлильном станке?
6. Проанализируйте способы закрепления заготовок на сверлильном станке в условиях разных типов производства.
7. Каковы преимущества быстросменного патрона?
8. Какие существуют схемы закрепления инструмента при обработке на сверлильном станке и когда они применяются?
9. Для чего используют кондуктор?
10. Как определяются режимы резания при сверлении?

Практическая работа 8
ШЛИФОВАЛЬНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Цель работы

Ознакомление со шлифовальным методом обработки, оборудованием, режущим инструментом, приспособлениями для закрепления, режимами резания, устройством и технологическими возможностями вертикально-сверлильного станка.

Оснащение работы

Плоскошлифовальный станок, плакаты, абразивный инструмент, вспомогательный инструмент, штангенциркуль, заготовки.

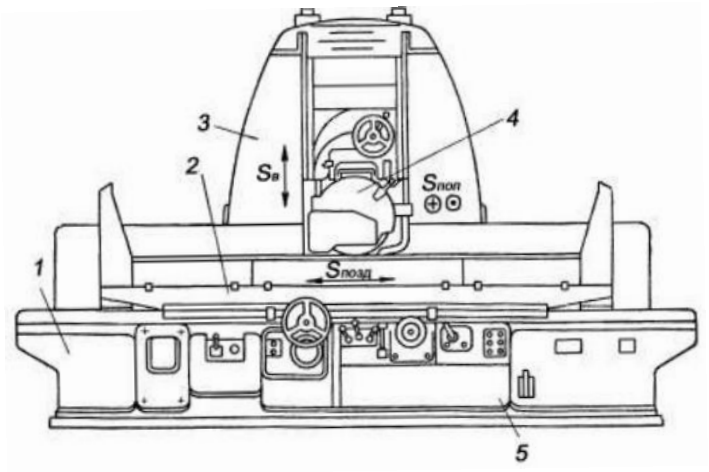
Краткие теоретические сведения

Шлифование – это процесс обработки заготовок резанием с помощью абразивного материала, режущими элементами которого являются абразивные зерна. Метод применяется как для черновой, так и для чистовой и отделочной обработки. При шлифовании главным движением является вращение режущего инструмента. Подача – перемещение заготовки.

В качестве режущего инструмента при обработке на шлифовальных станках используются абразивный инструмент в виде шлифовальных кругов. Абразивные зерна расположены в инструменте хаотично и удерживаются связующим материалом. При вращательном движении инструмента в зоне контакта с обрабатываемой заготовкой каждое абразивное зерно срезает материал в виде очень большого количества (до 100 в мин) тончайших стружек. Процесс резания при шлифовании может осуществляться на очень больших скоростях – от 30 м/с и выше. Обработанная поверхность представляет собой совокупность микроследов абразивных зерен и имеет низкую шероховатость (R_Z = 0,63...0,16 мкм). Для уменьшения температуры в процессе шлифования в зону обработки подается значительное количество СОЖ (смазывающе-охлаждающей жидкости).

Согласно выполняемой на шлифовальных станках работы различают их следующие типы: круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, специальные (шлицешлифовальные, резьбошлифовальные, зубошлифовальные и др.), заточные. Наиболее распространенными типами шлифовальных станков являются круглошлифовальные и плоскошлифовальные.

Главными узлами плоскошлифовального станка (рисунок 8.1) являются станина *1*, на которой размещены основные узлы и органы управления станком. Внутри станины размещается гидропривод *5*, который придает столу *2* возвратно-поступательное движение. Заготовки крепят либо непосредственно на столе, либо на установленной на нем магнитной плите. На станине установлена колонна *3*, по направляющим которой в горизонтальном и вертикальном направлениях (поперечная и вертикальная подачи) может перемещаться шлифовальная головка *4*, на которой установлен шлифовальный круг. Вертикальное перемещение шлифовальной головки, от которой зависит глубина резания, осуществляется вручную с помощью рукоятки. Поперечное перемещение шлифовальной головки и возвратное перемещение стола происходят обычно автоматически. Шлифовальный шпиндель с установленным на нем шлифовальным кругом получает вращательное движение от отдельно встроенного электродвигателя.



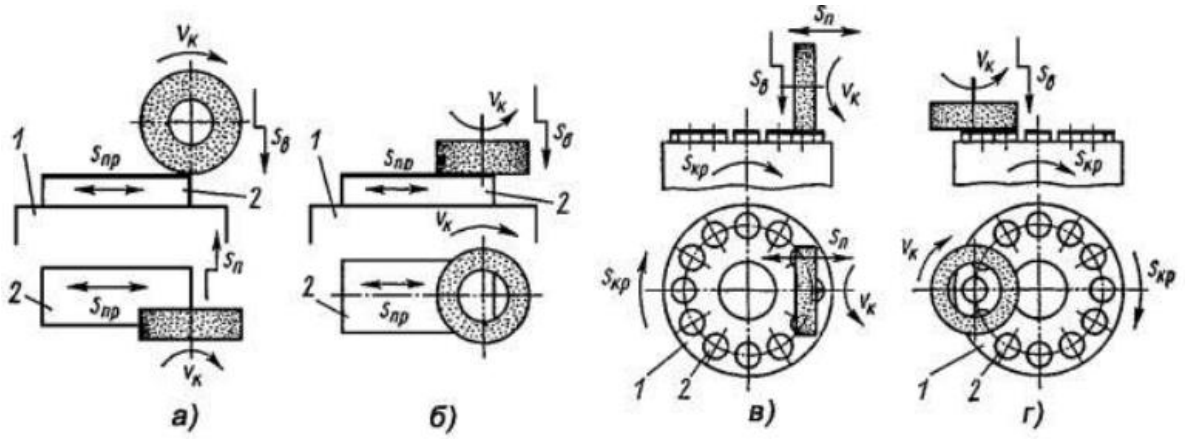
1 – станина; 2 – стол; 3 – колонна; 4 – шлифовальная головка; 5 – гидропривод

Рисунок 8.1. – Плоскошлифовальный станок

На плоскошлифовальных станках обрабатывают плоские и фасонные поверхности, уступы и пазы разного профиля. Плоское шлифование осуществляется периферией (рисунок 8.2, *а*, *в*) или торцом круга (рисунок 8.2, *б*, *г*). Заготовку *2* крепят на прямоугольном (рисунок 8.2, *а*, *б*) или круглом (рисунок 8.2, *в*, *г*) столе *1* с помощью магнитных плит, или в зажимных устройствах. Возможно закрепление одной или одновременно нескольких заготовок.

Шлифование торцом круга более продуктивно, так как одновременно в работе участвует большее количество абразивных зерен. Однако большая

площадь поверхности контакта круга с обрабатываемой заготовкой вызывает интенсивное выделение теплоты в процессе шлифования, что может приводить к возникновению деформаций и трещин в поверхностных слоях обрабатываемой детали.



а – периферией круга на прямоугольном столе; *б* – торцом круга на прямоугольном столе; в – периферией круга на круглом столе; *г* – торцом круга на круглом столе

Рисунок 8.2. – Схемы плоского шлифования

При шлифовании периферией круга поверхность контакта и количество зерен, которые одновременно режут, значительно меньше, поэтому снижаются производительность, теплообразование в зоне резания и деформации. Последнее особенно важно для получения высокой точности шлифования мало жестких и тонких деталей.

Станки, в которых шлифовка осуществляется периферией круга, более универсальны. На них обрабатывают плоские и фасонные поверхности, прямоугольные и профильные канавки, тонкостенные и труднообрабатываемые материалы, которые склонны к прижиганию. Поэтому способ шлифования периферией круга используют в единичном и мелкосерийном производствах. В массовом и серийном производствах этот способ используют в тех случаях, когда нельзя применить шлифование торцом: профильное шлифование, шлицешлифование, обработку труднообрабатываемых материалов.

Шлифование периферией круга производится на станках с прямоугольным или круглым столами. Наиболее универсальной является обработка на станках с прямоугольным столом, на котором преимущественно обрабатываются заготовки удлиненной формы, с уступами, пазами, канавками,

неустойчивые с недостаточной площадью базовой поверхности, детали, в которых нужно обработать фасонные поверхности. При обработке последних круг профилируется в процессе правки (заточки).

Поперечная подача $S_{поп}$ при обработке на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом необходима, если ширина круга меньше ширины заготовки, почти всегда производится в конце каждого одинарного продольного хода стола и определяется по формуле

$$S_{поп} = S_д B, \text{ мм/ход стола}, \quad (8.1)$$

где здесь и далее B – ширина круга, мм; $S_д$ – поперечная подача в долях ширины круга. При черновом шлифовании $S_д$ = (0,4÷0,7)В, при чистовом $S_д$ = (0,25÷0,35)В.

После прохождения по всей ширине обрабатываемой детали шлифование осуществляется с вертикальной подачей $S_{верт}$ на величину глубины шлифования t. Глубина шлифования при черновой обработке t = 0,015÷0,15 мм, а при чистовой t = 0,005÷0,015 мм.

Скорость резания при шлифовании равна круговой скорости точки на периферии шлифовального круга

$$V = \pi \cdot D_к \cdot n \,/\, 1000, \text{ м/мин}, \quad (8.2)$$

где $D_к$ – наружный диаметр шлифовального круга, мм; n – частота вращения шлифовального круга, об/мин.

С увеличением скорости резания износ шлифовального круга уменьшается вследствие уменьшения толщины стружки, приходящейся на каждое абразивное зерно. Однако прочность круга является фактором, ограничивающим скорость шлифования.

Скорость перемещения стола (продольная подача заготовки $S_{прод}$) при шлифовании зависит от марки шлифовального круга, поперечной подачи и глубины резания.

Основное технологическое время при плоском шлифовании определяется по формуле:

$$T_o = \frac{H \cdot l \cdot h}{1000 S_{прод} S_{поп} t} K, \quad (8.2)$$

где H – перемещение круга в направлении поперечной подачи, мм,

$$H = B_д + B + 5, \text{ мм}, \quad (8.4)$$

где $B_д$ – ширина обрабатываемой поверхности заготовки, мм; L – длина продольного хода стола,

$$L = l + (10 \div 15), \text{ мм}, \qquad (8.5)$$

где l – длина заготовки, мм; h – величина припуска, мм; $S_{прод}$ – продольная подача заготовки (скорость перемещения стола), мм/мин; K – коэффициент точности, для чернового шлифования K = 1,15÷1,35, для чистового K= 1,25÷1,5.

Станки с вращающимся круглым столом более производительны, чем с прямоугольным, вследствие сокращения времени на перебеги стола, а также за счет возможности повышения скорости перемещения стола. Круглый стол совершает вращательное движение в одном направлении, обеспечивая круговую подачу заготовки. Другие движения осуществляются по аналогии с движениями при шлифовании на прямоугольном столе.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит сущность метода шлифования?
2. Что используется в качестве режущего инструмента при шлифовании?
3. Назовите основные типы шлифовальных станков.
4. Какие основные узлы имеет плоскошлифовальный станок? Их назначение.
5. Какие виды работ можно производить на плоскошлифовальном станке?
6. Какие существуют схемы плоского шлифования?
7. В чем состоят преимущества и недостатки периферийного и торцевого шлифования?
8. Как устанавливается и закрепляется заготовка на шлифовальных станках?
9. Какие движения присутствуют в процессе шлифования и за счет чего они совершаются?
10. Какие элементы определяют режимы резания при плоском шлифовании?
11. От чего зависит основное технологическое время при шлифовании?

Практическая работа 9
ЗУБОДОЛБЕЖНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ОБОРУДОВАНИЕ

Цель работы

Ознакомление с зубодолбежным методом обработки, оборудованием, режущим инструментом, приспособлениями, режимами резания, устройством и технологическими возможностями зубодолбежного станка.

Оснащение работы

Вертикально-сверлильный станок, плакаты, чертеж нарезаемой шестерни, долбяк, набор сменных шестеренок гитары деления, вспомогательный инструмент, штангензубомер, заготовки.

Краткие теоретические сведения

Одним из путей получения зубчатых колес является зубодолбежный способ обработки. На зубодолбежных станках нарезают: цилиндрические зубчатые колеса наружного и внутреннего зацепления с прямыми и косыми зубьями; зубчатые муфты; зубчатые секторы и рейки; короткие шлицевые валы; храповые колеса; звездочки цепных передач и другие детали. На этих же станках можно обрабатывать шевронные колеса. Зубодолбление является единственным способом нарезания многих видов блочных зубчатых колес, зубчатых секторов специальных конструкций, колес внутреннего зацепления малых диаметров.

Зубья нарезаются круглыми долбяками методом обкатывания, который основан на воспроизведении в процессе обработки зацепления пары цилиндрических зубчатых колес. При этом одно из колес пары является режущим инструментом – долбяком, модуль которого равен модулю нарезаемого колеса.

Долбяк и зубчатое колесо непрерывно вращаются вокруг своих осей, совершая движения обкатывания. Повороту долбяка на один зуб должен соответствовать поворот на один зуб (круговая подача) нарезаемого колеса. Поэтому долбяк и обрабатываемая заготовка, находясь в зацеплении, вращаются со скоростями, обратно пропорциональными числам их зубьев:

$$n/n_д = z/z_д, \qquad (9.1)$$

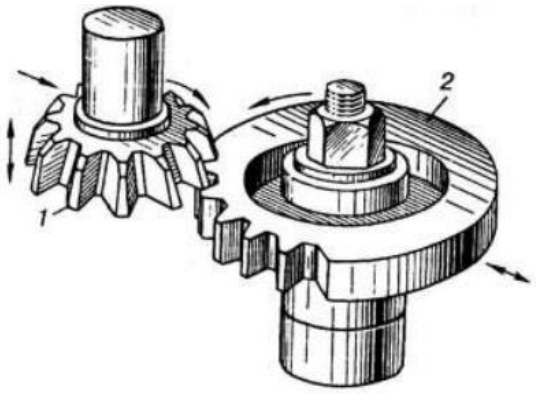
где здесь и далее n – число оборотов нарезаемого колеса, об/мин; $n_д$ – число оборотов долбяка, об/мин; $z_д$ – число зубов долбное; z – число зубьев нарезаемого колеса.

Для обеспечения такого взаимосвязанного вращения долбяк и заготовка соединяются кинематической цепью, передаточное отношение которой определяется по формуле

$$i_р = z_д/z. \qquad (9.2)$$

Для возможности нарезания зубчатых колес с разным числом зубов, а также применение долбяков с разным числом зубьев в кинематическую цепь, связывающей вращение долбяка и заготовки, введена гитара сменных шестерен.

Одновременно с вращательным долбяк совершает возвратно-поступательное главное движение (резания) параллельно оси заготовки. Заготовка имеет обратно – поступательное движение в горизонтальной плоскости, для отвода от долбяка перед каждым его холостым ходом. Направления основных движений долбяка и заготовки показаны на рисунке 9.1.



1 – долбяк; 2 – обрабатываемая заготовка

Рисунок 9.1. – Схема обработки на зубодолбежном станке

В начале обработки долбяк осуществляет движение врезания в центр заготовки (радиальная подача). После достижения необходимой глубины резания, соответствующей высоте обрабатываемых зубьев, врезание прекращается и продолжаются только движения нарезания и обкатывания.

Зубодолбежные станки работают по полуавтоматическому циклу. Если обработка ведется за один проход, то после окончания врезания обкатывание

продолжается до тех пор, пока заготовка не совершит один полный оборот, после чего обработка заканчивается и станок автоматически выключается. Обработка может проходить за один, два или три прохода. Число проходов определяется установкой соответствующего кулачка, управляющего врезанием. Резка производится при перемещении долбяка только в одну сторону – сверху вниз или наоборот. Движение в противоположную сторону холостое, при этом стол с заготовкой отходит от долбяка. Образование при этом зазора в 0,4–0,5 мм предотвращает износ режущих кромок долбяка и зубцов обрабатываемого колеса от повреждений. Перед началом рабочего хода заготовка возвращается в исходное положение.

В случае нарезания в два-три прохода после каждого предыдущего суппорт получает дополнительное перемещение к центру колеса, при этом каждый проход рассчитан на полный оборот колеса.

Схема образования эвольвентного профиля зуба колеса при огибании его режущим эвольвентным профилем показана на рисунке 9.2.

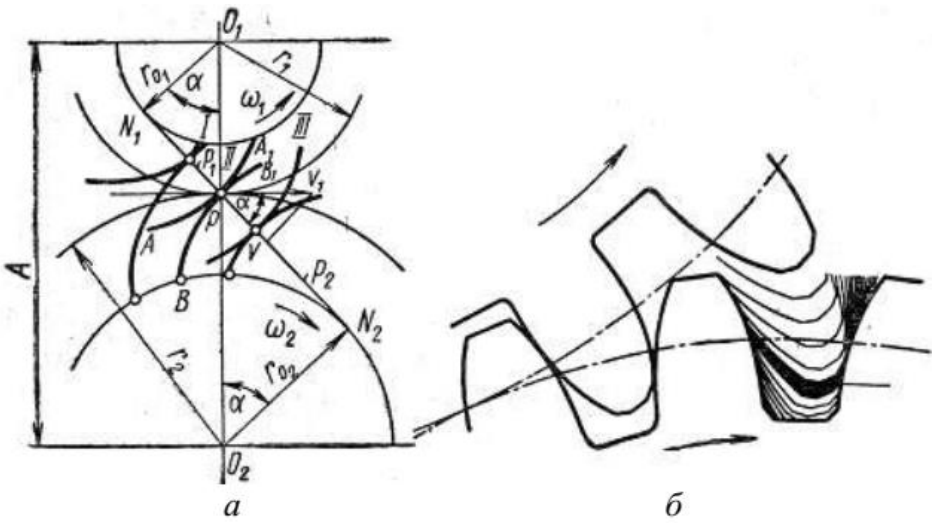


Рисунок 9.2. – Образование эвольвентного профиля при зубодолблении круглым долбяком

При согласованном вращении долбяка и заготовки, когда их начальные круги (радиусов r_1 и r_2) катятся друг по другу без скольжения, эвольвента AA_1, которая является режущей кромкой долбяка, вращаясь вокруг оси O_1 по стрелке ω_1 (см. рисунок 9.2, *а*), последовательно занимает положения I, II, III и т.д. Огибающая этих положений будет также эвольвентой BB_1, являющейся профилем нарезаемого зуба колеса. Каждое перемещение режущих кромок долбяка относительно заготовки связано с удалением определенного слоя металла из нарезаемой впадины колеса (см. рисунок 9.2, *б*).

В зависимости от положения оси обрабатываемого колеса зубодолбежные станки делят на вертикальные и горизонтальные.

В зависимости от конструкции различают:

а) станки, у которых радиальное врезание осуществляется перемещением суппорта с долбяком, а при холостом ходу заготовка отводится от РИ;

б) станки, у которых радиальное врезание осуществляется перемещением стола с заготовкой, а при холостом ходу долбяк отводится от заготовки.

Горизонтальные станки, как правило, работают двумя спаренными долбяками и предназначены для нарезания цилиндрических колес с шевронными зубьями без канавок.

Кинематическая точность зубообрабатывающих станков наряду с геометрической точностью является важным фактором, определяющим качество изготовления зубчатых колес.

При кинематическом профилировании зубов источником погрешностей, возникающих в процессе обработки, могут быть погрешности передаточных отношений кинематической цепи, обеспечивающей согласованные движения режущего инструмента и нарезаемого колеса. Эти погрешности возникают вследствие невозможности точного подбора числа зубьев зубчатых колес, входящих в кинематическую цепь, поскольку в машиностроении существует сравнительно узкий интервал чисел: минимальное число зубьев равно 20, а максимальное не превышает 125. Кроме того, число пар сменных шестерен, числа зубцов которых подбираются в соответствии с нужным передаточным отношением ip равно, как правило, двум. Все это ограничивает возможность подбора нужного числа зубьев колес кинематической цепи.

Еще больше возможности подбора сужаются по причине того, что набор сменных шестерен станка включает в себя далеко не все числа зубьев, которые находятся в пределах от min до max. Исходя из вышесказанного следует, что возникновение погрешностей кинематической цепи очень вероятно.

Для обеспечения нужной точности взаимосогласованного вращения долбяка и заготовки, за счет подбора зубчатых колес A, B, C, D гитары сменных шестерен, необходимо опираться на уравнение баланса цепи деления:

$$\frac{A}{B}\cdot\frac{C}{D}=\frac{z_{\partial}}{z}=i_{дел}, \qquad (9.3)$$

В результате некоторого несоответствия расчетного передаточного отношения i_p полученному $i_{дел}$ в результате подбора сменных шестерен гитары деления неизбежно возникает кинематическая погрешность, проявляющаяся в искривлении формы и размеров зуба нарезаемого колеса. Если $i_{дел} > i_p$, т.е. имеет место опережающее вращательное движение нарезаемого колеса, то это приведет к некоторому утончению последнего зуба в процессе формообразования. И наоборот, отставание нарезаемого колеса при обкатывании от долбяка неизбежно приведет к утолщению последнего зуба, поскольку именно на нем проявит себя накопленная суммарная погрешность окружного шага.

Для определения действительной толщины зуба по делительной окружности используют штангензубомер, продольные губки которого замеряют размер $t_д$, который должен равняться половине окружного шага, определяемого по формуле

$$t_T = \frac{\pi D_e}{z}, \text{ мм}, \qquad (9.4)$$

где t_T – толщина зуба по делительной окружности, мм; D_e – диаметр делительной окружности.

Если $D_e = mz$, то выражение (9.4) будет выглядеть как

$$t_T = \frac{\pi m}{2}, \text{ мм}, \qquad (9.5)$$

где m – модуль обрабатываемого колеса.

Выражение (9.5) является расчетной формулой для определения теоретической толщины зуба t_T, с которой сравнивается действительное значение толщины зуба $t_д$, полученное в результате измерения. Для осуществления измерения $t_д$ необходимо поперечную планку продольных губок установить на размер h_T, являющийся высотой головки зуба (рисунок 9.3).

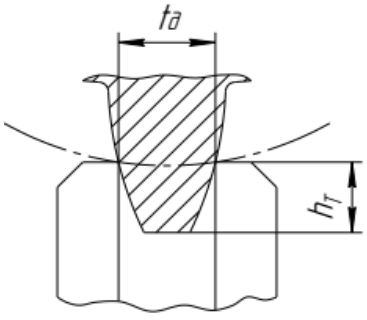
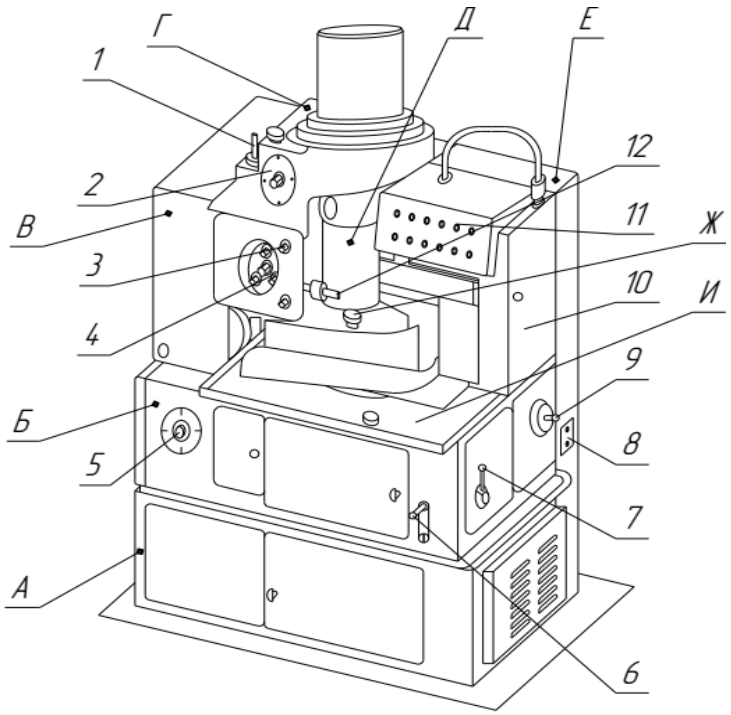


Рисунок 9.3. – Схема измерения толщины зуба

Известно, что у некорригируемых зубчатых колес высота головки зуба равна модулю нарезаемого колеса *m*.

Сравнивая величину отклонения действительной толщины зуба с допустимым значением по ГОСТ 1643-72 для данной степени точности зубчатого колеса, делается вывод о пригодности изготовленной детали или о необходимости последующей обработки зубьев.

Основные узлы и органы управления станка (модели 5М12) приведены на рисунке 9.4.



Основные узлы:
А – станина нижняя; *Б* –станина средняя; *В* – станина верхняя; *Г* – узел гидроперемещения суппорта; *Д* – суппорт; *Е* – шкаф электрооборудования; *Ж* – штоссель с инструментом, *И* – стол
Органы управления станком:
1 – органы регулировки глубины врезания; 2 – органы фиксации суппорта; 3 – органы перемещения суппорта; 4 – гайки фиксации суппорта; 5 – рукоятка переключения скоростей; 6 – рукоятка реверса стола; 7 – рукоятка управления гидрозажимом; 8 – вводный выключатель; 9 – органы ручного вращения; 10 – крышка гитары сменных колес; 11 – пульт управления; 12 – подача смазывающе-охлаждающей жидкости

Рисунок 9.4. – Схема зубодолбежного станка модели 5М12

Нижняя станина служит основой станка, в ней расположена насосная станция и гидроаппаратура. В средней станине расположена коробка скоростей. Верхняя станина монтируется на средней, она имеет направляющие,

по которым перемещается суппорт. В верхней части станины размещены гитара сменных шестерен, шатунный механизм возвратно-поступательного перемещения шпинделя долбяка и все органы управления движениями суппорта. Сзади верхней части станины расположен шкаф электрооборудования.

Наладка зубодолбежного станка состоит из следующих этапов:

– настройка его кинематических цепей в соответствии с параметрами долбящего и обрабатываемого колеса и принятыми режимами резания;

– установка долбяка, приспособления и заготовки нарезаемого колеса;

– установление нужных положений узлов станка и величин их рабочих ходов;

– обработку пробной детали и, при необходимости, корректировку отладки.

Режимы резания при зубодолблении круговая подача на двойной ход долбяка и скорость резания выбираются в зависимости от характера обработки (черновая, чистовая), размеров нарезаемого колеса, обрабатываемого материала и мощности станка.

Скорость резания (*V*) при зубодолблении, определяют по формуле

$$V = \frac{2L \cdot n_{дв}}{1000}, \text{ мм}, \qquad (9.6)$$

где L – длина хода долбяка, мм; $n_{дв}$ – число двойных ходов долбяка, дв. ход/мин.

Машинное время при зубодолблении определяют по формуле

$$T_м = \frac{h}{n_{дв} S_{рад}} + \frac{\pi \cdot z \cdot m}{n_{дв} S_{окр}} i, \text{ мм}, \qquad (9.7)$$

где h – глубина впадин между зубцами нарезаемого колеса, мм; $S_{рад}$ – радиальная подача, мм/дв. ход; $S_{окр}$ – окружная подача, мм/дв. ход; i – число проходов.

Контрольные вопросы

1. Какие виды работ выполняют на зубодолбежных станках?
2. В чем особенности обработки зубчатых колес методом обкатывания?

3. Какие движения в процессе обработки совершают заготовка и долбяк?

4. Как классифицируют зубодолбежные станки?

5. Назовите причины снижения кинематической точности зубодолбежных станков?

6. За счет чего достигается нужная точность взаимосогласованного вращения долбяка и заготовки?

7. Каковы причины искривления формы и размеров зуба нарезаемого колеса?

8. Каким устройством и как контролируется суммарная погрешность окружного шага зубчатого колеса?

9. Каковы основные узлы зубодолбежного станка?

10. Из каких этапов состоит наладка зубодолбежного станка?

11. От чего зависят режимы резания при зубодолблении?

12. От чего зависит и как уменьшить машинное время при зубодолблении?

Литература

1. Горбунов Б.И. Обработка материалов резанием, металлорежущий инструмент и станки. – М., Машиностроение, 1981. – 286 с.
2. Калашников С.Н., Калашников А.С. Зубчатые колеса и их изготовление. – М.: Машиностроение, 1983. – 264 с.
3. Маталин А.А. Технология механической обработки. – Л.: Машиностроение, 1977. – 464 с.
4. Мильштейн М.З. Нарезание зубчатых колес: учеб. пособие для подготовки рабочих. – М.: Высш. шк., 1972. – 272 с.
5. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
7. Технология конструкционных материалов: учеб. для машиностр. специальностей вузов / А.М. Дальский, И.А. Арутюнова, Т.М. Борсукова и др.; под общ. ред. А.М. Дальского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
8. Сапон С.П., Игнатенко П.Л. Технологические основы машиностроения: метод. указ. – Чернигов: ЧГТУ, 2009. – 109 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению курсового проекта
для студентов специальности
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Введение

Курс «Технология производства автомобилей» является нормативной учебной дисциплиной, составленной в соответствии с образовательно-профессиональной программой подготовки специалистов направления «Автомобильный транспорт».

Целью курсового проекта по данной дисциплине является усвоение студентами принципов разработки технологических процессов механической обработки деталей и сборки агрегатов автомобилей.

В процессе выполнения курсового проекта студент решает следующие задачи:

– ознакомление со структурой автомобильного основного производства как отраслью машиностроения;

– изучение основ достижения качества изготовления машин;

– изучение основ и принципов построения технологических процессов изготовления деталей автомобилей;

– ознакомление с процессами механической обработки и технологической оснасткой.

Данный курсовой проект базируется на приобретенных студентом знаниях по следующим дисциплинам: «Основы конструкции автомобилей»; «Начертательная геометрия»; «Техническое черчение и инженерная графика»; «Теоретическая механика»; «Автомобили»; «Автомобильные двигатели»; «Конструкционные материалы»; «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения»; «Детали машин»; «Основы конструирования машин»; «Технология производства и ремонта автомобилей».

1. Техническое задание и исходные данные

Техническое задание к выполнению курсового проекта (КП) заполняется студентом в соответствии с принятой формой (приложение А).

Исходными данными являются:

– сборочная единица (СЕ) и сборочный чертеж к ней (приложение В);

– деталь из сборочной единицы, для которой разрабатываться технологический процесс изготовления (приложение В);

– годовая программа выпуска деталей;

– коэффициент закрепления операций.

Чертеж детали и технические требования разрабатываются студентом лично в процессе выполнения КП. Номер чертежа сборочной единицы и номер детали (позиция на спецификации), годовая программа и коэффициент закрепления операций задаются в соответствии с таблицей 1 (приложение Б).

2. Структура и объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

2.1. Пояснительная записка

Пояснительная записка общим объемом 30–35 страниц должна содержать:

– титульный лист;

– лист задания;

– содержание;

– перечень использованной литературы;

– приложения.

Содержание пояснительной записки следующее:

Введение

1. Общий раздел.

1.1 Определение типа производства и его характеристика.

1.2 Служебное назначение сборочной единицы и детали.

1.2.1 Описание конструкции и служебное назначение сборочной единицы.

1.2.2 Служебное назначение детали.

1.2.3 Служебное назначение поверхностей детали.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали.

1.4 Выявление базирования детали в сборочной единице.

2. Технологический раздел.

2.1 Выбор исходной заготовки.

2.2 Разработка технологического процесса механической обработки.

2.2.1 Основные технологические задачи, которые решаются в процессе обработки детали.

2.2.2 Выбор методов и количества переходов обработки поверхностей.

2.2.3 Обоснование схем базирования при обработке поверхностей.

2.2.4 Выбор последовательности обработки поверхностей детали.

2.2.5 Разработка маршрута обработки.

2.2.6 Назначение припусков и межоперационных размеров.

2.2. Графическая часть

Графическая часть состоит из 3-х листов:

– сборочный чертеж узла (сборочной единицы), формат А3 (А2);
– чертеж готовой детали, формат А3 (А2);
– лист маршрута обработки «Операционные эскизы», формат А2 (А1).

3. Требования к оформлению курсового проекта

3.1. Оформление пояснительной записки

Изложение материала в пояснительной записке (ПЗ) должно отвечать требованиям СТБ 6.38-2016.

Текст пояснительной записки пишут от руки пастой черного цвета или печатают на принтере через 1,5 межстрочного интервала с одной стороны листа формата А4 с ограничительными рамками и основными надписями.

Пример оформления шифра ограничительной рамки всех листов курсового проекта приведен на рисунке 3.1.

Материал пояснительной записки нужно излагать кратко в логической последовательности. В тексте должны быть объяснения, расчеты, эскизы,

рисунки. Не допускается переписывание из книг известных положений и информации без ссылок в квадратных скобках на соответствующий литературный или электронный официальный источник. Требования к оформлению ссылок на литературные и электронные источники информации получают у квалифицированного специалиста библиографического отдела библиотеки ПГУ.

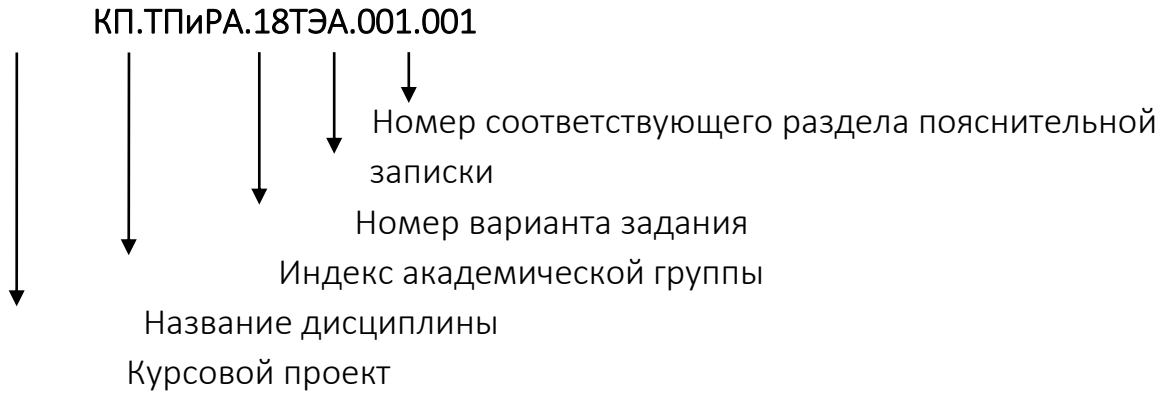


Рисунок 3.1. – Пример оформления шифра ограничительной рамки

Текст пояснительной записки выравнивают по ширине страницы и делят на разделы, подразделы, пункты. Заголовки разделов нужно размещать симметрично тексту. Заголовки подразделов пишут с абзаца. Переносить слова в заголовках не допускается, точку в конце заголовка не ставят. Каждый раздел нужно начинать с новой страницы.

Страницы нумеруют арабскими цифрами в соответствующей графе ограничительной рамки.

Разделы, подразделы и пункты нумеруются арабскими цифрами и разделяются точкой. Например: 1.4 (четвертый подраздел первого раздела), 1.2.3 (третий пункт второго подраздела первого раздела). Подразделы и пункты нумеруются в пределах раздела.

Содержание, перечень использованной литературы, приложения не нумеруются.

Номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации в разделе, разделенные точкой. Например: Рисунок 1.3 (третий рисунок первого раздела).

Номер рисунка размещают под изображением, за ним через дефис указывается название рисунка с большой буквы. Например: Рисунок 2.6 – Эскиз исходной заготовки. Если на рисунке указаны позиции элементов, то их расшифровка указывается перед названием рисунка.

Таблицы нумеруются последовательно арабскими цифрами. Номер таблицы указывается над таблицей слева и должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенные точкой. Например: Таблица 2.1 – Режимы резания (первая таблица второго раздела). Если таблица переносится на другую страницу, ее обозначают так: Продолжение таблицы 2.1. Каждая таблица должна иметь заголовок. Таблицу размещают после первого упоминания о ней в такой форме, чтобы ее можно было читать без поворота страницы или с поворотом по часовой стрелке. На все таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово «Таблица» пишут полностью, например, «в Таблице 2.4». Данные указания в полной мере относятся и к рисункам.

Формулы в тексте должны оформляться во встроенном редакторе формул (для версий MS Office 2003-2021) или в Equation (Math Type).

Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе. Номер указывают с выравниванием по правому краю листа в круглых скобках на уровне формулы. Объяснение значений символов в формулах следует писать сразу под формулой в той же последовательности, как они представлены в формулах. Каждое объяснение пишется с новой строки, первая строка начинается словом «где» без двоеточия, а в конце формулы (перед словом «где») ставят запятую.

Список использованных источников в конце ПЗ составляется в алфавитном порядке.

В качестве интернет-источников приводятся и используются только те, которые имеют официальную ссылку на соответствующие учебные и научные литературные ресурсы, а также содержащие расширения в поддиректории: .com; .net; .gov; .org; .by.

Все остальные источники информации и ресурсы, к примеру, «vasya.ru» и др. к использованию в учебном процессе не допускаются, и представленная ими информация не принимается во внимание.

Пример обозначения официального интернет-источника:

Сайт "БЕЛАЗ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.belaz.by.

3.2. Оформление графической части проекта

Графическая часть КП должна отвечать требованиям действующих стандартов ЕСКД и ЕСТД, правилам начертательной геометрии, технического черчения и инженерной графики.

Расположение проекций (их количество не менее двух – для тел вращения и не менее трех – для корпусных изделий), сечений и видов должны быть оптимальными и одновременно давать полное и однозначное представление о конструкции сборочной единицы и детали.

Масштаб должен быть таким, чтобы невооруженным глазом можно было различить изображенные на листе конструктивные элементы детали, оснастки, инструмента. Предпочтение отдается масштабу 1:1.

На чертежах необходимо обязательно указать:

– основные размеры (с допусками), которые определяют точность объекта и необходимы при проверке и контроле;

– габаритные размеры;

– посадки основных соединений (в буквенном обозначении);

– технические требования по сборке, термической обработке или особых условиях эксплуатации.

Спецификация к сборочному чертежу выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД и подшивается в конце пояснительной записки.

Перед подачей чертежей на проверку преподавателю студент должен тщательно проверить правильность их оформления, соответствие вышеуказанным требованиям и подтвердить это своей подписью.

Законченные технические чертежи должны отвечать следующим требованиям:

1. Конструкция на чертеже должна быть представлена четко и ясно, количество дополнительных сечений и видов должно быть достаточным.
2. Отсутствие лишних изображений.
3. Наличие необходимых технических характеристик, отраженных в технических требованиях и дополнениях.
4. Правильность проставленных размеров: угловых, габаритных, линейных. Их достаточное количество.
5. Соответствие выбранных посадок характеру соединения деталей в сборочной единице.
6. Соответствие действующим стандартам нанесения размеров и всех обозначений.
7. Обеспеченность технологичности конструкции детали.
8. Корректность назначения термообработки.
9. Соответствие предназначенных параметров качества (допусков, квалитетов точности, шероховатости) требованиям соединений, механической обработки и эксплуатации.
10. Наличие подписи исполнителя.

Лист «Операционные эскизы» выполняется на формате А2 (при необходимости в формате А1). На нем изображаются операционные эскизы отдельных операций технологического процесса в виде схем обработки (см. п. 4.6.5).

4. Методические указания по выполнению отдельных разделов КП

4.1. Определение типа производства и его характеристика

Тип производства, как наиболее общая организационно-техническая характеристика производства, определяется в соответствии с ГОСТ 3.1108-84 по коэффициенту закрепления операций $К_{ЗО}$ [2; 3; 10], который задается руководителем курсового проекта. Соответствие $К_{ЗО}$ типам производства следующее:

$К_{ЗО} = 1$ – массовое производство;

$1 < К_{ЗО} < 10$ – крупносерийное производство;

$10 < К_{ЗО} < 20$ – среднесерийное производство;

$20 < К_{ЗО} < 40$ – мелкосерийное производство;

$40 < К_{ЗО}$ – единичное производство.

Определяется величина $n_р$ операционной партии деталей для одновременного запуска. Для этого сначала определяется месячная программа выпуска деталей:

$$N_м = \frac{N_г}{k \cdot 12}, \qquad (4.1)$$

где $N_г$ – годовая программа выпуска, шт.; k – количество рабочих смен в сутки; для единичного и мелкосерийного производства рекомендуется принимать $k = 1$, для остальных типов производства $k = 2$.

Величина $n_р$ операционной партии деталей определяется по формуле

$$n_р = \frac{l_н N_м}{22}, \qquad (4.2)$$

где $l_Н$ – нормативное значение периодичности повторения партии деталей, дн.

В зависимости от типа производства и годовой программы выпуска $1 < l_Н < 66$ дней [2, с. 56]. Принимать $l_Н$ следует из расчета 1, 2, 5, 11, 22,

66 дней. При этом, меньшие значения l_H соответствуют крупносерийному и массовому производству, большие – мелкосерийному и единичному.

Полученное значение n_p следует округлить до значения, которое заканчивается на ноль в сторону увеличения.

В этом пункте необходимо дать краткую характеристику выбранному типу производства.

4.2. Служебное назначение сборочной единицы и детали

Служебное назначение сборочной единицы (детали) – максимально уточненное и четко сформулированное задание, для решения которого предназначена сборочная единица (деталь) [1; 5].

Разработка служебного назначения сборочной единицы и детали состоит из следующих этапов:

– описание конструкции и служебное назначение сборочной единицы;

– служебное назначение детали;

– служебное назначение поверхностей детали.

Общее описание конструкции сборочной единицы представляется студентом вместе со сборочным чертежом. Служебное назначение сборочной единицы необходимо разработать самостоятельно.

При разработке служебного назначения выявляются и определяются требования к параметрам качества сборочной единицы, которые диктуются ее областью применения.

ВНИМАНИЕ!!!

Формулирование служебного назначения сборочной единицы является наиболее ответственным этапом процесса ее создания. Ошибки, допущенные при выявлении и уточнении служебного назначения, приводят к созданию некачественных машин, лишних затрат труда при их изготовлении, освоении и эксплуатации. Поэтому разработке технологии изготовления сборочной единицы должны предшествовать глубокое изучение задач, для решения которых предназначена сборочная единица, и точная формулировка ее служебного назначения.

Начинают формулирование с общей задачи. Например, токарный станок предназначен для обработки деталей типа тел вращения; автомобиль

предназначен для перевозки пассажиров или грузов. Далее переходят к формулировке конкретного назначения машины и ее специфических особенностей. При этом как можно глубже уточняют назначение машины и выражают эти уточнения количественно и качественно. Формулирование служебного назначения сборочной единицы должно содержать [1; 4; 5; 6]:

а) исчерпывающие данные о продукции (вид, размеры, вес, качество, количество), для изготовления которой предназначена данная сборочная единица или машина, в состав которой входит заданная сборочная единица;

б) нужную производительность процесса изготовления продукции;

в) требования к экономической эффективности, долговечности и надежности машины и т.д.;

г) перечень условий, в которых машине (сборочной единице) предстоит работать и выпускать продукцию требуемого качества в необходимом количестве (качество входного продукта, входящей энергии, режим работы машины и состояние окружающей среды);

д) требования к внешнему виду, безопасности работы, удобства и простоты обслуживания и управления, уровня шума, коэффициента полезного действия, степени механизации и автоматизации и т.д.

Пример формулировки служебного назначения сборочной единицы

Редуктор конический предназначен для изменения крутящего момента и частоты вращения в механизме привода ленточного конвейера для транспортировки мешков с цементом. Вес одного мешка 25±0,5 кг, габариты в мм (*l*x*b*x*h*) – 400x300x150 мм. Допустимое количество одновременной транспортировки на ленте конвейера – не более 5-ти мешков.

Работа редуктора осуществляется за счет передачи между перпендикулярными валами-шестернями. Конические колеса редуктора должны допускать окружные скорости до 20 м/с.

Максимальный крутящий момент приводной звездочки конвейера 1600 Н·м. Скорость движения ленты конвейера при частоте вращения двигателя 1440 об/мин – 0,40 м/с. Режим работы – сменный.

Условия работы – средние: отапливаемое помещение с искусственной вентиляцией, состав в воздухе абразивной пыли до 10 мг/м^3; отсутствие испарений, которые вредно влияют на элементы конвейера; относительная влажность воздуха 70%, конденсация влаги не допускается.

Смазка – масло индустриальное Н-20А ГОСТ 20799-88. Вязкость масла не выше 20сСт. Утечка масла из корпуса не допускается. Замену масла

проводить через каждые 200 ч эксплуатации. Контролировать уровень масла – во время каждого технического обслуживания.

Плановое техническое обслуживание редуктора через каждые 16 ч эксплуатации. Средний срок эксплуатации при периодическом режиме работы – не менее 5 лет, или 10000±40 ч.

Исходя из условий работы, коническая передача должна быть 7-й степени точности. Соответственно пятно контакта по длине и высоте зуба должно быть не менее 50%. Боковой зазор конической передачи – не менее 0,275 мм.

Рекомендуемая температура окружающей среды при работе редуктора 20°±10° С. Уровень шума при работе 40–50 дБ.

Исходя из служебного назначения сборочной единицы, необходимо сформулировать *служебное назначение детали* с необходимыми качественными и количественными характеристиками. Приводятся конструктивные особенности детали, определяются основные и вспомогательные базы, химический состав и механические свойства материала детали.

На основе анализа чертежа и служебного назначения детали приводятся технические условия, которые относятся к ней с необходимыми количественными показателями.

Если технические условия отсутствуют на чертеже детали, студент должен определить их самостоятельно, используя справочную литературу [7; 8; 9].

Требования служебного назначения являются определяющими при построении технологического процесса изготовления детали. Они диктуют требования к оборудованию, технологической оснастки и организации производства, определяют выбор технологических методов обработки и средств контроля качества как детали, так и сборочной единицы в целом. Рекомендации и общая часть формулировки служебного назначения некоторых типовых деталей приведены в пособии [5]. При формулировке служебного назначения детали необходимо указать основные параметры точности (точность размеров, взаимного расположения поверхностей, качества поверхностного слоя), благодаря соблюдению которых происходит выполнение деталью своего служебного назначения.

Формулируя *служебное назначение поверхностей детали* необходимо:

– выполнить отдельно эскиз детали;

– определить исполнительные поверхности детали, основные и вспомогательные базы, свободные поверхности;

– выявить функцию каждой поверхности, предоставить геометрическое описание и объяснить принадлежность каждой поверхности к определенному виду.

4.3 Анализ технологичности детали

Современное производство автомобилей предъявляет к конструкции изделия соответствующие требования с точки зрения его изготовления в условиях наименьших затрат: материала, средств производства, времени. Если деталь соответствует этим требованиям, то она считается технологичной.

Технологичность детали – совокупность свойств конструкции детали, которые определяют ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте. Технологичность детали проявляется в возможности уменьшения трудоемкости и материалоемкости изготовления детали, сокращения затрат и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства.

В курсовом проекте выполняется качественная и количественная оценка технологичности.

Количественная оценка технологичности осуществляется расчетом соответствующих показателей технологичности [4], перечисленных далее.

Унификация конструктивных элементов детали с целью сокращения номенклатуры инструмента характеризуется коэффициентом унификации конструктивных элементов, который определяется по формуле

$$K_{ув} = \frac{n_{ув}}{n_{в}}, \tag{4.3}$$

где $n_{уе}$ *и* $n_{е}$ – соответственно, количество унифицированных конструктивных элементов детали и общее количество элементов, шт.

Возможность исключения специальных инструментов оценивается коэффициентом стандартизации обрабатываемых поверхностей:

$$K_{ст} = \frac{n_{ст}}{n_{мо}}, \tag{4.4}$$

где $n_{ст}$ *и* $n_{мо}$ – соответственно, количество поверхностей детали, подлежащих обработке стандартным инструментом, и всех поверхностей, требующих механической обработки полностью, шт.

Данный коэффициент можно точно определить только после выбора методов обработки поверхностей и режущего инструмента. Поэтому к определению $К_{ст}$ и заключению о технологичности детали по данному показателю необходимо вернуться после выбора режущего инструмента для обработки поверхностей.

Коэффициент точности обработки характеризует среднюю точность размеров обрабатываемых поверхностей детали и определяется по формуле

$$К_{ТО} = 1 - \frac{1}{К_{СО}}, \tag{4.5}$$

где *Ксо* – средний квалитет точности обработки детали, который определяется как

$$К_{СО} = \frac{\sum_{i=1}^{n} К \cdot n_i}{n}, \tag{4.6}$$

где *К* – квалитет точности размера; n_i – количество размеров соответствующего квалитета точности; *n* – общее количество размеров.

При значениях $К_{ТО} > 0{,}9$ деталь считается технологичной по этому показателю.

Коэффициент шероховатости поверхности:

$$К_{Ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}, \tag{4.7}$$

где $Ш_{ср}$ – средний класс шероховатости поверхностей детали, который определяется как

$$Ш_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ш \cdot n_i}{n}, \tag{4.8}$$

где *Ш* – параметр шероховатости поверхности; n_i – количество поверхностей с соответствующим параметром шероховатости; *n* – общее количество поверхностей (за исключением фасок).

При $К_{Ш} < 0{,}32$ деталь считается технологичной, поскольку требует меньшее количество точных методов обработки поверхностей.

Качественная оценка технологичности детали при механической обработке выполняется в определенной последовательности:

1. Определяют тип детали: корпус, вал. фланец, диск, цилиндр, рычаг, шарнир, зубчатое колесо.

2. Наличие поверхностей, удобных для базирования и закрепления при установке на станках на всех операциях. Возможность сокращения числа установок при обработке.

3. Обрабатываемость резанием материала детали, вид термообработки.

4. Доступность всех поверхностей детали для обработки на металлорежущих станках и непосредственного измерения (возможность свободного подвода и вывода инструмента).

5. Возможность много инструментальной обработки.

6. Отсутствие большого разнообразия и незамкнутых контуров, которые вызывают деформацию при термообработке и закреплении в приспособлении при механической обработке.

7. Отсутствие мест резких изменений формы, острых краев, буртиков, которые являются концентраторами напряжений, доступность термически обрабатываемых поверхностей для обработки СВЧ.

8. Достаточная жесткость детали, которая бы не уменьшала режимов обработки и позволяла применение высокопродуктивных методов механической обработки.

9. Возможность получения требуемой точности размеров, величины шероховатости, точности взаимного расположения поверхностей при изготовлении на металлорежущих станках нормальной точности без дополнительной финишной обработки.

10. Отсутствие специфических требований к детали (допуски по массе, неуравновешенности и др.), что недопустимо в условиях крупносерийного и массового производств.

11. Возможность уменьшения размеров обрабатываемых поверхностей с целью сокращения объема механической обработки.

12. Наличие свободного подхода и выхода инструмента (для повышения производительности и точности обработки).

Дополнительные технологические требования к конструкции типовых деталей

Дополнительные требования к конструкции корпусных деталей

1. Обрабатываемые поверхности следует, по возможности, располагать параллельно или перпендикулярно друг к другу и основным базам детали.

2. Обрабатываемые плоскости следует располагать на одном уровне, что дает возможность их обработки за один рабочий ход продуктивными

методами: торцевым фрезерованием, плоским шлифованием и протягиванием. Такой подход позволяет обрабатывать нескольких заготовок одновременно и упрощает контроль.

3. Возможность сквозной и одновременной обработки нескольких поверхностей и обработки на проход.

4. Отсутствие глухих отверстий и торцов, отрезаемых с внутренних сторон.

5. Отсутствие плоскостей и отверстий, расположенных не под прямым углом.

6. Возможность многошпиндельной обработки отверстий в соответствии с расстоянием между осями отверстий.

7. В ступенчатых отверстиях самую точную ступень следует выполнять как сквозную, что способствует снижению трудоемкости обработки, повышению точности и стойкости режущего инструмента и упрощению его конструкции.

8. Необходимо избегать глухих резьбовых отверстий, предпочитая сквозные отверстия с возможностью работы резьбонарезного инструмента на проход.

9. Расположение отверстий должно позволять использовать режущий инструмент нормальной длины.

10. Необходимо избегать отверстия со сложной формой и внутренние резьбы большого диаметра.

Дополнительные требования к валам

1. Возможность обработки поверхностей проходными резцами.

2. Для упрощения обработки уменьшать диаметральные размеры шеек к концам валов или с одной их сторон.

3. Шпоночные пазы по возможности предусматривать открытые, а при нескольких на одном валу - одинаковые по ширине и в одной плоскости.

4. Отсутствие резких перепадов диаметров в местах обработки шпоночных пазов.

5. Отношение длины к диаметру не должно превышать 10 для валов с точностью размеров по 6, 7 квалитетам и 15 для валов 8 квалитета и выше. При многорезцовой обработке через одновременное действие нескольких сил последнее отношение должно равняться 10. Если жесткость вала недостаточна, нужно рассмотреть возможность искусственного повышения жесткости применением люнетов, дополнительных опор и т.д.

Дополнительные требования к дискам

1. Простота формы внешнего контура и центрального отверстия, одностороннее расположение ступицы.
2. Отсутствие длинных ступиц в протянутых отверстиях.
3. Возможность многорезцового точения.
4. Отсутствие одноосных отверстий, обрабатываемых с разных сторон.
5. Отсутствие глухих шлицевых отверстий, поскольку их можно получить только малопродуктивным долблением.

Дополнительные требования к цилиндрам

1. Возможность сквозной обработки наружных и внутренних поверхностей.
2. Отсутствие глухих отверстий и торцов, что подрезаются с внутренних сторон.
3. Отсутствие отверстий, расположенных не под прямым углом к осям.
4. Толщина стенок цилиндра должна обеспечивать достаточную жесткость для применения высокопроизводительных методов обработки.
5. Отсутствие большой разносторонности.
6. Отношение длины цилиндра к его диаметру не должно превышать 10.

Дополнительные требования к рычагам

1. Наличие поверхностей, удобных для базирования.
2. Отсутствие обрабатываемых поверхностей сложного контура.
3. Отсутствие мест резкого изменения формы и резких перепадов размеров поверхностей.
4. Отсутствие глухих и эксцентричных отверстий, особенно небольших диаметров.
5. Отсутствие отверстий, расположенных не под прямыми углами.
6. Возможность многоинструментальной обработки.

Дополнительные требования к зубчатым колесам

1. Отсутствие ступицы или ее одностороннее расположение.
2. Достаточная точность баз для обработки зубьев.
3. Угол наклона зубьев венцов с внутренними зубьями или закрытых венцов должен соответствовать параметрам унифицированных инструментов и станков.

4. Количество зубчатых венцов на многовенцовых колесах и их относительное расположение должно соответствовать параметрам унифицированных инструментов и станков.

5. По возможности, исключать зубчатые венцы, точность которых может быть обеспечена только шлифованием.

6. Размеры канавок для выхода зуборезного инструмента в закрытых зубчатых колесах должны быть связаны с величиной модуля.

7. Твердость материала (выходного или после термообработки) для зубчатых колес с обрабатываемыми отверстиями, точными резьбами, отверстиями в венцах не должна превышать HRC 36...47.

Проведенный анализ требований технологичности детали необходимо представить в виде таблицы (таблица 4.1). Соответствие или несоответствие детали определенному требованию технологичности необходимо отмечать знаком «+». Затем, просуммировав количество обеспеченных и необеспеченных требований технологичности, необходимо сделать вывод о технологичности конструкции детали.

Таблица 4.1. – Анализ технологичности конструкции детали

Краткое содержание требования технологичности	Вывод о технологичности	
	технологично	нетехнологично
Возможность обеспечить параллельность…	+	
Отсутствие глухих отверстий…		+
……		
Всего	10	3

На основе проведенного анализа даются предложения с необходимым обоснованием об изменениях конструкции детали с целью повышения ее технологичности. В случае наличия в конструкции детали элементов, относящихся к категории нетехнологических, необходимо обязательно указать, чем объясняется их наличие, и сделать рекомендации по их устранению.

Предложенные изменения выполняются в пояснительной записке в виде отдельных эскизов фрагментов детали с нетехнологичными элементами и фрагментов детали усовершенствованной конструкции с устраненными нетехнологичными элементами. В случае, если по определенному пункту невозможно сделать качественную оценку технологичности детали (например, нельзя проанализировать на технологичность вал по 3-м требованиям из дополнительных требований к валам при отсутствии на валу шпоночных пазов), то такой пункт исключается из перечня требований технологичности.

4.4. Определение базирования детали в сборочной единице

Выявление базирования детали в сборочной единице необходимо выполнить в следующей последовательности:

а) выполнить эскиз фрагмента сборочной единицы, которая включает в себя заданную деталь;

б) выбрать и нанести на эскиз систему координат, связанную с деталью;

в) утолщенными линиями обозначить на эскизе основные базы детали;

г) выполнить отдельно эскиз детали и нанести опорные точки;

д) указать, каких перемещений и поворотов лишает каждая из основных баз (с расшифровкой для каждой опорной точки);

е) дать полное название основных и вспомогательных баз детали в соответствии с рекомендациями, приведенными в пособии [5, с. 272].

4.5. Выбор исходной заготовки

Современные технологические методы производства заготовок характеризуются большим разнообразием. Каждому методу соответствуют свои конструкционные материалы, оборудование и технологическая оснастка. Метод производства той или иной заготовки зависит от служебного назначения детали и требований, предъявляемых к ней, от ее конфигурации и размеров, конструкционного материала, типа производства и других факторов.

Одним из основных принципов, которым руководствуются при определении технологии изготовления заготовки, является способ, который обеспечивает максимальное приближение ее по форме и размерам к готовой детали.

Выбор и обоснование способа получения заготовки должен осуществляться на основе *технического* и *экономического* принципов. Согласно техническому принципу выбранный технологический процесс должен полностью обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических требований к заготовке. Согласно с экономическим принципом изготовление заготовки должно вестись с минимальными производственными затратами.

Исходной информацией для выбора исходной заготовки являются: чертеж детали с указанными на нем размерами с допусками, шероховатостью поверхностей, материал детали, годовая программа выпуска и тип производства. Сначала выбирают метод получения заготовки (литье, поковка, прокат, холодная штамповка и т. д.), используя литературу [11–15].

При этом учитывают:

– конфигурацию, размеры и вес заготовки;

– материал заготовки;

– годовую программу выпуска;

– точность изготовления заготовки, шероховатость и качество ее поверхностных слоев.

Затем, согласно приведенным пунктам, конкретизируют способ получения исходной заготовки (например, литье в песчано-глиняные, металлические формы; литье под давлением; литье по выплавляемым моделям и др.). При наличии нескольких возможных способов формообразования выбирают способ, при котором будут обеспечены наибольшая производительность и минимальная себестоимость получения заготовки, учитывая рекомендации литературных источников [12; 15; 17; 18].

В пояснительной записке приводится упрощенный эскиз заготовки, на котором нужно показать место разъема штампа или литейной формы и ориентировочные габаритные размеры заготовки (рисунки 4.1–4.3).

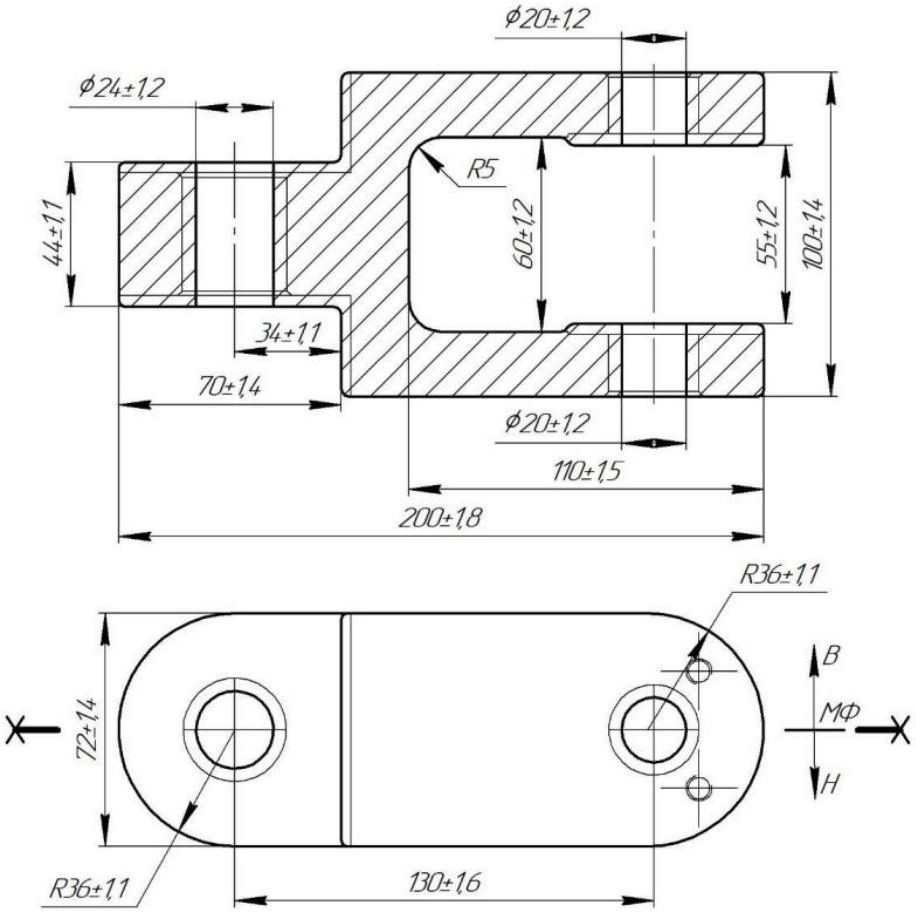


Рисунок 4.1. - Пример выполнения эскиза литой заготовки

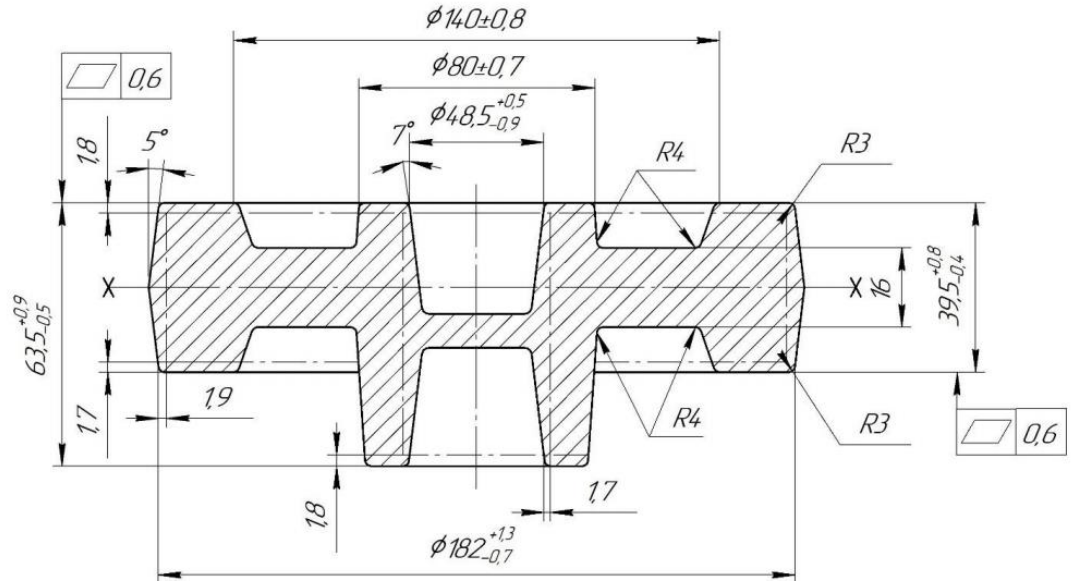


Рисунок 4.2. - Пример выполнения эскиза штампованной заготовки

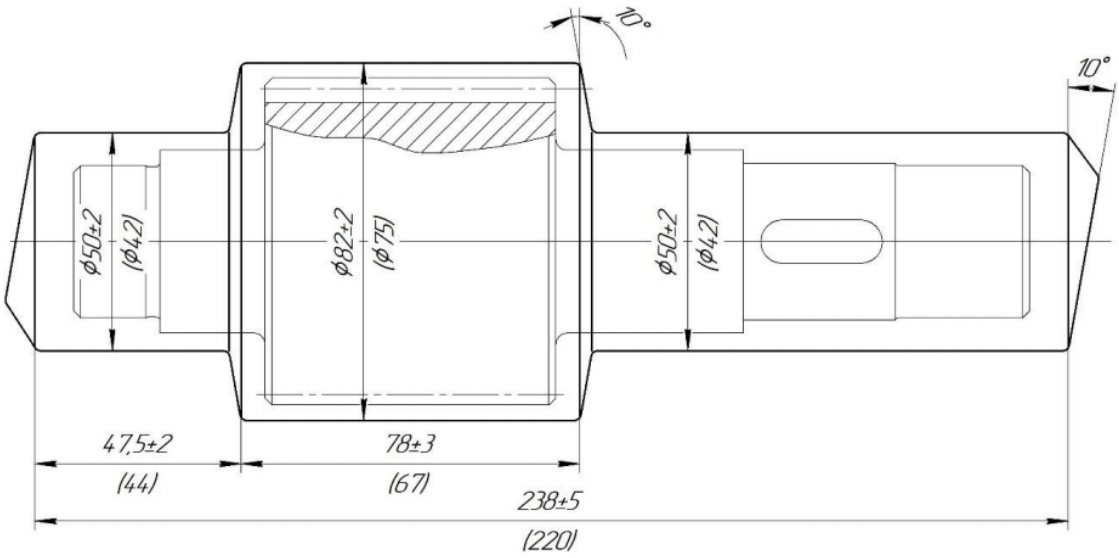


Рисунок 4.3. - Пример выполнения эскиза кованой заготовки

Для поковки надлежит определить ее исходный индекс. Для этого требуется знать группу стали [19, таблица 1], класс точности поковки [19, таблица 19], массу исходной заготовки и степень сложности [19, приложение 2]. Исходный индекс определяется согласно стандарту [19, таблица 2]. Для отливки определяются: класс размерной точности [20, таблица 9], степень точности поверхностей [20, таблица 11], ряд припусков [20, таблица 14].

Определение приведенных выше характеристик исходной заготовки необходимо в дальнейшем для расчета припусков на обработку.

4.6. Разработка технологического процесса механической обработки

Разработка технологического процесса (ТП) механической обработки детали состоит из двух этапов. На первом этапе в приведенной ниже последовательности осуществляют:

а) выявление и формулирование основных технологических задач, которые решаются в процессе изготовления детали;

б) выбор методов и количества переходов обработки поверхностей;

в) обоснование схем базирования при обработке поверхностей детали;

г) выбор последовательности обработки поверхностей детали;

д) разработка маршрута обработки.

На втором этапе назначают припуски и межоперационные размеры.

4.6.1. Определение и формулирование основных технологических задач, которые решаются в процессе механической обработки детали

На основании выявленных по чертежу детали размерных связей и требований к точности и качеству поверхностей выявляются и формулируются основные технологические задачи, которые решаются в процессе обработки. Верное решение поставленных задач во многом обусловливает точность и экономичность изготовления детали.

При разработке технологического процесса механической обработки детали решаются следующие группы основных технологических задач:

1. Обеспечить точность и качество обрабатываемых поверхностей, необходимую точность их относительного расположения.

Нужная точность и качество обработанных поверхностей обеспечиваются правильным выбором соответствующих технологических методов обработки, а точность относительного расположения обработанных поверхностей – правильным выбором технологических баз.

2. Обеспечить точность относительного расположения системы обрабатываемых поверхностей относительно системы поверхностей, которые не обрабатываются.

Задача решается правильным выбором черновых баз.

Решение указанных задач достигается обеспечением требуемой точности отдельных параметров (размеров, поворотов) детали, выявив которые необходимо сформулировать технологические задачи обработки.

Например, такие задачи формулируются следующим образом:

1. Обеспечить точность, качество и нужную точность относительного расположения обрабатываемых поверхностей.

1.1. Обеспечить точность между осевым расстоянием 150±0,2 мм.

1.2. Обеспечить точность размера Ø50h7мм, округлость в пределах допуска T = 0,01 мм, шероховатость обработанной поверхности R_a=1,25 мкм.

1.3. Обеспечить перпендикулярность торцов к оси отверстия Ø60H8 в пределах допуска T = 0,025 мм.

2. Обеспечить точность относительного расположения системы обрабатываемых поверхностей относительно системы поверхностей, которые не обрабатываются.

2.1. Обеспечить симметричность расположения отверстия Ø100H7 относительно внешнего контура корпуса.

2.2. Обеспечить точность размера $30_{-0,2}$ мм, что определяет равномерность толщины фланца.

После выявления и формулировки основных технологических задач, которые решаются в процессе механической обработки детали, нужно установить средства решения поставленных задач: выбрать методы и количество переходов обработки поверхностей, выбрать и обосновать технологические базы.

4.6.2. Выбор методов и количества переходов обработки поверхностей детали

Поставленные в предыдущем пункте задачи достигаются комплексом методов обработки и соответствующим базированием заготовки. На данном этапе для всех обрабатываемых поверхностей выбираются методы их обработки, которые позволяют кратчайшим и наиболее экономичным путем обеспечить необходимые точность и качество по всем показателям.

При разработке ТП выбор того или иного способа механической обработки осуществляется с учетом габаритных размеров, вида и точности исходной заготовки, свойств материала заготовки, требований к точности и качеству обрабатываемых поверхностей, точности их взаимного расположения и др.

Методы и количество переходов обработки выбирают на основе таблиц экономической эффективности и точности обработки, приведенных в [5; 15; 21; 22].

При формировании последовательности переходов обработки следует учитывать, что каждый следующий метод обработки должен быть точнее предыдущего. Каждому методу окончательной обработки предшествует

один или несколько возможных предыдущих (менее точных) методов. Так, например, перед чистовым развертыванием должно выполняться предыдущее черновое, а перед предыдущим – чистовое зенкерование и сверление. Методы окончательной обработки поверхностей определяют, исходя из требований, приведенных на чертеже детали, и применяют, как правило, на конечной стадии процесса.

Назначая метод обработки, необходимо стремиться, чтобы одним и тем же методом обработать наибольшее количество поверхностей заготовки, что дает возможность разработать операции с максимальной концентрацией обрабатываемых поверхностей. Это позволит сократить общее количество операций, исполнителей и служб, продолжительность цикла обработки, повысить производительность и точность обработки.

Выбранные методы и количество переходов обработки (минимум два альтернативных варианта) должны быть приведены в виде таблицы (например, таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Методы и количество обработки поверхностей.

№ задачи	Параметры точности	Значения параметров	Возможные методы и количество переходов обработки	
1	Точность размера Параллельность Шероховатость	*Ø60H8* *0,05мм* R_a*=0,64мкм*	1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое 3. Растачивание тонкое	1. Растачивание черновое 2. Растачивание чистовое 3. Шлифование чистовое
2	Точность размера Шероховатость	$30_{-0,05}$ *мм* R_a*=1,25 мкм*	1. Фрезерование черновое 2. Фрезерование чистовое 3. Шлифование чистовое	1. Фрезерование черновое 2. Фрезерование чистовое 3. Фрезерование тонкое

Выбранный комплекс методов обработки необходимо выделить. В таблице следует обязательно указать значения параметров, соблюдаемых непосредственно при обработке заданной поверхности. Количество указанных параметров должно быть минимальным, но достаточным для четкого определения положения обрабатываемой поверхности или системы поверхностей.

При выборе комплекса методов обработки следует выбирать такой, что дает возможность осуществить все переходы обработки с использованием минимального количества оборудования (по возможности на одном станке).

4.6.3. Обоснование схем базирования при обработке поверхностей детали

Выбор технологических баз осуществляется в начале разработки ТП одновременно с выбором последовательности и методов механической обработки поверхностей детали.

Особое внимание следует уделить выбору варианта базирования на первой операции, на которой обрабатываются технологические базы для следующих операций и обеспечивается правильное взаимное расположение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей детали.

Однако нужно помнить, что такие задачи, как обеспечение точности геометрической формы поверхностей, точности диаметров отверстий, ширины пазов, шероховатости поверхностей и т.п., практически не зависят от варианта базирования и достигаются за счет точности системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь) методами обработки. Остальные задачи решают за счет соответствующих методов обработки и базирования заготовки.

В данном пункте необходимо обосновать схемы базирования заготовки при обработке основных баз и исполнительных поверхностей детали, поскольку от точности расположения названных поверхностей значительно зависит выполнение деталью своего служебного назначения. Обоснование необходимо проводить с четкой аргументацией своих решений, для чего рекомендуется использовать источники [4, с. 177–193; 5, с. 323–342], а также лекционный материал дисциплины.

Придерживаться принципов совмещения и постоянства баз желательно в течение всего ТП механической обработки.

Если по каким-либо обстоятельствам использование конструкторских баз в качестве технологических невозможно или нецелесообразно, то в качестве технологических баз можно использовать другие поверхности детали. В этом случае нужно проверить возможность достижения заданной точности обработки путем расчета технологических размерных цепей. Эти расчеты должны быть приведены в пояснительной записке. Примеры расчета технологических размерных цепей при выборе вариантов базирования приведены в источниках [5, с. 411–420; 6, с. 46–51; 22 с. 125–130; 23 с. 155–164].

Справочные данные об экономической точности методов обработки поверхностей приведены в [5; 15; 21; 22].

4.6.4. Выбор последовательности обработки поверхностей детали

С учетом выбранных методов обработки поверхностей детали и вариантов базирования в этом пункте необходимо определить последовательность механической обработки поверхностей детали.

Правильный выбор последовательности обработки поверхностей определяется: с одной стороны, размерными связями поверхностей детали, а с другой – экономической точностью отдельных методов обработки.

При назначении последовательности обработки следует руководствоваться следующим [5]:

1. Порядок обработки необходимо принимать таким, чтобы выполнялся принцип совмещения баз.

2. В первую очередь следует обрабатывать поверхности, которые будут служить базами для последующей обработки. Поверхности, которые являются базами на данной операции, должны быть обработаны на предыдущих операциях.

3. Операции, где есть вероятность брака из-за дефектов материала или сложности механической обработки, должны выполняться в начале процесса, что позволяет освободиться от дальнейшей бесцельной обработки бракованных деталей. Так, в первую очередь стремятся обработать те поверхности, где могут оказаться пороки литья (раковины, полости), чтобы зря не тратить труд на обработку других поверхностей.

4. В начале процесса следует обрабатывать поверхности, с которых снимается наиболее толстый слой металла, поскольку при этом, во-первых, легче выявить внутренние дефекты заготовки, а во-вторых, в наибольшей степени происходит перераспределение внутренних напряжений заготовки. При этом она коробится интенсивнее и, следовательно, на следующих стадиях обработки стабильнее и легче обеспечивается необходимая точность обработки.

5. Следует разделять черновую и чистовую обработки, что позволяет повысить точность обработки и рациональнее использовать станки и квалификацию исполнителей. При черновой обработке – мощные и менее точные станки при невысокой квалификации работников, а при чистовой – более точные станки при более высокой квалификации работников. Однако при обработке металлоемких заготовок, при значительных затратах вспомогательного времени на установку обрабатываемой заготовки, когда заготовка тяжелая, громоздкая, имеет достаточную жесткость, а припуски на обработку небольшие – разделять черновую и чистовую обработки необязательно.

6. В начале процесса следует выполнять обработку тех поверхностей, при снятии металла из которых меньше всего уменьшается жесткость заготовки.

Например, при черновой обработке ступенчатого вала целесообразно, в первую очередь, обрабатывать ступени большего диаметра, канавки обрабатывать как можно позже и т.д.

7. После черновой обработки последовательность обработки поверхностей устанавливается обратно степени их точности и шероховатости. Чем более точной и менее шероховатой должна быть поверхность, тем позже она обрабатывается, поскольку снятие каждого слоя с поверхности заготовки вызывает перераспределение внутренних напряжений и деформацию заготовки. Поэтому поверхности наиболее точные и с низкой шероховатостью должны обрабатываться в последнюю очередь, чем исключается или уменьшается возможность изменения размеров и повреждений окончательно обработанных поверхностей.

8. Для крупных, тяжелых заготовок последовательность обработки может обусловливаться обеспечением возможно меньшего числа переустановок.

9. Последовательность выполнения операций механической обработки деталей устанавливается также с учетом термической обработки. Место термообработки в технологическом процессе зависит от ее назначения. Так, старение для полного или частичного снятия внутренних напряжений в материале заготовки предусматривают перед механической обработкой или после черновой обработки.

Общая закалка детали сопровождается значительными деформациями, в связи с чем она предполагается перед конечной обработкой (как правило, шлифованием).

10. Операции вспомогательного или второстепенного характера (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезание канавок, снятие заусенцев и т.д.) обычно выполняют на стадии чистовой обработки. Последовательность выполнения этих операций может изменяться, поскольку она не влияет на качественные показатели и экономичность процесса в целом.

11. Контрольные операции обычно назначаются после тех этапов обработки, где вероятно повышенное количество брака перед сложными и ответственными операциями и после них, перед операциями, которые выполняются в других цехах, перед термической обработкой и после нее, а также в конце обработки.

Таким образом, любой процесс механической обработки должен иметь следующую схему последовательности обработки:

1. Обработка поверхностей – баз для следующих операций.
2. Черновая и чистовая обработка основных поверхностей детали.
3. Черновая и чистовая обработка второстепенных поверхностей.
4. Термическая обработка заготовки, если она предусмотрена.
5. Выполнение второстепенных операций, связанных с термической обработкой.
6. Выполнение отделочных операций основных поверхностей.

4.6.5. Разработка маршрута обработки

Разработка маршрута выполняется по следующей схеме:

1. Номер, наименование операции.
2. Содержание операции.
3. Выбор оборудования.
4. Выбор станочного устройства.
5. Выбор режущего и вспомогательного инструмента.
6. Выбор мерительного инструмента, средств контроля.
7. Операционный эскиз.

Номер, наименование и содержание операции. Наименование операций ТП механической обработки происходит от наименования технологического оборудования (станка), на котором выполняется данная операция. Например, если обработка выполняется на вертикально-фрезерном станке, то операция называется «вертикально-фрезерная», на горизонтально-фрезерном – «горизонтально-фрезерная». Если обработка заготовки осуществляется на станке с ЧПУ, то такая операция, независимо от типа станка, называется «программно-комбинированная».

Номер операции необходимо проставлять тремя арабскими цифрами с интервалом в пять единиц, т.е. 005, 010, 015 и т.д.

Содержание операции должно кратко отражать все необходимые действия, которые выполняются в технологической последовательности работником на одном рабочем месте и обеспечивают получение нужного качества детали.

К примеру:

Операция 025 Кругло-шлифовальная

Шлифование шеек вала, обеспечивающая точность размеров Ø75h7 и Ø75h8, совпадение осей – в пределах допуска 0,02 мм, шероховатость поверхностей – R_a = 0,63 мкм.

Выбор оборудования. Выбор модели станка, прежде всего, определяется его возможностью обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности детали, которая обрабатывается. Если эти требования можно обеспечить обработкой на различных станках, то при выборе станка определенной модели необходимо руководствоваться:

– типом производства;

– соответствием основных размеров рабочей зоны станка габаритным размерам заготовки, устанавливаемой по принятой схеме обработки;

– возможностью работы на оптимальных режимах резания;

– мощностью станка;

– возможностью автоматизации и механизации выполняемой обработки;

– нужной точностью деталей и точностью, которая обеспечивается станком (по паспортным данным).

Модель станка избирается по его техническим характеристикам, которые приведены в справочной литературе [3; 15; 23; 26].

Выбор станочного приспособления. Выбор устройства осуществляется в зависимости от типа производства и метода обработки. Так, в крупносерийном и массовом производствах применяются главным образом специальные неразборные приспособления, которые сокращают вспомогательное время и имеют высокую точность.

В среднесерийном производстве применяют специальные неразборные, специальные сборно-разборные, универсально-наладочные, универсальные и специализированные приспособления. В единичном и мелкосерийном производстве применяют универсально-сборные, универсальные и устройства (сжатия, делительные универсальные головки, поворотные столы и др.), а иногда специальные приспособления.

Универсальные приспособления выбирают по каталогам и справочникам [27–31]. При выборе приспособления указываются его основные характеристики: пневматический, гидравлический, многоместный, поворотный и т.п.

Выбор режущего и вспомогательного инструмента. При выборе типа режущего инструмента нужно учитывать метод и точность обработки.

Материал режущей части инструмента назначается в зависимости от материала, обрабатываемой детали и характера обработки (черновая, чистовая, плавная работа, работа с ударом и т.д.).

В зависимости от размеров обрабатываемых поверхностей заготовки по каталогам и стандартам [16; 32; 33] выбирают стандартный инструмент.

Необходимость применения специального режущего инструмента обязательно должна быть обоснована.

В пояснительной записке нужно указать основные характеристики и материал режущей части инструмента с обязательной ссылкой на литературный источник.

Пример.

В зависимости от материала заготовки – СЧ15, в соответствии с характером и методом обработки выбираем:

– *для чернового и чистового растачивания – головка расточная насадная двух лезвийная, тип 2009-0002 ГОСТ 23022-78 с углом в плане φ = 45°, материал режущей части ВК8 – для чернового растачивания, ВК6 – для чистового;*

– *для тонкого растачивания – головка расточная двухлезвийная насадная Ø64Н7мм, тип 2009-0002 ГОСТ 23022-78, материал режущей части ВКС и т.д.*

В случае необходимости применения вспомогательного инструмента предпочтение следует отдавать стандартным и нормализованным инструментам.

Выбор средств контроля. При назначении типа и конструкции измерительного устройства учитывают нужную точность измерений, тип производства, размер и качество поверхностного слоя контролируемой поверхности [16, 34, 35].

Операционный эскиз. Каждая операция механической обработки должна сопровождаться операционным эскизом, который рекомендуется выполнять на отдельной странице. Эскиз должен содержать все данные, необходимые для изготовления и контроля детали (рисунок 4.4).

Сверху над каждым эскизом приводят название операции, которая формируется из номера, названия операции и модели станка. Например: *005 Токарно-винторезная 16К20.*

На эскизах должны быть изображены в произвольном масштабе: обрабатываемая заготовка и ее схема базирования на станке; режущий инструмент (РИ); указание направлений рабочих движений режущего инструмента и заготовки; условные обозначения опор, зажимных элементов, устройств [15, с. 49–50].

Заготовка на операционном эскизе должна изображаться в положении, которое она занимает в процессе обработки на станке при взгляде с места работника (вид прямо или сверху, или тот и другой). На заготовке

утолщенной линией выделяются поверхности, которые обрабатываются, указываются размеры, которых непосредственно поддерживаются при обработке, шероховатость, точность формы и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей (допуски формы, параллельности, перпендикулярности, совпадения осей также), другие технические требования.

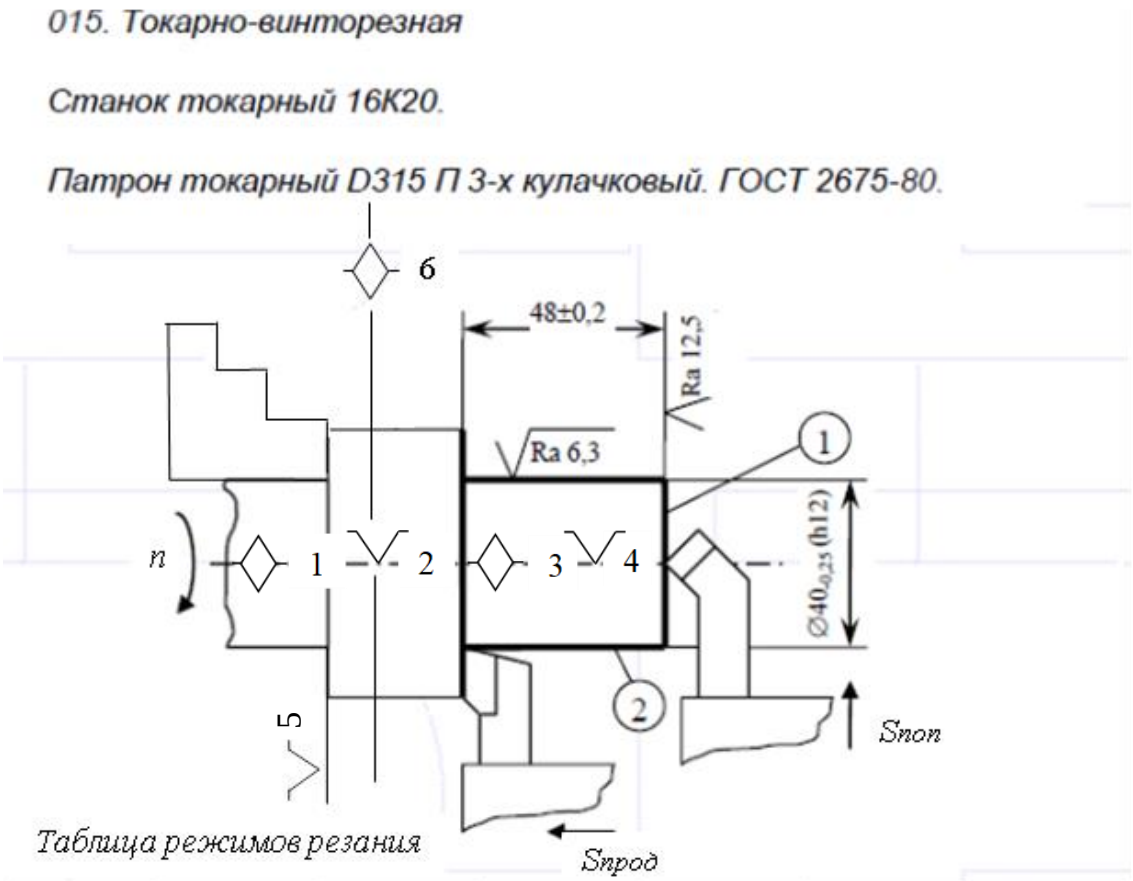


Таблица режимов резания

Переход	i	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	t_o, мин
1	1	3,0	0,12	150,7	800	0,33
2	4	2,5	0,12	150,7	800	0,52

Рисунок 4.4. – Пример выполнения операционного эскиза в ПЗ и графической части при токарной обработке короткого вала

Количество проекций и видов должны создавать полную картину о способе установки и закрепления заготовки.

Режущий инструмент изображается в конце рабочего хода. Если для обработки поверхности используется последовательно несколько инструментов (сверление, зенкерование, развертка), то все они изображаются рядом в положении начала рабочего хода. Сложный инструмент чертят не полностью. Например, достаточно показать габаритные размеры и форму

торцевой фрезы, два-три зуба и способ их крепления. Но обязательно следует показать способ крепления инструмента на станке (без упрощений). При несоответствии конуса Морзе инструменту и шпинделю станка необходимо применять переходную втулку, которую обязательно изображают.

На поверхностях, которые являются технологическими базами, указывают опорные точки, которые изображают условными знаками в соответствии с СТБ 2232-93. Количество проекций должно быть достаточным для создания четкого представления о базировании и закрепление заготовки.

Эскиз выполняется в произвольном масштабе, но так, чтобы невооруженным глазом можно было различить все конструктивные элементы заготовки.

Размеры, получаемые на данной операции, нумеруют арабскими цифрами, обведенными кругом диаметром 6...8 мм.

На свободном месте листа приводится таблица, в которой указывают название и характеристики инструмента, а также режимы резания (глубина резания, подача, частота вращения) операций, эскизы которых изображены на листе. Перед подачей курсового проекта на проверку студент должен старательно и тщательно проверить правильность приведенных расчетов, логичность выводов и утверждений, соответствие оформления работы вышеприведенным требованиям и методическим указаниям и подтвердить это своей подписью на титульном листе.

4.6.6. Определение допусков и межоперационных размеров

В курсовом проекте назначение допусков и межоперационных размеров на механическую обработку выполняется табличным (нормативным) методом.

В пояснительной записке приводится расчет допусков для одной поверхности (по указанию руководителя КП).

Назначение допусков осуществляется по следующему алгоритму.

1. Устанавливают методы и количество переходов обработки поверхностей (см. п. 4.6.2).

2. Определяют общий припуск Z на сторону и размер исходной заготовки.

Для назначения припусков и допусков на размеры штампуемой заготовки необходимо определить ее исходный индекс. Исходными данными для определения исходного индекса штампованной ковки является группа

стали, класс точности ковки, масса исходной заготовки и степень сложности, которые определяют по стандарту [19] при выборе исходной заготовки.

Общий припуск на сторону ковки состоит из основного и дополнительного. Основные припуски зависят от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости поверхности детали и определяются по стандарту [19, таблица 3]. Дополнительные припуски определяются, исходя из формы ковки и технологии ее изготовления по стандарту [19, таблицы 4–6].

Общие припуски на сторону для отливок назначают по стандарту [20, таблица 6] в зависимости от допуска на соответствующий размер отливки, вида окончательной механической обработки и выбранного ряда припусков.

Допуски размеров отливки определяют в зависимости от класса размерной точности отливки и номинальных размеров детали по стандарту [20, таблица 1]. Класс размерной точности, степень точности поверхностей и ряд допусков определяются при выборе исходной заготовки (смотреть п. 4.4).

3. Определяют промежуточные припуски.

При определении промежуточных припусков общий припуск между черновой и чистовой обработками распределяется следующим образом: 60% общего припуска – на черновую обработку, 40% – на чистовую. Если чистовой обработке предшествовала предыдущая обработка, то: 60% – на черновую обработку, 25% – на предыдущую обработку, 15% – на чистовую обработку [4, с. 494].

Также при назначении нормативным методом промежуточных припусков на механическую обработку можно использовать табличные значения, которые приведены в справочнике [24, с. 254–267].

4. Определяют операционные размеры для каждого перехода обработки.

Для расчета операционных размеров в качестве исходного принимается максимальный (для валов) или минимальный (для отверстий) размер детали. Этот размер является операционным размером конечной степени обработки.

Для определения расчетного размера на предпоследней стадии обработки до максимального размера детали добавляется (для валов), или с минимального размера вычитается (для отверстий) величина расчетного припуска на последней степени обработки. Последовательно определяются расчетные размеры для каждого из предыдущих переходов до получения расчетного размера исходной заготовки.

Для плоскостей формула для расчета операционного размера:

$$A_i = A_{i-1} + Z_{i-1}, \text{ мм.} \quad (4.9)$$

Для поверхностей вращения:

$$A_i = A_{i-1} \pm 2 \cdot Z_{i-1}, \text{ мм.} \quad (4.10)$$

5. Определяют допуски операционных размеров.

Операционным допуском называется разность между максимальным и допустимым минимальным размерами заготовки данной операции.

Величину операционного допуска принимают в соответствии с экономической точностью метода обработки, который используется на данной операции или переходе обработки [5, с. 504–510; 15 с. 8–12]. Поле допуска на операционный размер должно отсчитываться в металл (в тело). В этом случае опасность возникновения неисправимого брака уменьшается. Допуск на размер, координирующий положения оси отверстия (от плоскости или оси другого отверстия), надо проставлять по симметричной двусторонней схеме (например, ±0,15 мм).

Для первого технологического перехода обработки заготовок всех видов при соблюдении размеров от черновой технологической базы допуск следует рассчитывать по формуле

$$T_1 = \frac{T_{из} + \omega_{мо}}{2}, \quad (4.11)$$

где $T_{из}$ – допуск на размер исходной заготовки; $\omega_{мо}$ – экономическая точность метода обработки [5, с. 504–510; 15, с. 8–12].

Допуски на размеры исходной заготовки определяют в зависимости от исходной заготовки по стандартам [19, таблица 8; 20, таблица 1] и проставляют отклонения по симметричной схеме – для отливок, по асимметричной двусторонней схеме – для ковок.

Пример расчета припусков нормативным методом

Назначим припуски и допуски с определением между операционными размерами на поверхность отверстия $Ø24^{-0,052}$ *мм. Операция 005 вертикально-сверлильная, заготовка – отливка из чугуна (литье в песочной форме).*

1. Методы и количество переходов обработки:

- *зенкерование черновое;*
- *развертывание нормальное;*
- *развертывание тонкое.*

2. Определим общий припуск Z на сторону и допуск для литейного отверстия заготовки с допуском на литье по [20]:

Z = 4 мм, δ = 2.4 (±1,2) мм.

3. Определяем промежуточные припуски:

– на черновое зенкерование: $Z_1 = 0,6 \cdot 4 = 2,4$ мм;

– на развертывание нормальное: $Z_2 = 0,25 \cdot 4 = 1,0$ мм;

– на развертывание тонкое: $Z_3 = 0,15 \cdot 4 = 0,6$ мм.

4. Определяем межоперационные размеры для каждого перехода обработки.

Диаметр литого отверстия:

$$d_{общ} = d_{ном} - 2 \cdot Z \pm \delta,$$

$$d_{общ} = Ø24 - 2 \cdot 4 \pm 1,2 = Ø16 \pm 1,2 \text{ мм}.$$

Диаметр отверстия после чернового зенкерования определяется по формуле

$$d_1 = d_{общ} + 2 \cdot Z_1 \pm \delta_1.$$

Допуск на поверхность после чернового зенкерования $\delta_1 = 0,28$ мм [5, с. 506], тогда

$$d_1 = Ø16 + 2 \cdot 2,4 = Ø20,8^{-0,28} \text{ мм}.$$

Диаметр отверстия после нормального развертывания определяется как

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot Z_2 + \delta_2.$$

Допуск на поверхность после нормального развертывания $\delta 2 = 0,14$ мм [5, с. 506], тогда

$$d_2 = Ø20,8 + 2 \cdot 1,0 = Ø22,8^{+0,14} \text{ мм}.$$

Диаметр отверстия после тонкого развертывания определяется по формуле

$$d_3 = d_2 + 2 \cdot Z_3 + \delta_3.$$

Допуск на поверхность после тонкого развертывания по квалитету H7 составляет $\delta_3 = 0,021$ мм, тогда

$$d_3 = Ø22,8 + 2 \cdot 0,6 = Ø24^{+0,021} \text{мм}.$$

Припуски, технологические допуски, а также межоперационные размеры на другие обрабатываемые поверхности детали назначают аналогично приведенному примеру расчета. Результаты расчетов сводятся в таблицу 4.3.

Таблица 4.3. – Припуски и межоперационные размеры

№ операции	Обрабатываемая поверхность и переходы обработки	Припуск на сторону, мм	Допуск, мм	Межоперационный размер с допуском
005	Вертикально-сверлильная			
	Заготовка	4,0	2,4	Ø16 ± 1,2
	Черновое зенкерование	2,4	0,28	$Ø20{,}8^{-0{,}28}$
	Нормальное развертывание	1,0	0,14	$Ø22{,}8^{+0{,}14}$
	Тонкое развертывание	0,6	0,021	$Ø24^{+0{,}021}$

В пояснительной записке необходимо привести расчет для одной поверхности.

Литература

1. Колесов И.М. Служебное назначение и основы создания машин. – М.: Мостанкостроение, 1973. – 114 с.
2. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учеб. пособие / В.В. Бабук, В.А. Шкред, Г.П. Кривко и др.; под ред. В.В. Бабука. – Минск: Высш. шк., 1987. – 255 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / под ред. А.Ф. Горбацевича. – Минск: Выш. шк., 1983. – 288 с.
4. Бондаренко С.Г. Основы технологии машиностроения. – Чернигов: ЧГТУ, 2005. – 567 с.
5. Бондаренко С.Г. Размерные расчеты механосборочного производства: учеб. пособие. – Киев: ИСДО, 1993. – 544 с.
6. Формирование конструкторских и технологических размерных связей: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / сост.: С.Г. Бондаренко. – Чернигов: ЧТИ, 1999. – 52 с.
7. Анурьев В.М. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 1. – 728 с.
8. Дунаев П.Ф., Леликов О.П., Варламова Л.П. Допуски и посадки. Обоснование выбора: учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов. – М.: Высш. шк., 1984. – 112 с.
9. Павлище В.Т. Основы конструирования и расчет деталей машин: учеб. – Киев: Высш. шк., 1993. – 556 с.
10. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении: учеб. пособие. – Киев: Высш. шк., 1993. – 414 с.
11. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – Киев: Высш. шк., Гл. изд-во, 1991. – 242 с.
12. Руденко П.А., Харламов Ю.Ю., Шустик А.Г. Выбор, проектирование и производство заготовок деталей машин: учеб. пособие. – Киев: ИСДО, 1993. – 304 с.
13. Боженко Л.И. Технология машиностроения, проектирования и производства заготовок. – Львов, 1996. – 368 с.
14. Афонькин М.Г. Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1987. – 256 с.
15. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
16. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
17. Проектирование литой заготовки: метод. указания к выполнению расчет.-граф. работы по дисциплине «Технологические методы производства заготовок деталей машин» / сост.: М.Р. Бабий, С.П. Сапон. – Чернигов: ЧГТУ, 2005. – 39 с.
18. Проектирование штампованной заготовки: метод. указания к выполнению расчет.-граф. работы по дисциплине «Технологические методы производства заготовок деталей машин» / сост.: М.Р. Бабий, С.П. Сапон. – Чернигов: ЧГТУ, 2006. – 39 с.
19. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные, допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 54 с.

20. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 54 с.

21. Размерный анализ конструкций: справ. / С.Г. Бондаренко. О.Н. Чередников, В.П. Губий; под общ. ред. канд. техн. наук С.Г. Бондаренко. – Киев: Техника, 1989. – 150 с.

22. Проектирование технологии: учеб. / И.М. Бранчукова, А.Х. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др.; под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.

23. Технология машиностроения (специальная часть): учеб. / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.

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

25. Металлорежущие станки: Каталог-справочник. Ч. 1–8. – М.: НИИМАШ, 1972. – 461 с.

26. Станки с программным управлением. Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 288 с.

27. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справ. – 6-е изд. – М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.

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

29. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1975. – 656 с.

30. Кузнецов Н.С., Пономарев Б.А. Универсально-сборные приспособления в машиностроении: Альбом чертежей. – М.: МАШГИЗ, 1962. – 230 с.

31. Технологическая оснастка для многократного применения / под ред. Д.И. Полякова. – М.: Машиностроение, 1961. – 401 с.

32. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.

33. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: справ. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

34. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения / под ред. А.И. Якушева. – М.: Машиностроение, 1980. – 527 с.

35. Справочник по производственному контролю в машиностроении / под. ред. А.К. Кутая. – Л.: Машиностроение, 1974. – 268 с.

36. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Технологические основы машиностроения» для студентов по направлению подготовки 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения / сост.: М.Р. Бабий, С.П. Сапон, Д.Ю. Федориненко и др. – Чернигов: ЧГТУ, 2003. – 27 с.

37. Режимы резания металлов. Справочник / под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.

38. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч. 2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 492 с.

39. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 292 с.

40. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч. 1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 292 с.

41. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 492 с.

Приложение А

Механико-технологический факультет
Кафедра автомобильного транспорта
«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
_____ О. П. Штемпель
« » _____ 2025 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № _____

к курсовому проекту по дисциплине
«Технология производства автомобилей» на тему:
«Разработка технологического процесса изготовления _____

_____
(деталь в сборочной единице)

студенту

_____
(Фамилия И. О. студента, шифр академической группы)

Исходные данные к курсовому проекту:
1) деталь (номер и название) _____
2) сборочная единица (номер и название) _____
3) годовая программа выпуска (шт.) N = _____
4) коэффициент закрепления операций $К_{ЗО}$ =_____

Дата выдачи задания _____

Дата выполнения (фактическая) _____

Срок сдачи студентом законченной работы (по плану): _____

Студент _____ _____
(Ф. И. О.) *(подпись)*

Руководитель _____ _____
(Ф. И. О.) *(подпись)*

Приложение Б

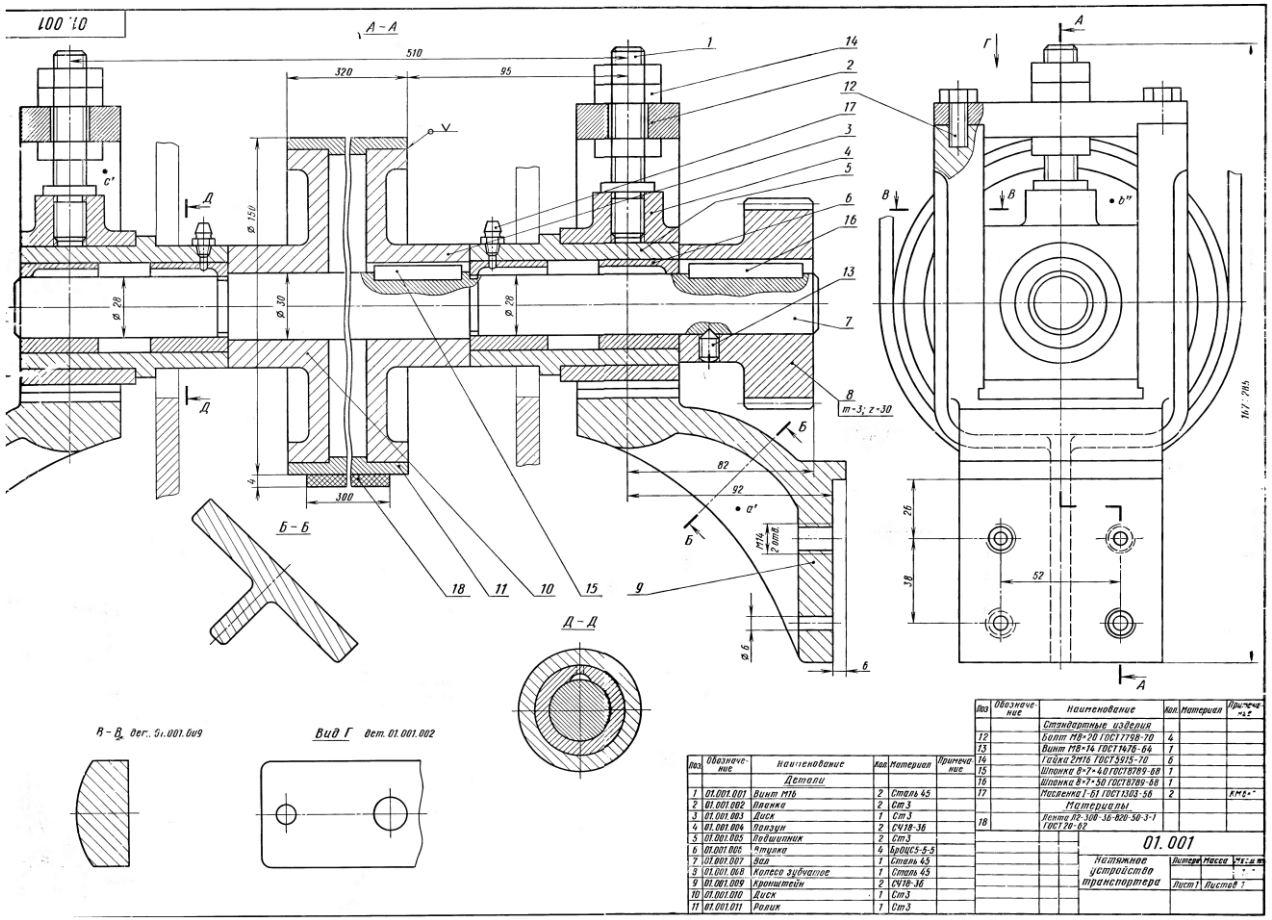
Исходные данные

№ варианта	Номер сборочной единицы	Номер детали	Годовая программа выпуска	Коэффициент закрепления операций
1	01.001	7	2000	41
2	02.001	8	2500	42
3	01.002	16	3000	43
4	02.002	4	3500	44
5	01.003	1	4000	45
6	02.003	1	4500	46
7	02.005	9	5000	47
8	02.006	2	5500	48
9	01.007	5	6000	49
10	02.007	2	6500	50
11	01.008	9	7000	51
12	02.008	13	7500	52
13	01.009	2	8000	53
14	02.009	9	8500	54
15	02.10	20	9000	55
16	02.11	3	2000	56
17	02.12	1	2500	57
18	02.13	1	3000	58
19	02.14	2	3500	59
20	01.15	2	4000	60
21	02.15	10	4500	61
22	02.16	15	5000	62
23	02.18	9	5500	63
24	02.19	11	6000	64
25	02.020	9	6500	65
26	02.021	9	7000	66
27	02.022	9	7500	67
28	02.023	2	8000	68
29	01.021	30	8500	69
30	02.025	6	9000	70

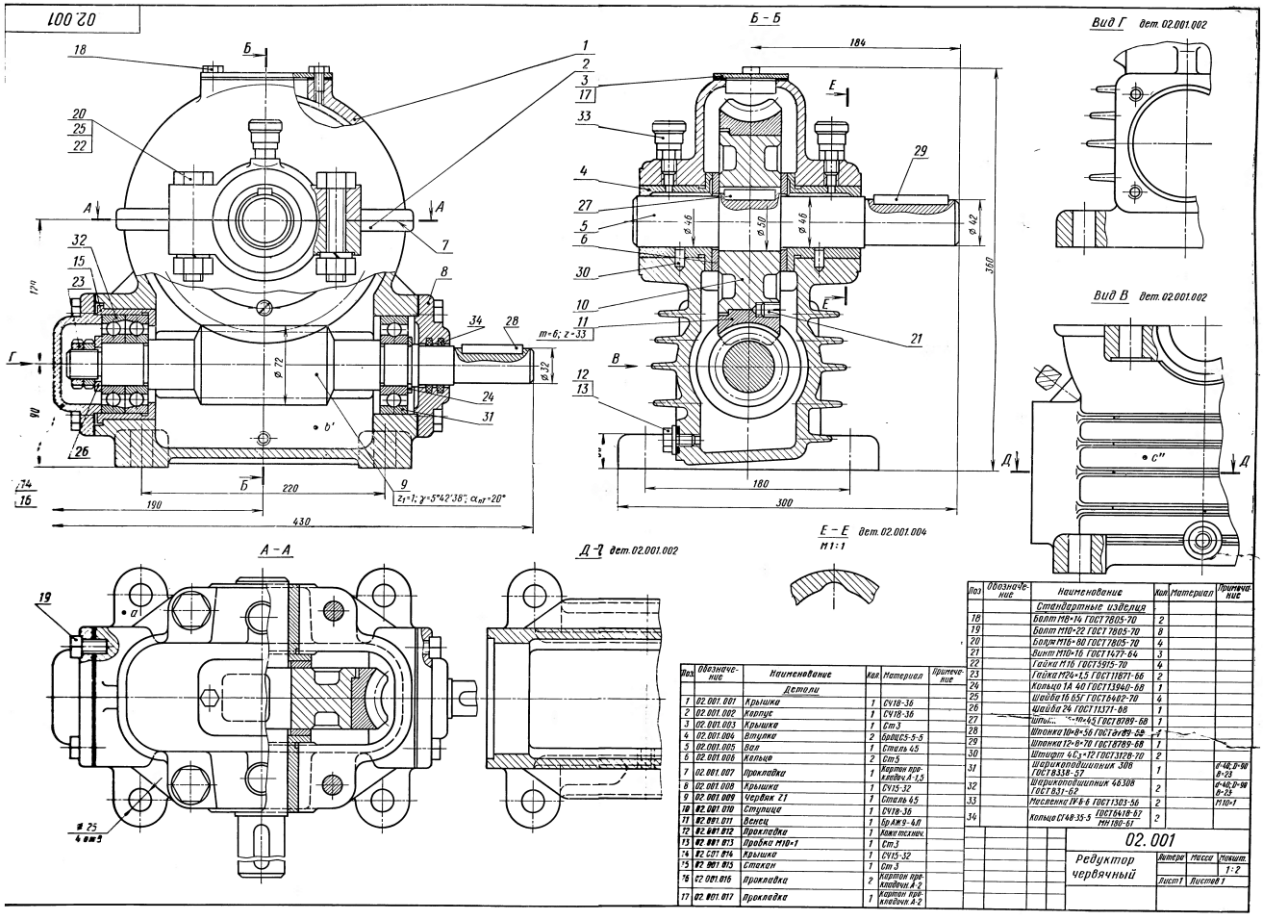
Приложение В

Исходные данные (сборочный чертеж, деталь)

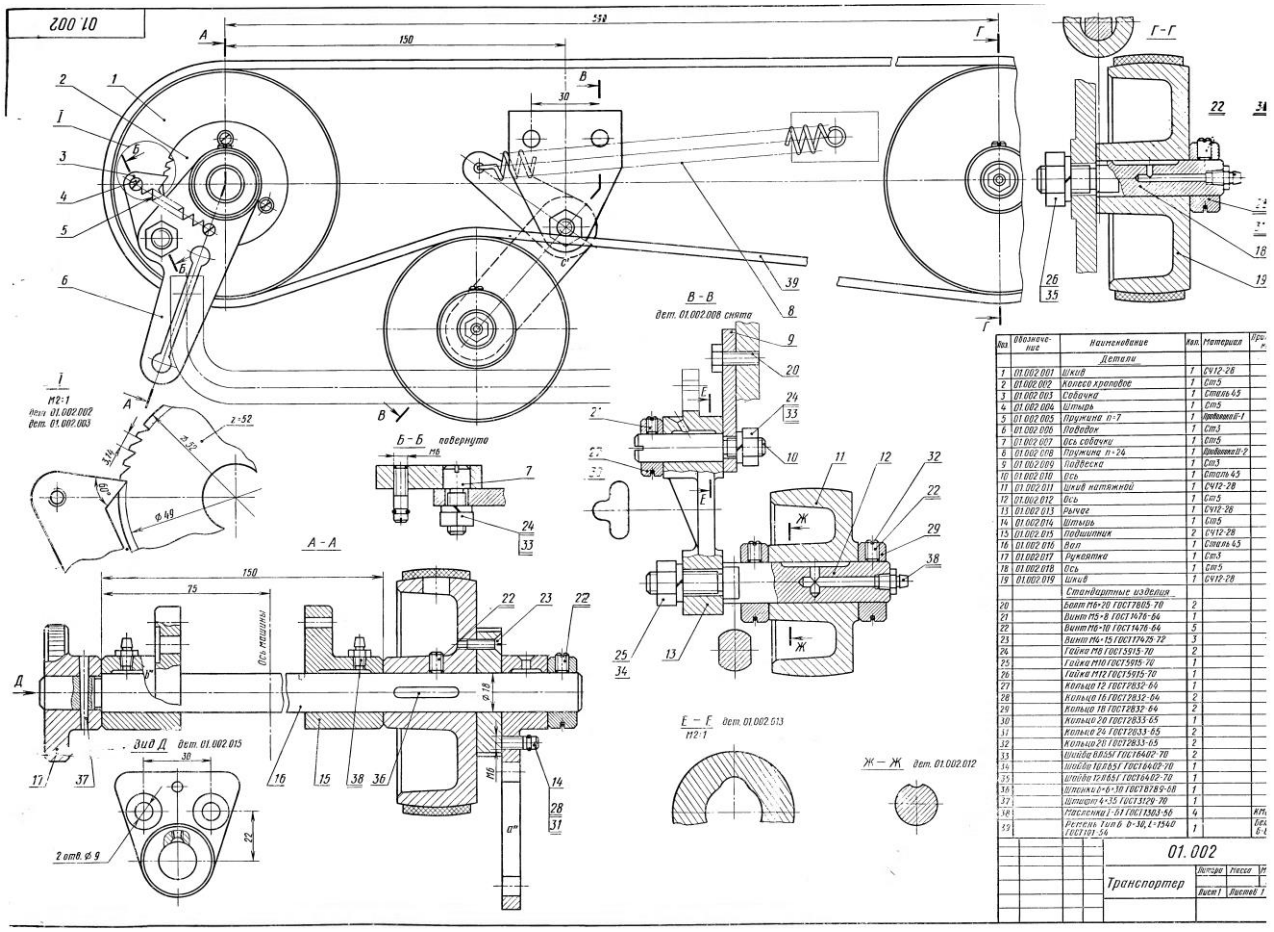
Вариант 1



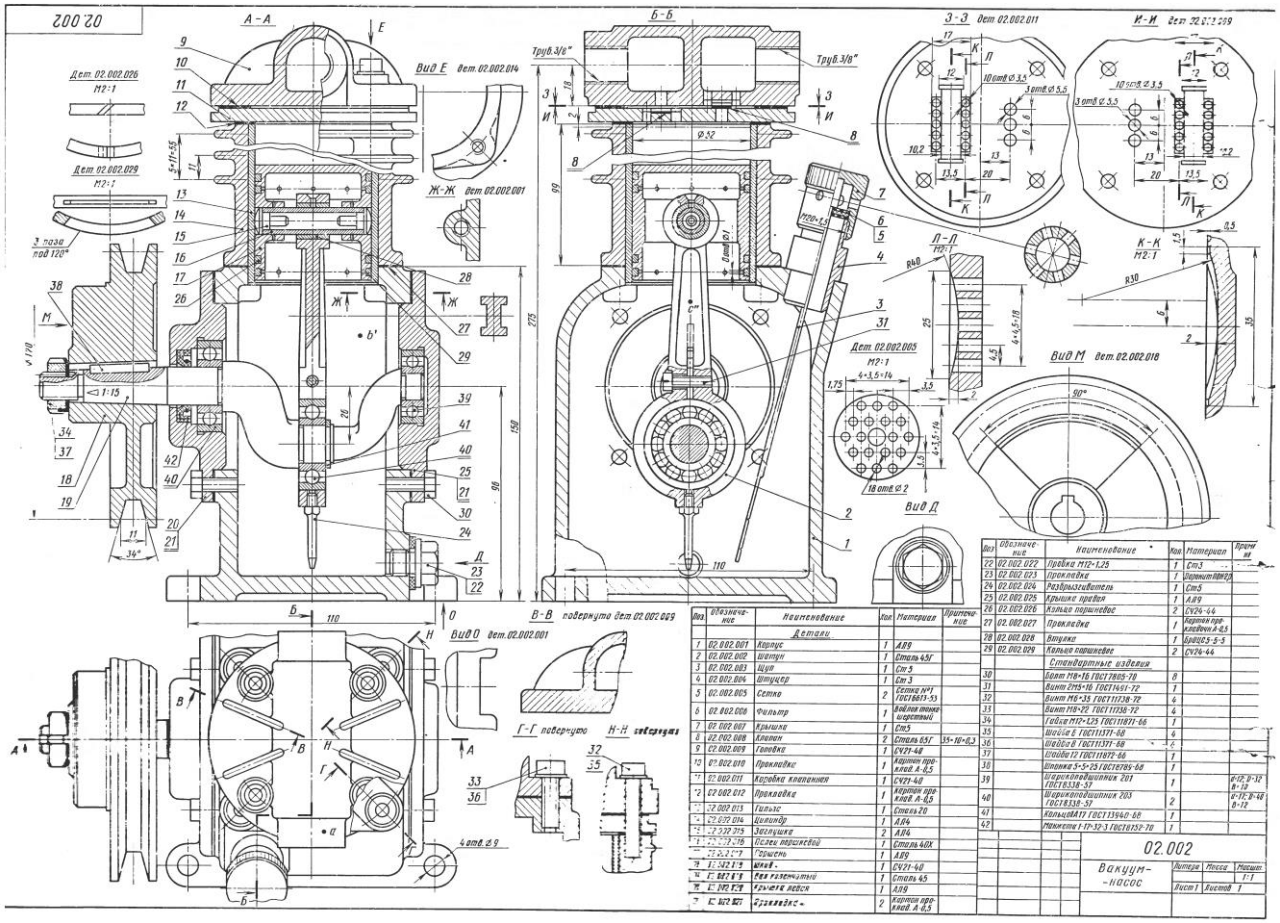
Вариант 2



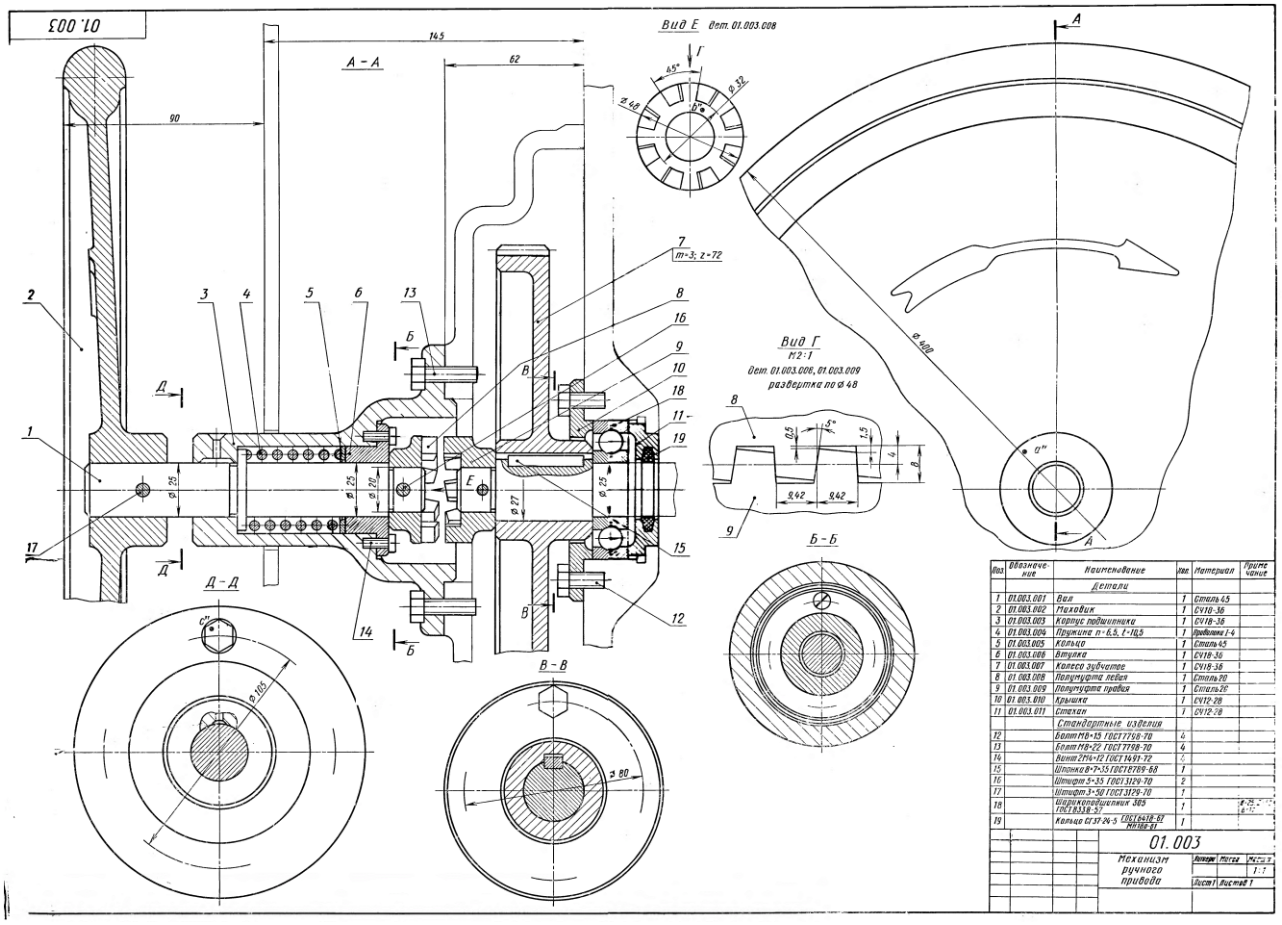
Вариант 3



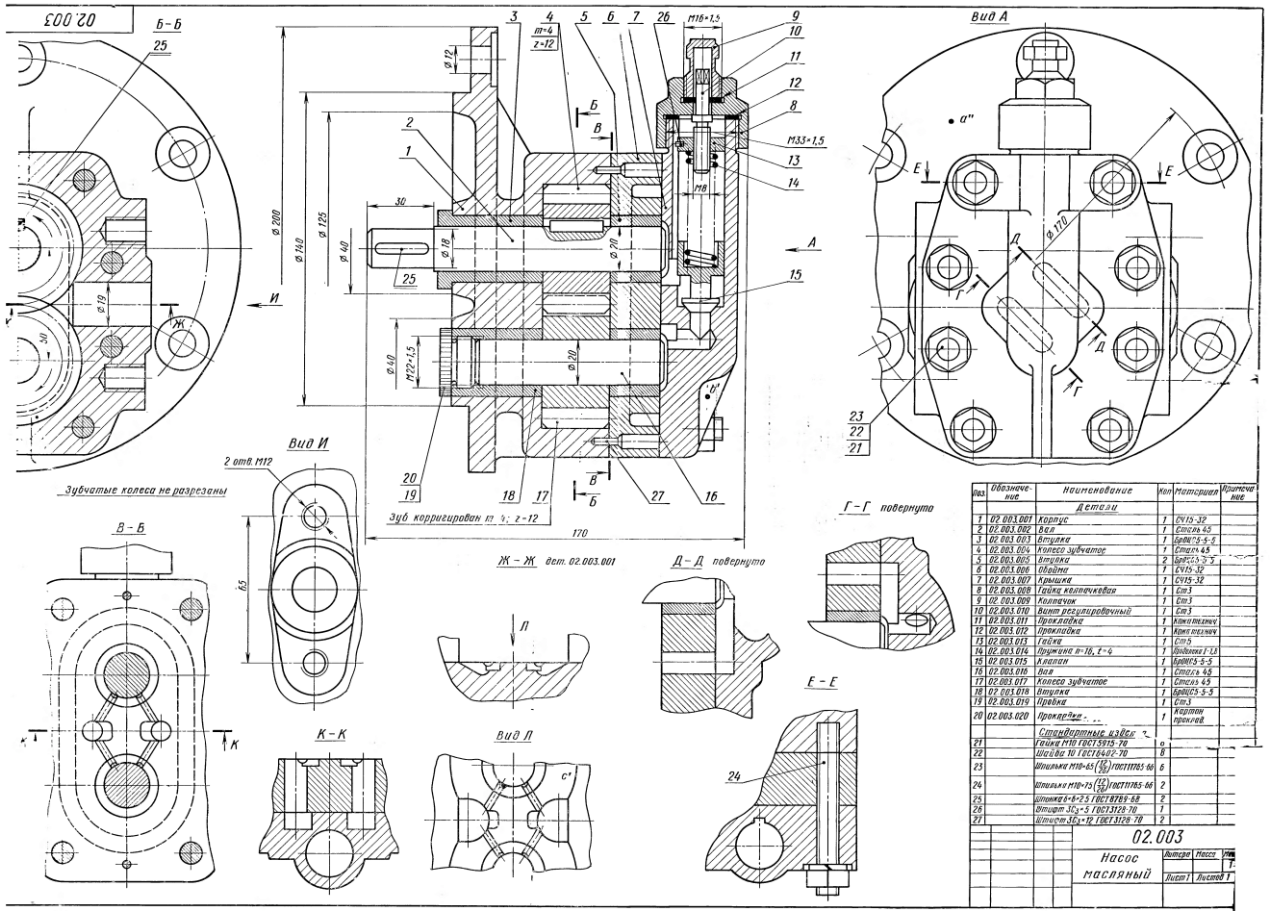
Вариант 4



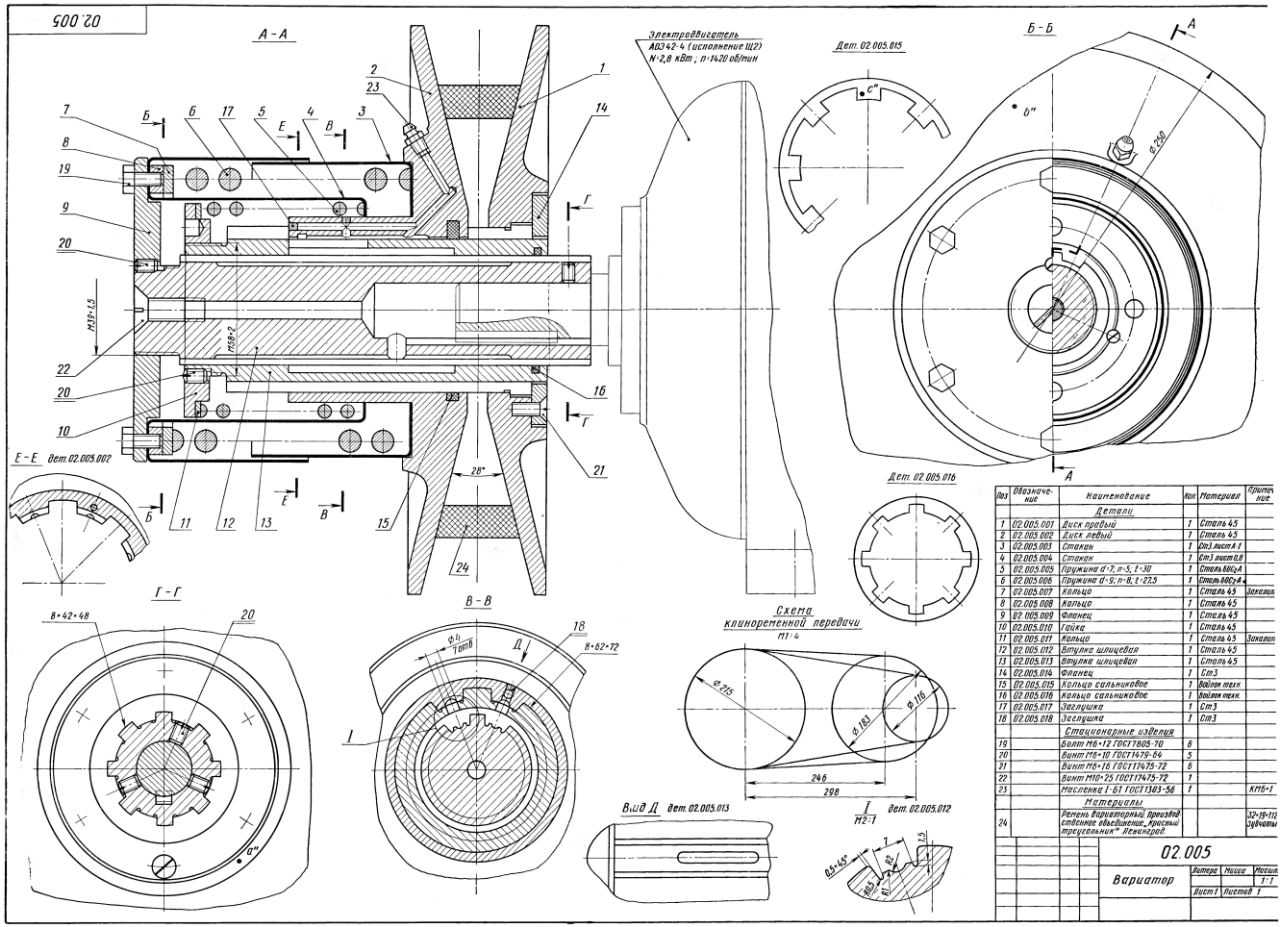
Вариант 5



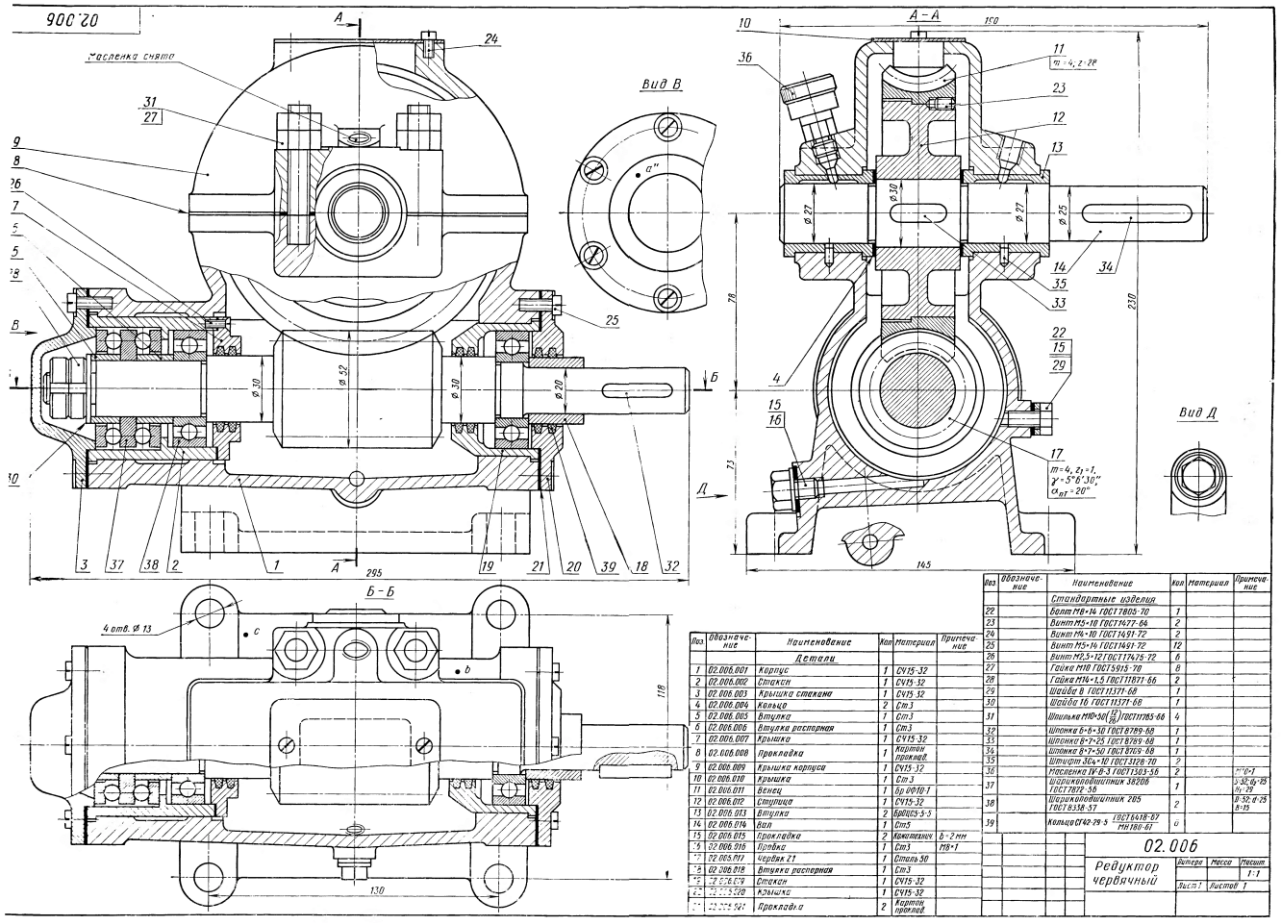
Вариант 6


02.003
Б–Б
Вид А
Вид И
2 отв. М12
Зубчатые колеса не разрезаны
Зуб. корригирован m ½; z–12
170
Ж – Ж вет. 02.003.001
Д – Д повернуто
Г – Г повернуто
В – Б
К – К
Вид Л
Е – Е
Насос масляный
02.003

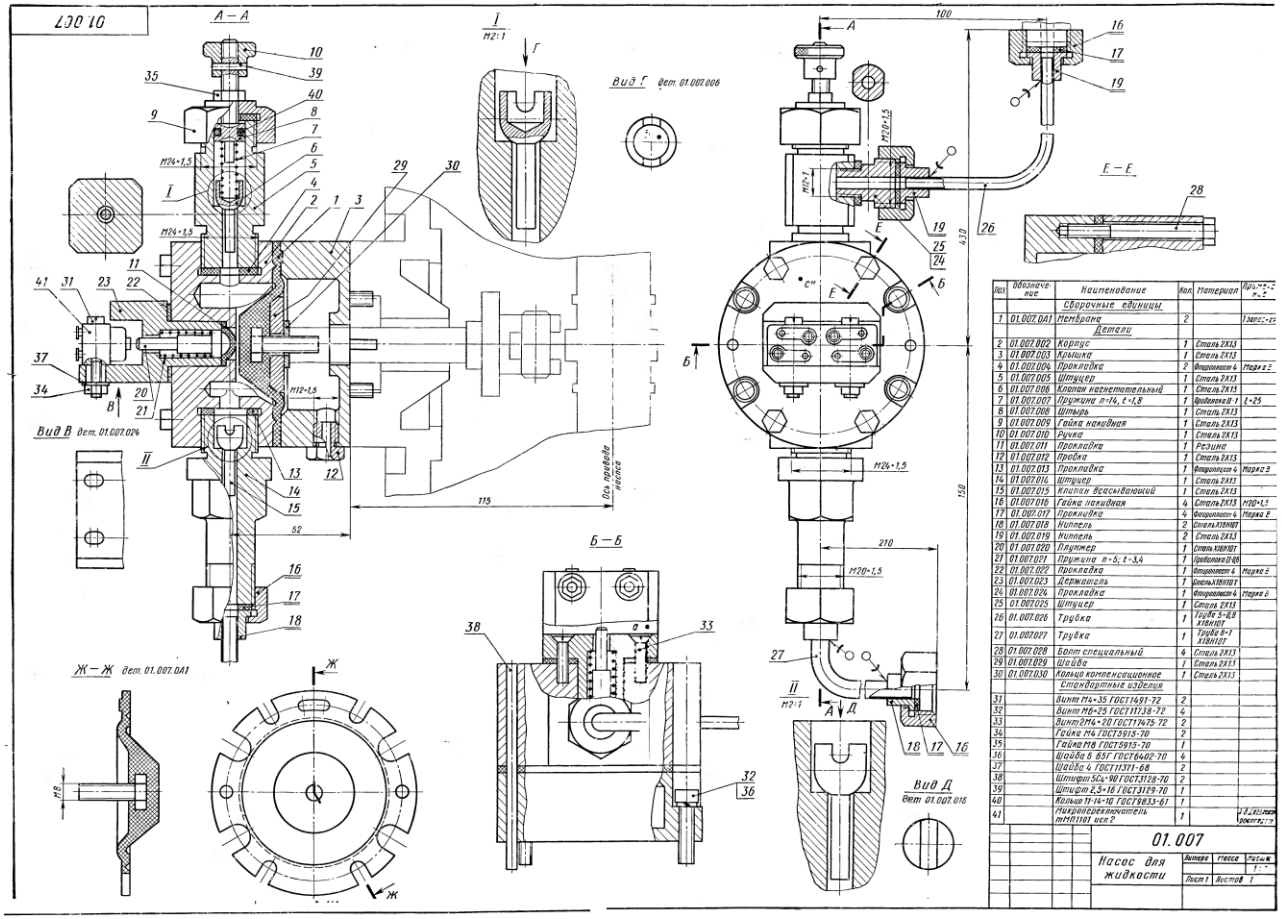
Вариант 7


02.005
А - А
Б - Б
В - В
Г - Г
Е - Е
Электродвигатель АОЛ42-4 (исполнение Ш2) N-2,8 кВт ; n-1420 об/мин
Дет. 02.005.015
Дет. 02.005.016
Схема клиноременной передачи
Вид Д дет. 02.005.013
I дет. 02.005.012
Вариатор

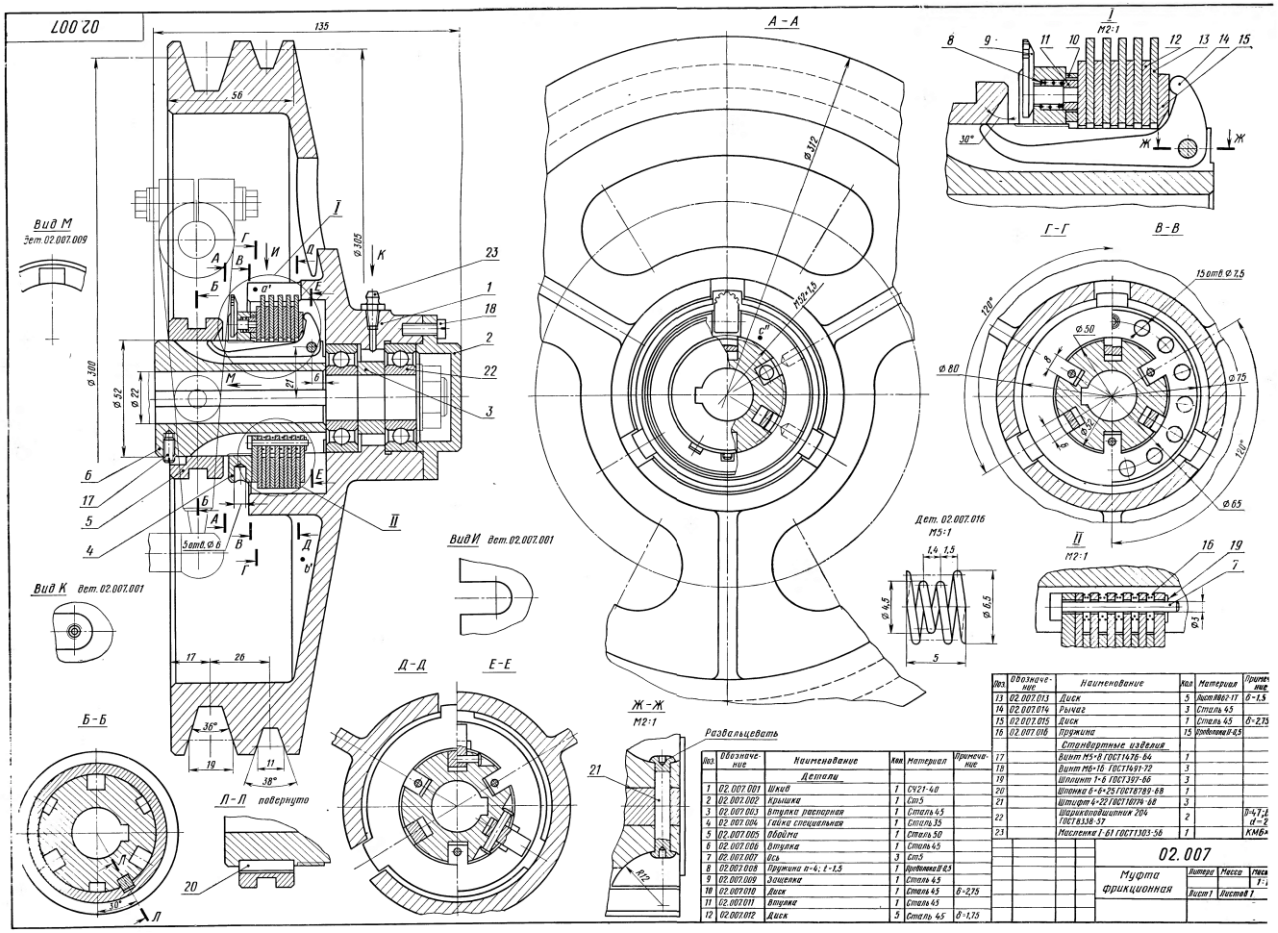
Вариант 8



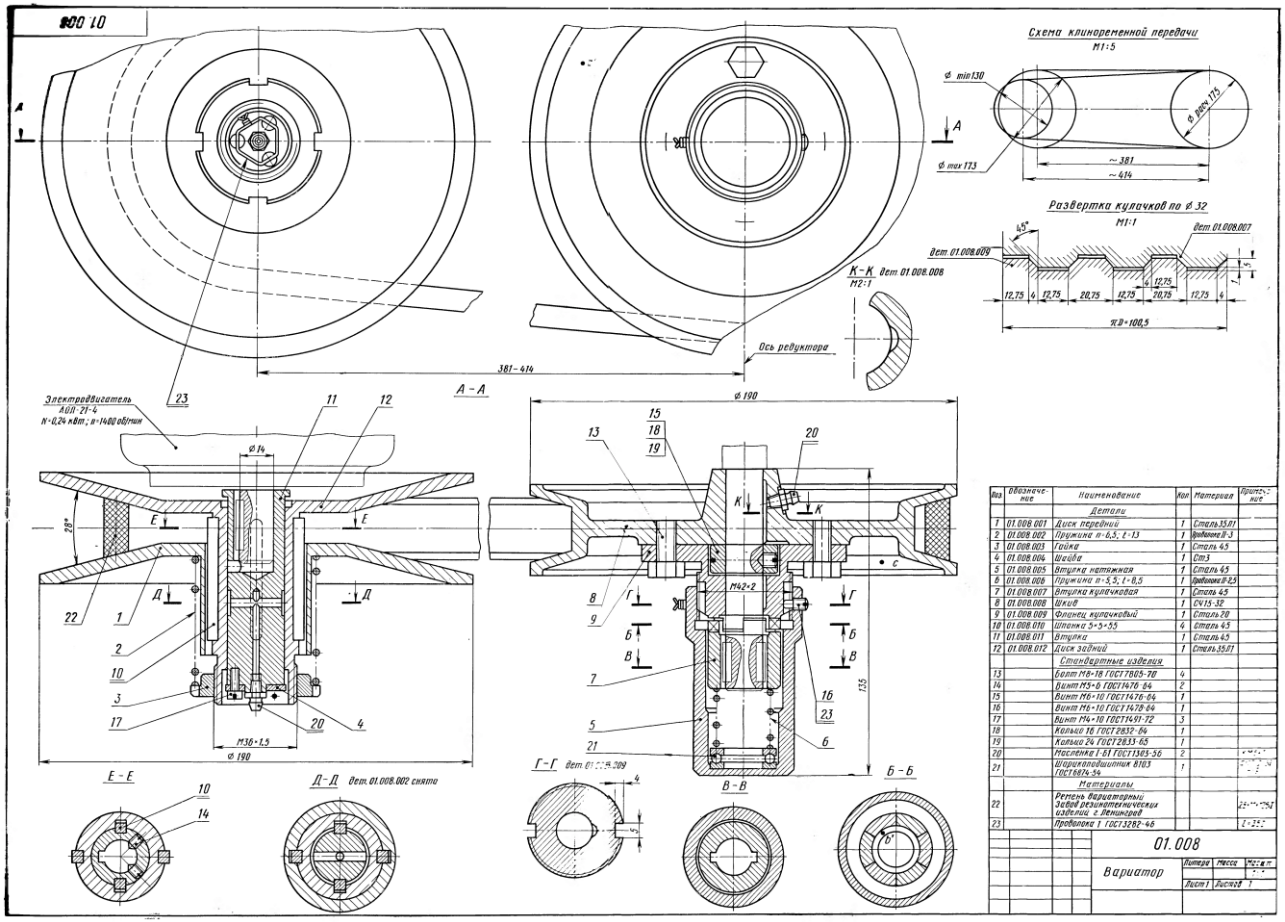
Вариант 9



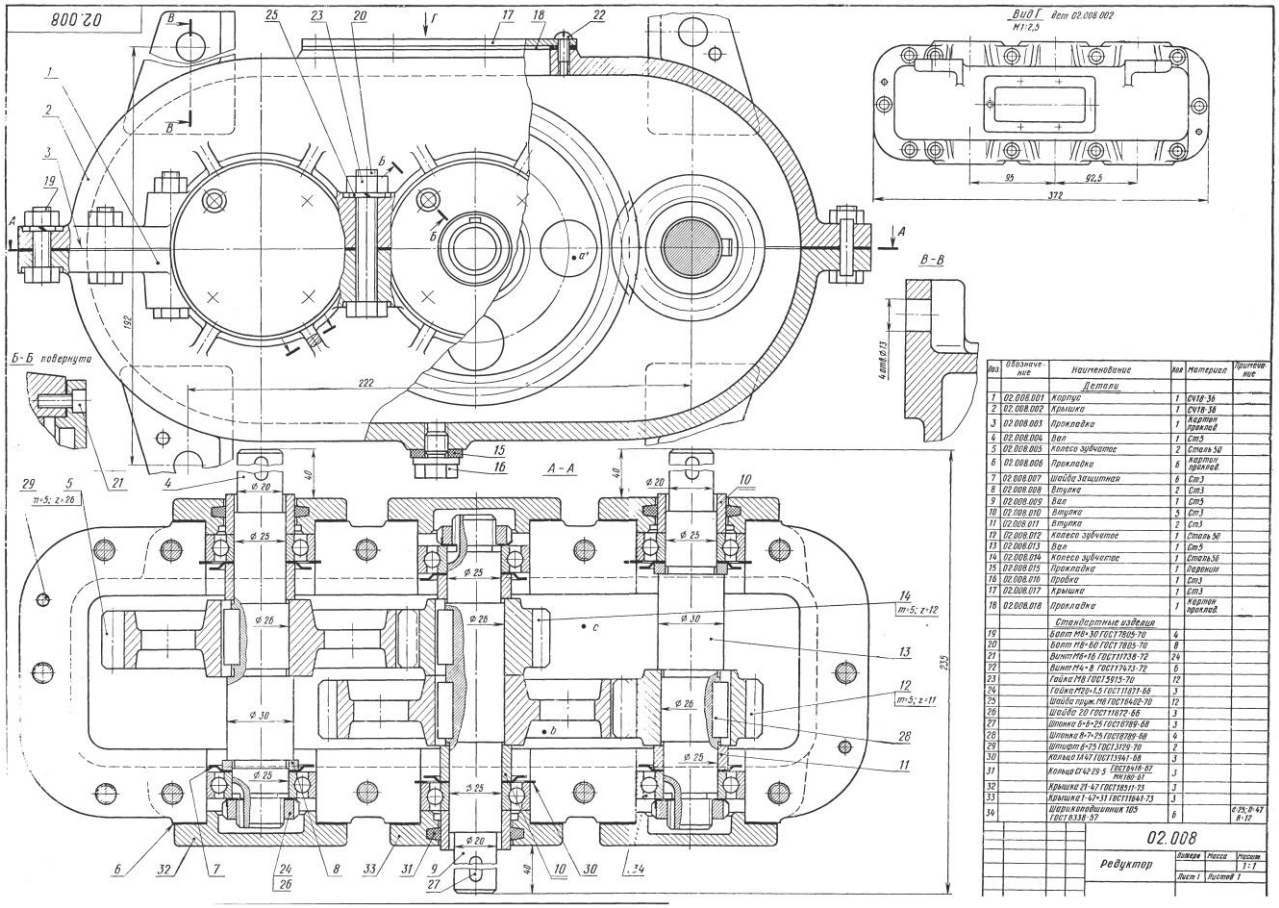
Вариант 10


02.007
135
58
А – А
Вид М
Дет. 02.007.009
Вид К
Дет. 02.007.001
Вид И
Дет. 02.007.001
Б – Б
Д – Д
Е – Е
Ж – Ж
М2:1
Л – Л
повернуто
Дет. 02.007.016
М5:1
Г – Г
В – В
М2:1
Развальцевать
02.007
Муфта фрикционная

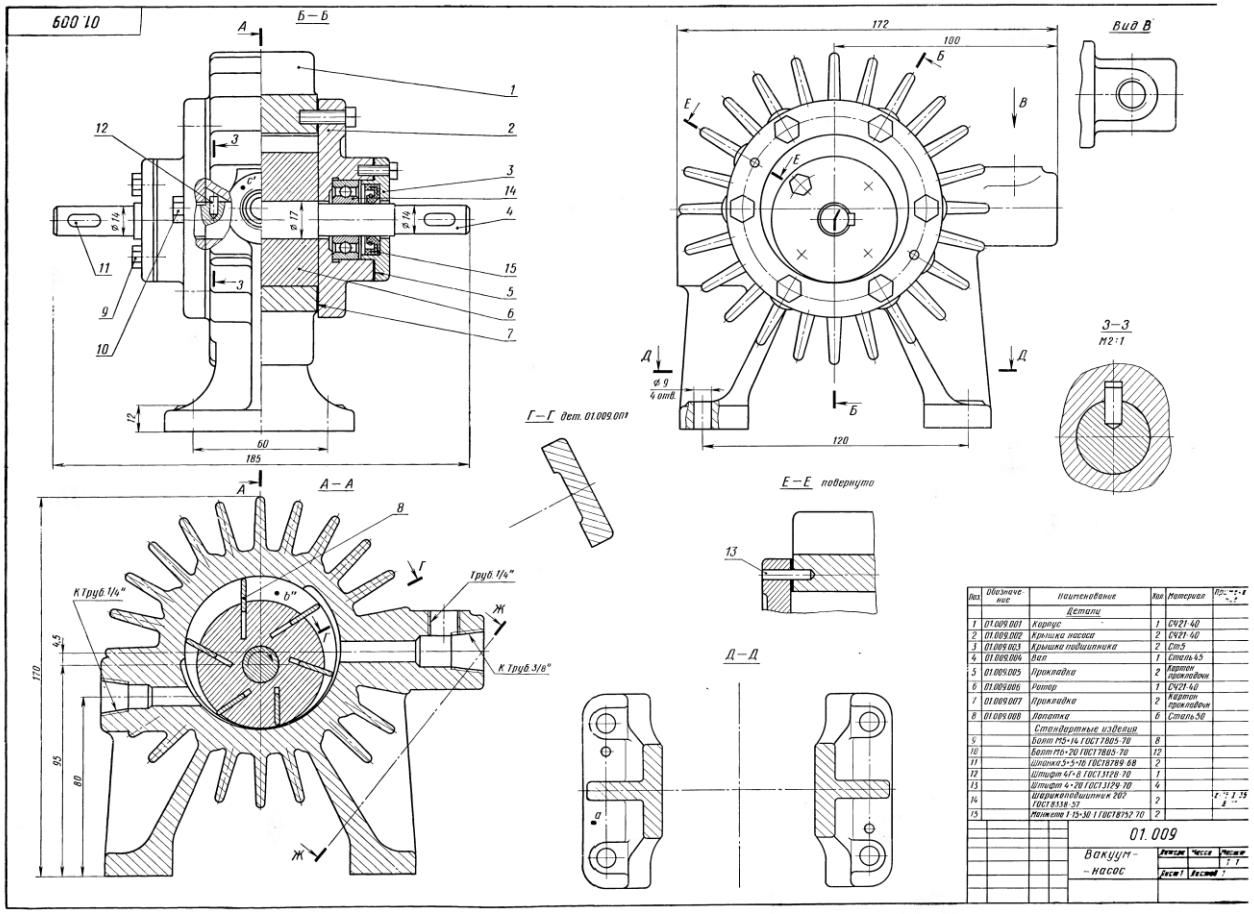
Вариант 11


Схема клиноременной передачи
Развертка кулачков по ⌀ 32
Электродвигатель
АОЛ-21-4
N-0,24 кВт; n-1400 об/мин
A – A
Б – Б
В – В
Г – Г
Д – Д
Е – Е
К – К
Ось редуктора
01.008
Вариатор

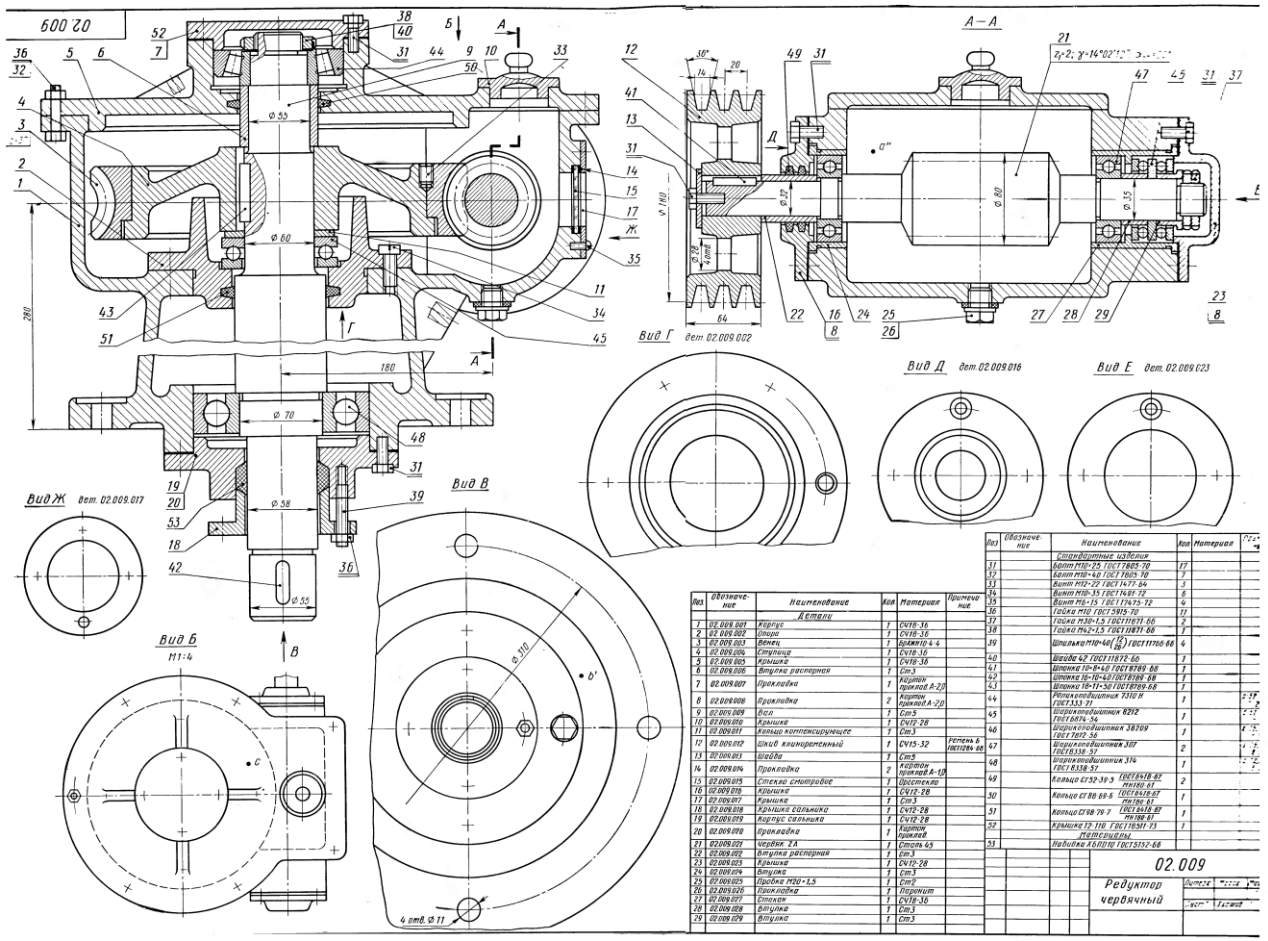
Вариант 12



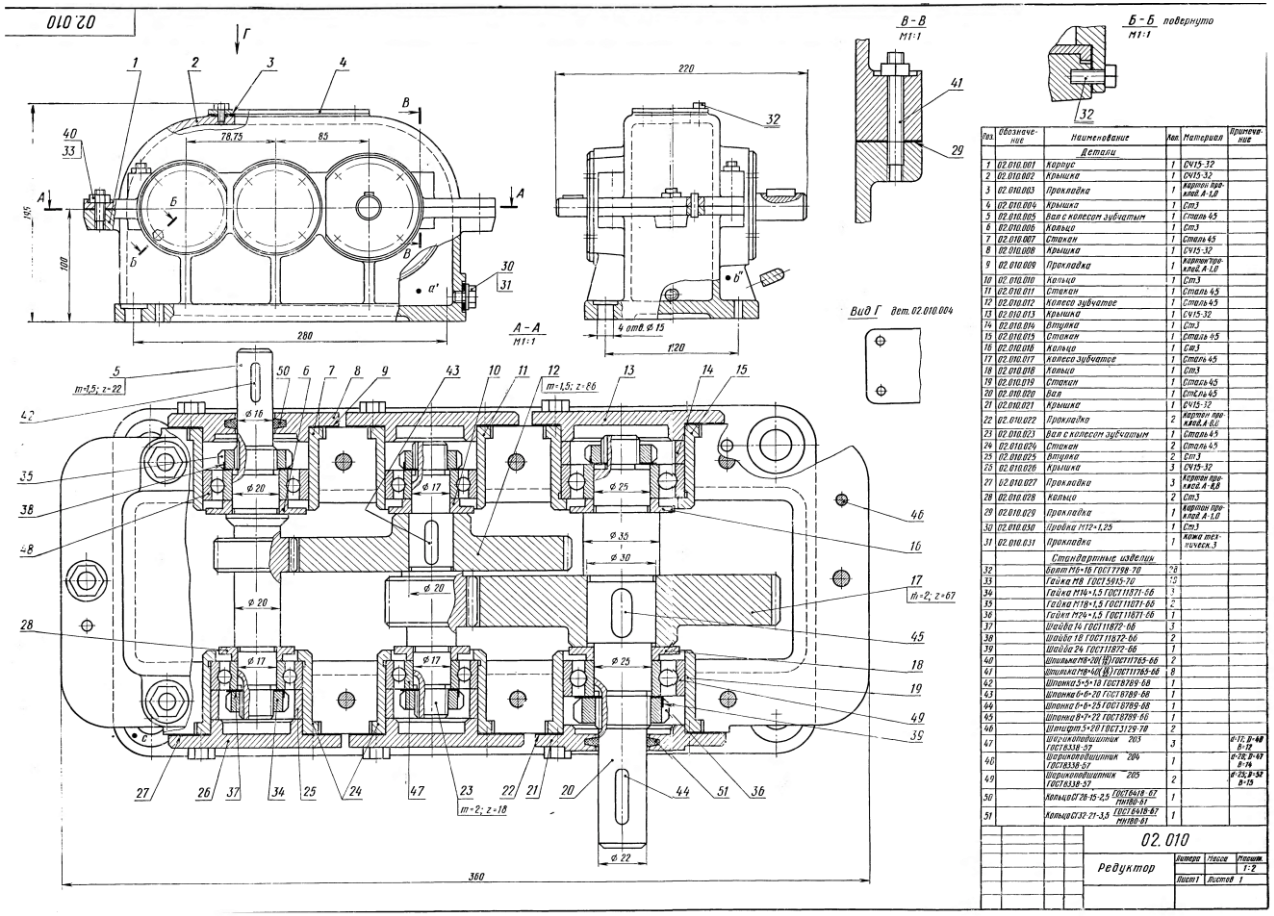
Вариант 13


Б—Б
Вид В
З—З
М2:1
Г—Г Дет. 01.009.001
Е—Е повернуто
А—А
Д—Д
К Труб. 1/4"
Труб. 1/4"
К Труб. 3/8"
01.009
Вакуум-насос

Вариант 14

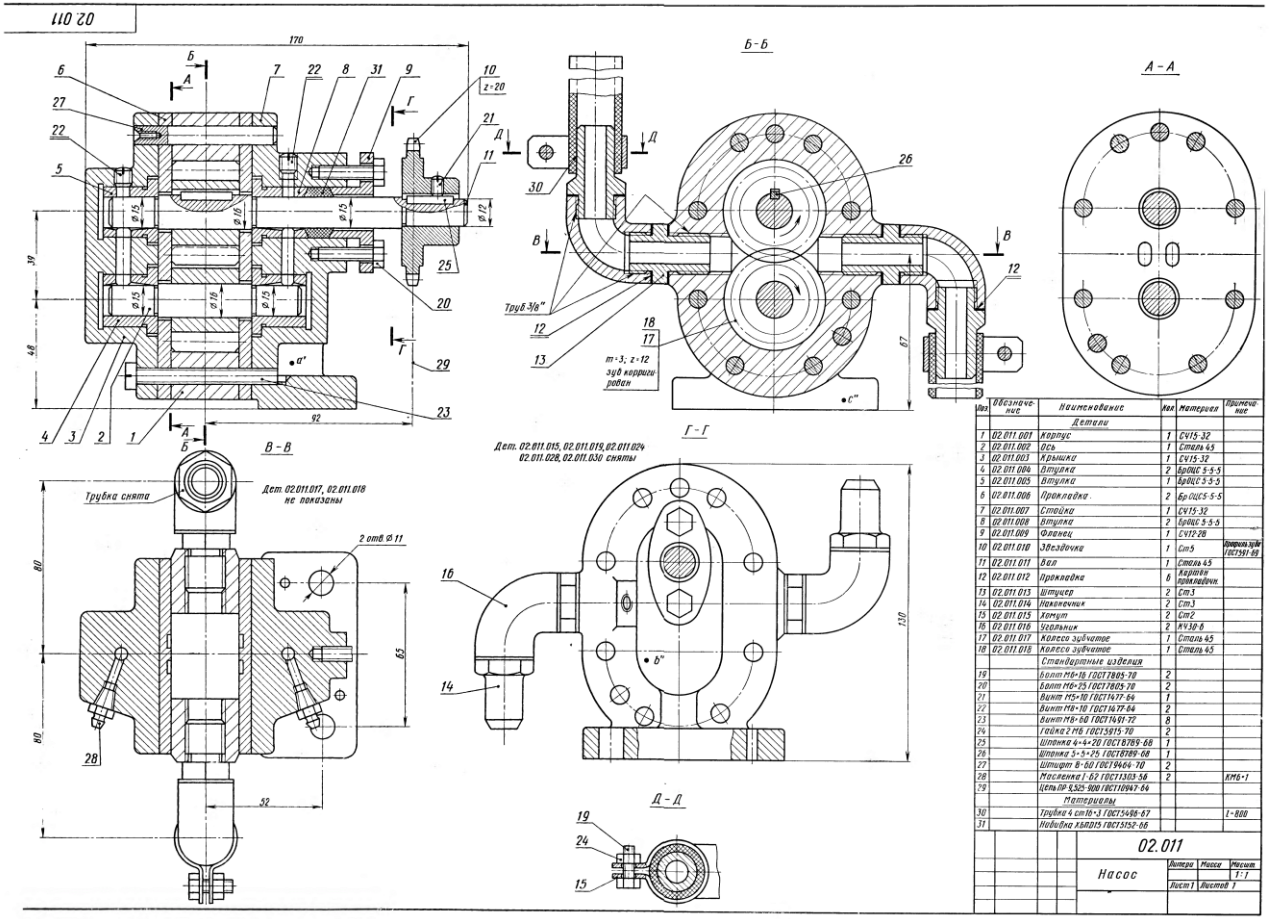

02.009
А – А
Вид Г
Вид Д
Вид Е
Вид Ж
Вид В
Вид Б
02.009
Редуктор червячный

Вариант 15



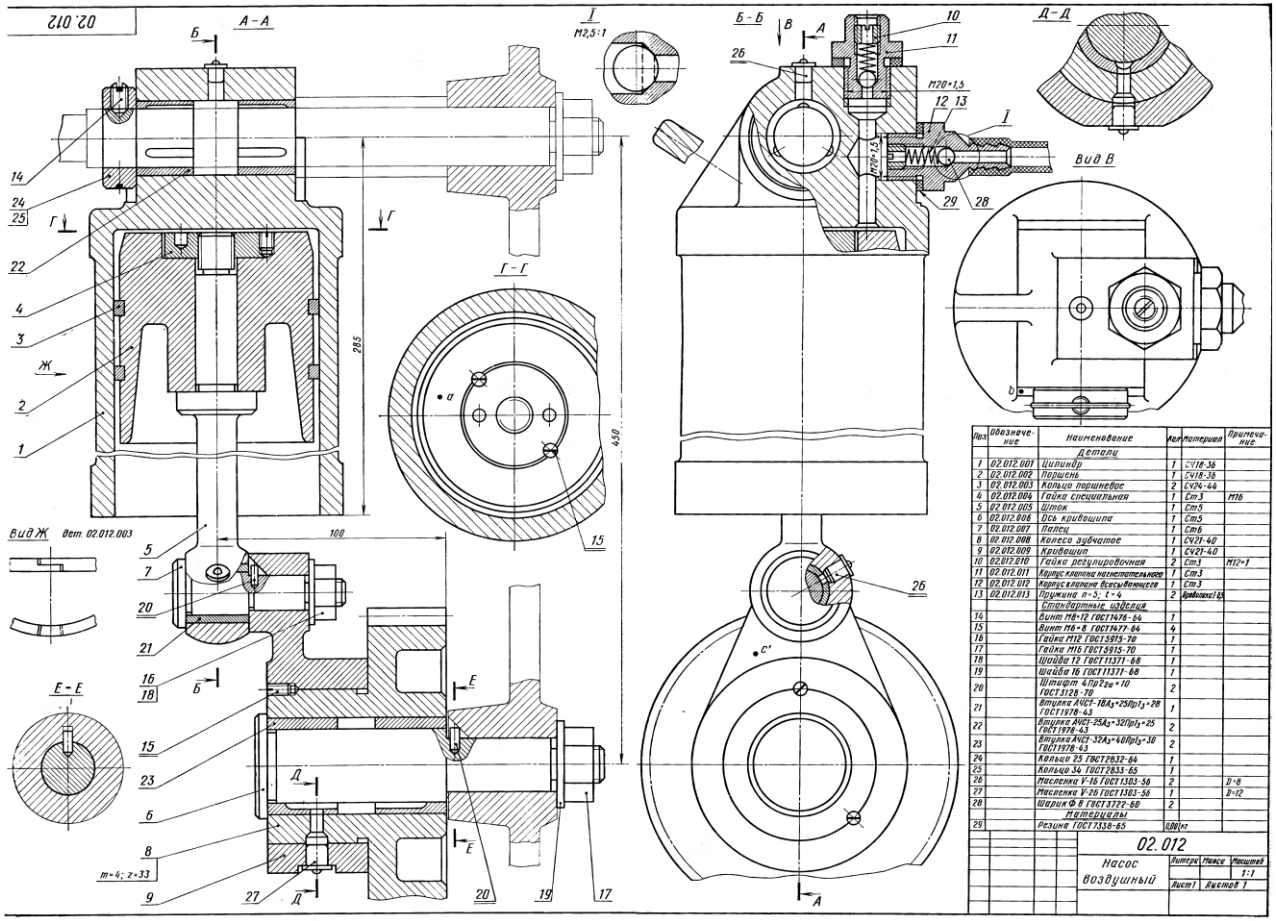
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Примечание
		Детали			
1	02.010.001	Корпус	1	СЧ15-32	
2	02.010.002	Крышка	1	СЧ15-32	
3	02.010.003	Прокладка	1	Картон прокл. А 1,0	
4	02.010.004	Крышка	1	Ст3	
5	02.010.005	Вал с колесом зубчатым	1	Сталь 45	
6	02.010.006	Кольцо	1	Ст3	
7	02.010.007	Стакан	1	Сталь 45	
8	02.010.008	Крышка	1	СЧ15-32	
9	02.010.009	Прокладка	1	Картон прокл. А 1,0	
10	02.010.010	Кольцо	1	Ст3	
11	02.010.011	Стакан	1	Сталь 45	
12	02.010.012	Колесо зубчатое	1	Сталь 45	
13	02.010.013	Крышка	1	СЧ15-32	
14	02.010.014	Втулка	1	Ст3	
15	02.010.015	Стакан	1	Сталь 45	
16	02.010.016	Кольцо	1	Ст3	
17	02.010.017	Колесо зубчатое	1	Сталь 45	
18	02.010.018	Кольцо	1	Ст3	
19	02.010.019	Стакан	1	Сталь 45	
20	02.010.020	Вал	1	Сталь 45	
21	02.010.021	Крышка	1	СЧ15-32	
22	02.010.022	Прокладка	2	Картон прокл. А 0,6	
23	02.010.023	Вал с колесом зубчатым	1	Сталь 45	
24	02.010.024	Стакан	2	Сталь 45	
25	02.010.025	Втулка	2	Ст3	
26	02.010.026	Крышка	3	СЧ15-32	
27	02.010.027	Прокладка	3	Картон прокл. А 0,8	
28	02.010.028	Кольцо	2	Ст3	
29	02.010.029	Прокладка	1	Картон прокл. А 1,0	
30	02.010.030	Пробка М12×1,25	1	Ст3	
31	02.010.031	Прокладка	1	Кожа технич. 3	
		Стандартные изделия			
32		Винт М6-6g ГОСТ 7798-70	28		
33		Гайка М6 ГОСТ 5915-70	10		
34		Гайка М30×1,5 ГОСТ 11871-88	1		
35		Гайка М18×1,5 ГОСТ 11871-88	2		
36		Гайка М24×1,5 ГОСТ 11871-88	1		
37		Шайба 14 ГОСТ 11872-89	3		
38		Шайба 16 ГОСТ 11872-89	2		
39		Шайба 24 ГОСТ 11872-89	1		
40		Штифт 8В×90 ГОСТ 17765-88	2		
41		Штифт 8В×60 ГОСТ 17765-88	8		
42		Шпонка 5×5×18 ГОСТ 8789-68	1		
43		Шпонка 6×6×20 ГОСТ 8789-68	1		
44		Шпонка 6×8×25 ГОСТ 8789-68	1		
45		Шпонка 8×7×22 ГОСТ 8789-68	1		
46		Штифт 5×20 ГОСТ 3129-70	2		
47		Шарикоподшипник 203 ГОСТ 8338-57	3		d=17; D=40; B=12
48		Шарикоподшипник 204 ГОСТ 8338-57	1		d=20; D=47; B=14
49		Шарикоподшипник 205 ГОСТ 8338-57	2		d=25; D=52; B=15
50		Кольцо 070-75-25 ГОСТ 6418-67 ТМ1180-87	1		
51		Кольцо 032-21-3,5 ГОСТ 6418-67 ТМ1180-87	1		

Вариант 16



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Примечание
		Детали			
1	02.011.001	Корпус	1	СЧ15-32	
2	02.011.002	Ось	1	Сталь 45	
3	02.011.003	Крышка	1	СЧ15-32	
4	02.011.004	Втулка	2	БрОЦС 5-5-5	
5	02.011.005	Втулка	1	БрОЦС 5-5-5	
6	02.011.006	Прокладка	2	Бр.ОЦС5-5-5	
7	02.011.007	Стойка	1	СЧ15-32	
8	02.011.008	Втулка	2	БрОЦС 5-5-5	
9	02.011.009	Фланец	1	СЧ12-28	
10	02.011.010	Звездочка	1	Ст5	Профиль зуба ГОСТ591-69
11	02.011.011	Вал	1	Сталь 45	
12	02.011.012	Прокладка	6	Картон прокладочн.	
13	02.011.013	Штуцер	2	Ст3	
14	02.011.014	Наконечник	2	Ст3	
15	02.011.015	Хомут	2	Ст2	
16	02.011.016	Уравнит	2	М12Р-6	
17	02.011.017	Колесо зубчатое	1	Сталь 45	
18	02.011.018	Колесо зубчатое	1	Сталь 45	
		Стандартные изделия			
19		Болт М6×16 ГОСТ7805-70	2		
20		Болт М6×25 ГОСТ7805-70	2		
21		Винт М5×10 ГОСТ7477-64	1		
22		Винт М8×10 ГОСТ1477-64	2		
23		Винт М8×60 ГОСТ1491-72	8		
24		Гайка 2 М6 ГОСТ5915-70	2		
25		Шпонка 4×4×20 ГОСТ8789-68	1		
26		Шпонка 5×5×25 ГОСТ8789-68	1		
27		Штифт 8×50 ГОСТ9464-70	2		
28		Масленка 1-Б2 ГОСТ1303-56	2		КМ6×1
29		Цепь ПР 9,525-900 ГОСТ10947-64			
		Материалы			
30		Трубка 4 ст10×3 ГОСТ5496-67			1-880
31		Набивка хлопч ГОСТ5152-66			

Вариант 17



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Примечание
		Детали			
1	02.012.001	Цилиндр	1	Сч18-36	
2	02.012.002	Поршень	1	Сч18-36	
3	02.012.003	Кольцо поршневое	2	Сч24-44	
4	02.012.004	Гайка специальная	1	Ст3	М16
5	02.012.005	Шток	1	Ст5	
6	02.012.006	Ось кривошипа	1	Ст5	
7	02.012.007	Палец	1	Ст6	
8	02.012.008	Колесо зубчатое	1	Сч21-40	
9	02.012.009	Кривошип	1	Сч21-40	
10	02.012.010	Гайка регулировочная	2	Ст3	М12×1
11	02.012.011	Корпус клапана нагнетательного	1	Ст3	
12	02.012.012	Корпус клапана всасывающего	1	Ст3	
13	02.012.013	Пружина п-5; t-4	2	Проволока ВБ	
		Стандартные изделия			
14		Винт М8-12 ГОСТ 1476-64	1		
15		Винт М6-8 ГОСТ 1477-64	4		
16		Гайка М12 ГОСТ 5915-70	1		
17		Гайка М16 ГОСТ 5915-70	1		
18		Шайба 12 ГОСТ 11371-68	1		
19		Шайба 16 ГОСТ 11371-68	1		
20		Штифт 4,0×2 св-10 ГОСТ 3128-70	2		
21		Втулка АЧСТ-18А3×25П63×28 ГОСТ 1978-43	1		
22		Втулка АЧСТ-25А3×32П63×25 ГОСТ 1978-43	2		
23		Втулка АЧСТ-32А3×40П63×30 ГОСТ 1978-43	2		
24		Кольцо 25 ГОСТ 9833-64	1		
25		Кольцо 34 ГОСТ 9833-65	1		
26		Масленка У-16 ГОСТ 1303-56	2		D=8
27		Масленка У-26 ГОСТ 1303-56	1		D=12
28		Шарик Ф 8 ГОСТ 3722-60	2		
		Материалы			
29		Резина ГОСТ 7338-65	0,001 т		

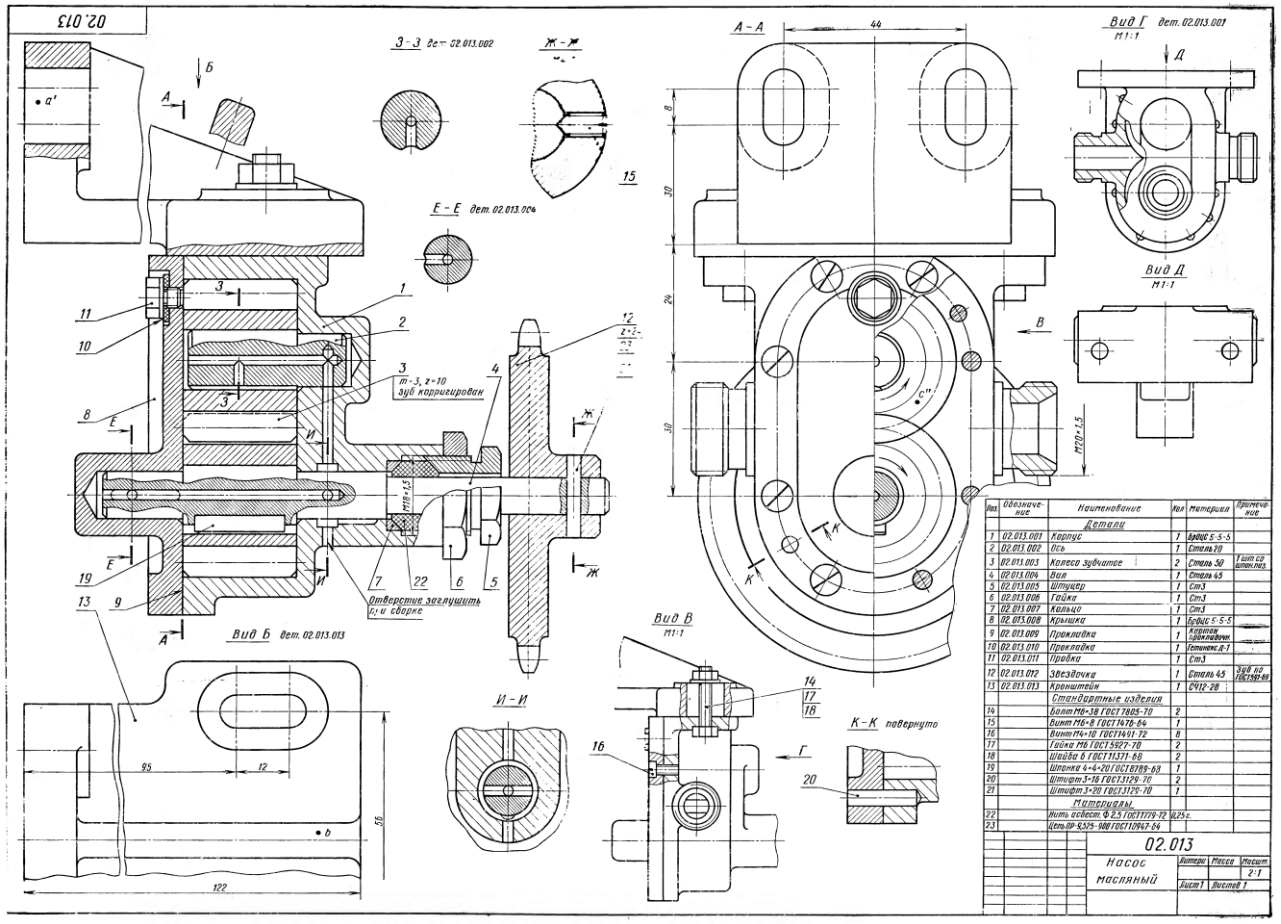
02.012

Насос воздушный

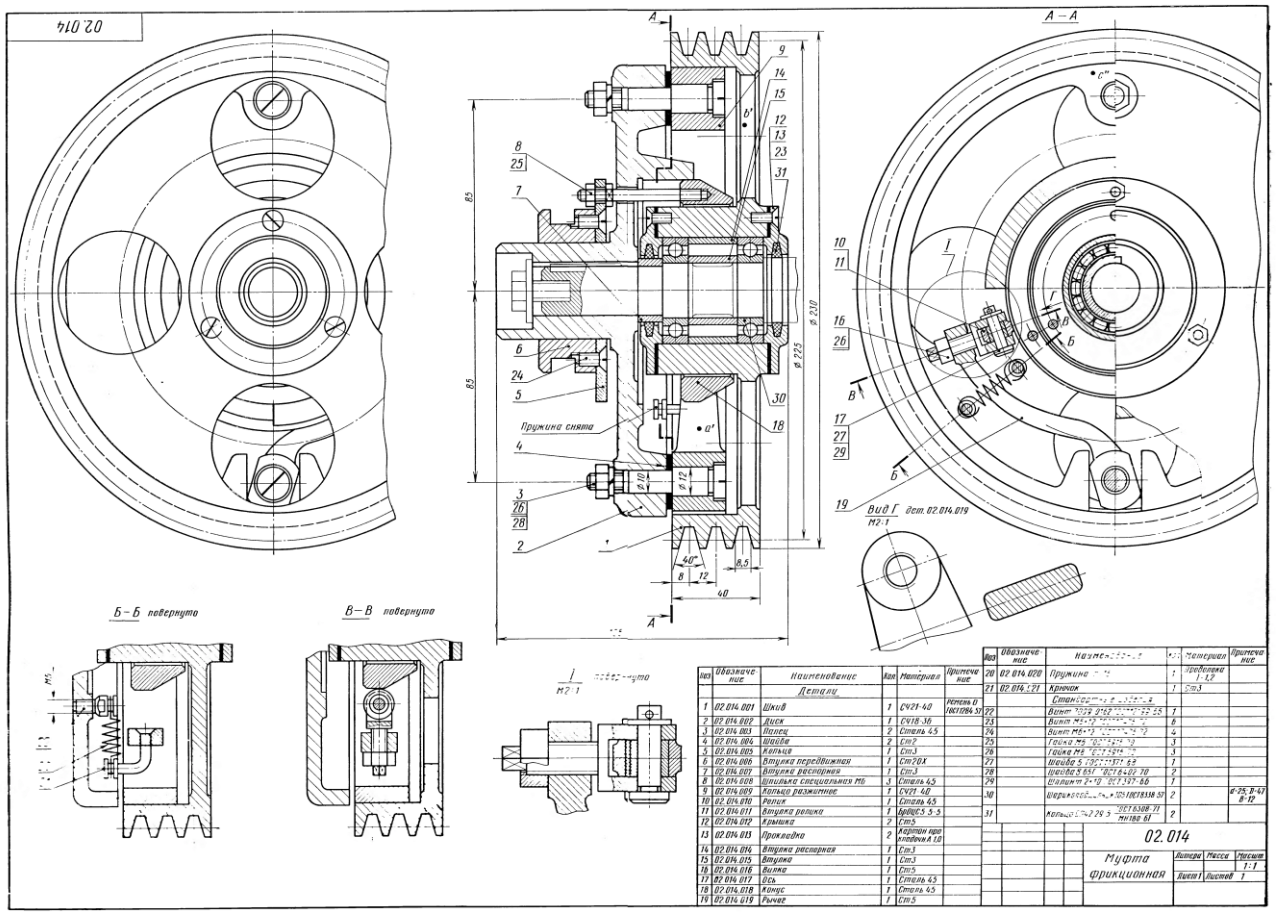
Литера | Масса | Масштаб 1:1

Лист 1 | Листов 1

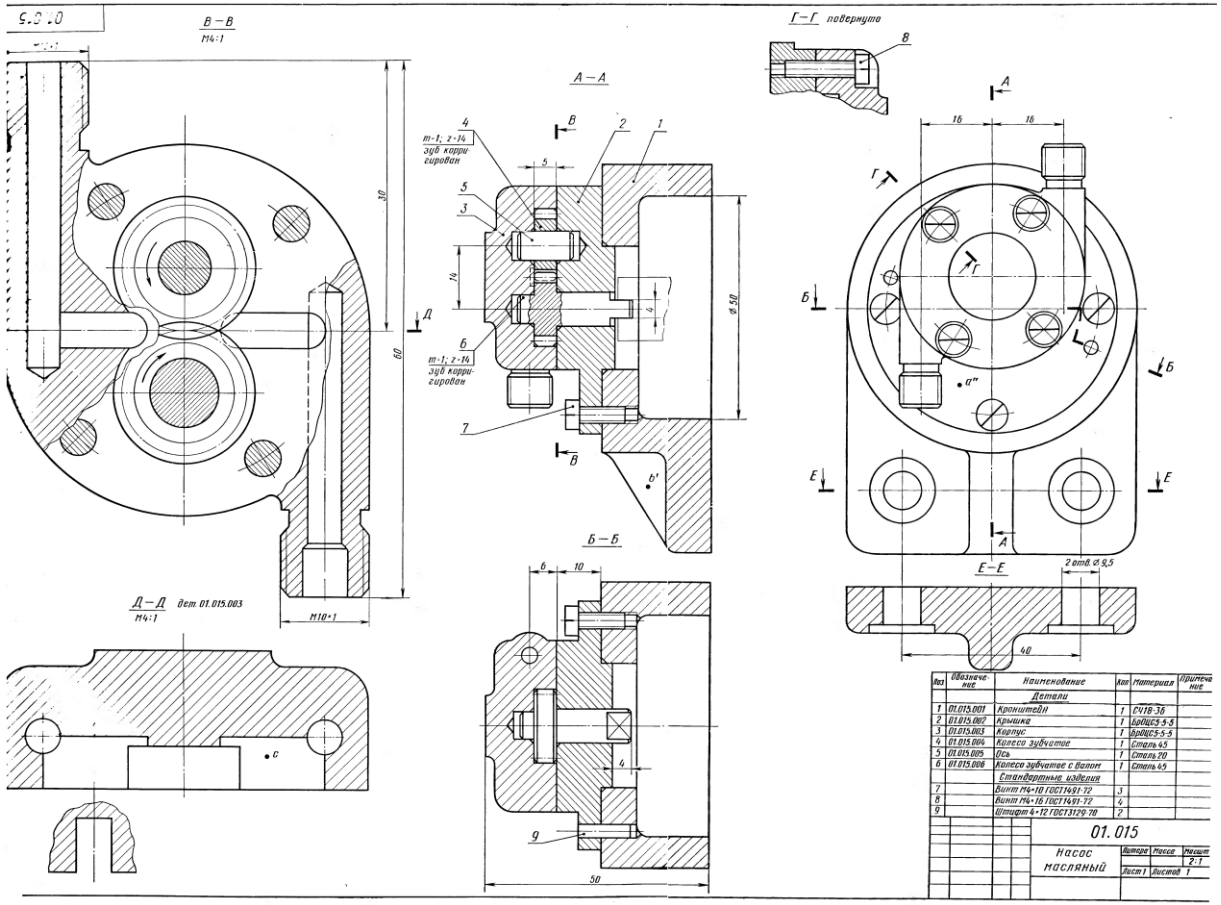
Вариант 18


02.013
А – А
Вид Г дет. 02.013.001
Вид Д
Вид Б дет. 02.013.013
Вид В
И – И
К – К повернуто
Отверстие заглушить при сборке
02.013
Насос масляный

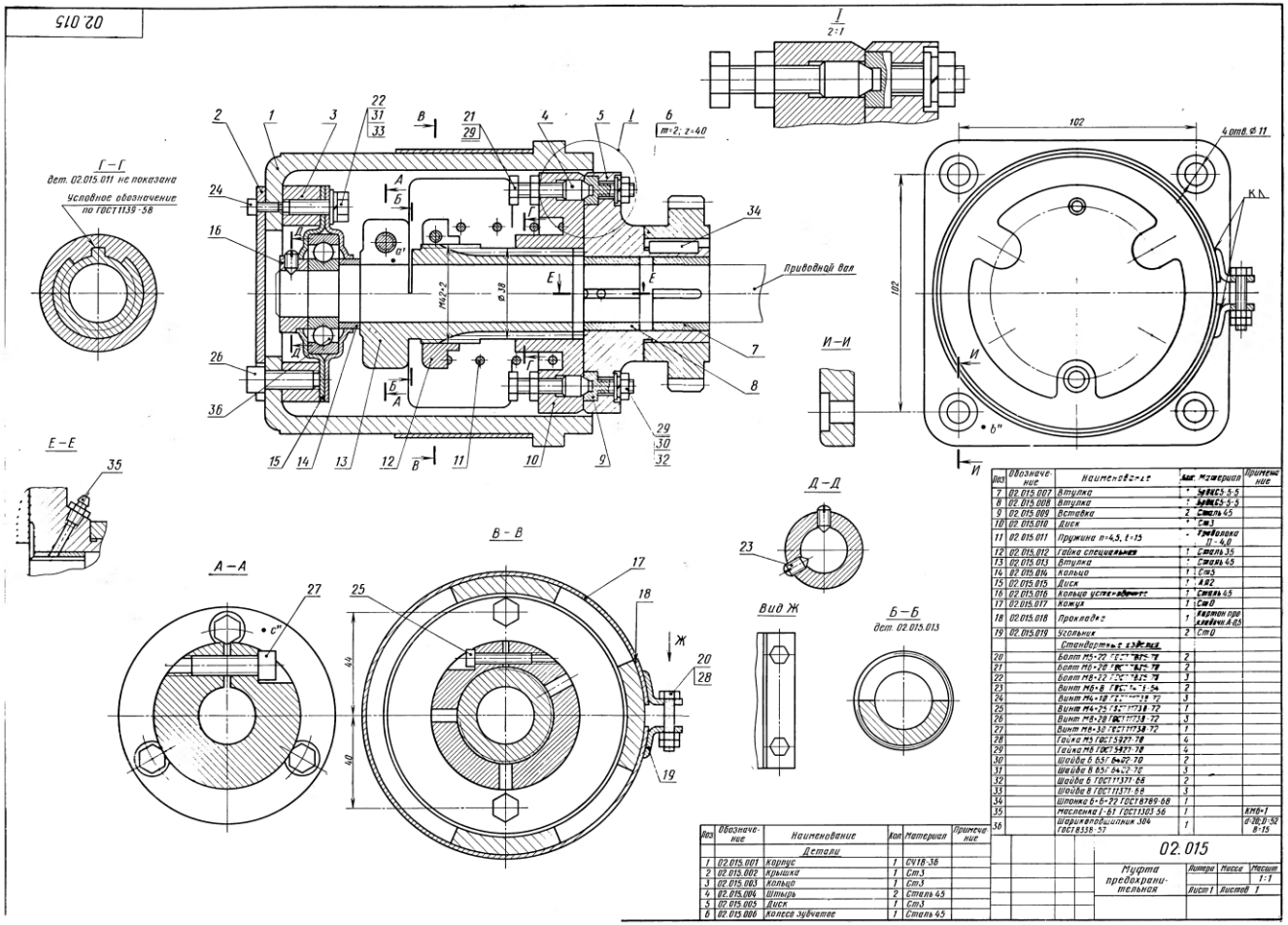
Вариант 19


02.014
А – А
Б – Б повернуто
В – В повернуто
Вид Г
Пружина снята
02.014
Муфта фрикционная

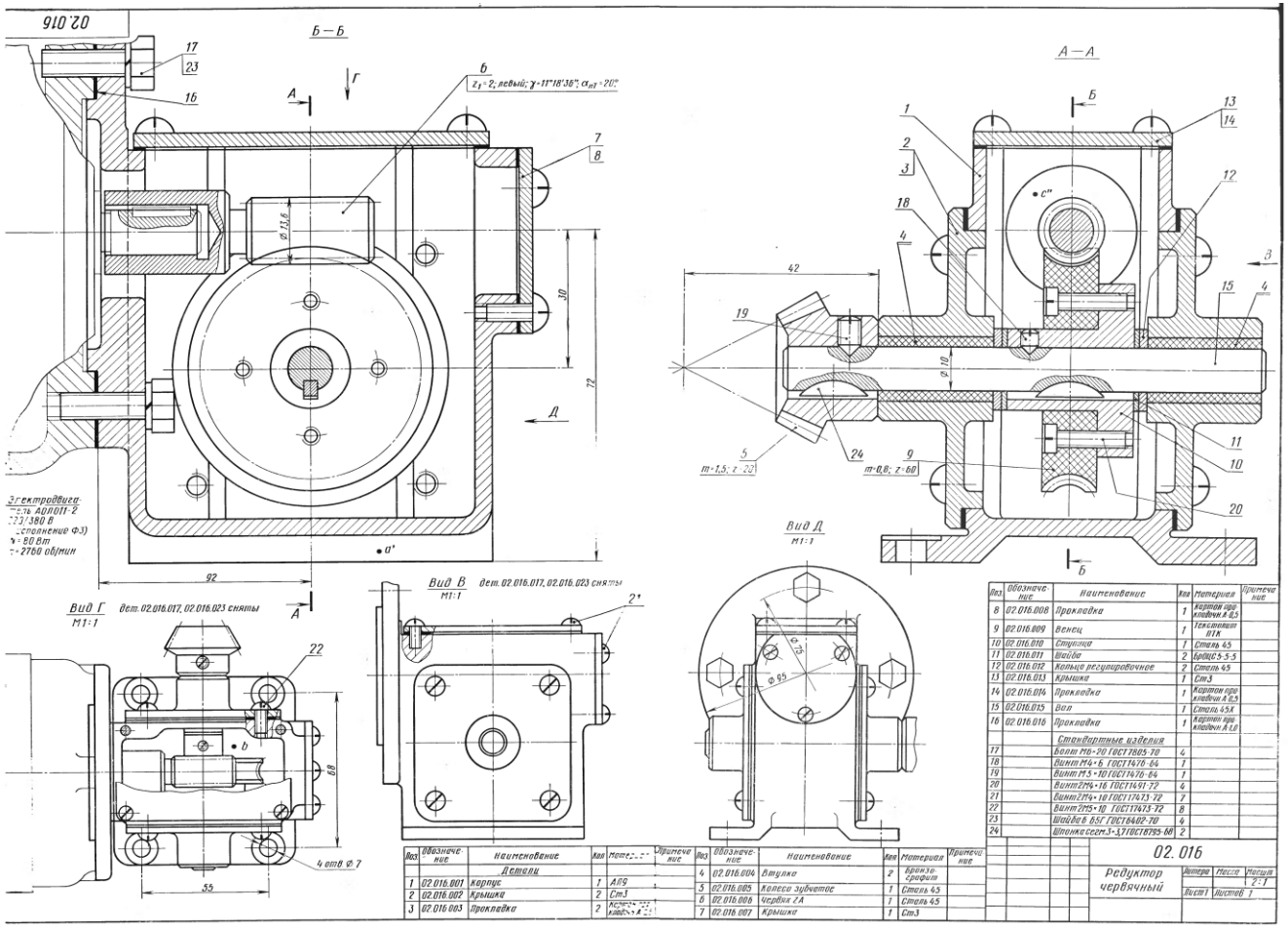
Вариант 20


В – В
М4:1
А – А
Г – Г повернуто
Д – Д
дет. 01.015.003
М4:1
Б – Б
Е – Е
2 отв. Ø 8,5
01.015
Насос масляный
Лист 1
Листов 1

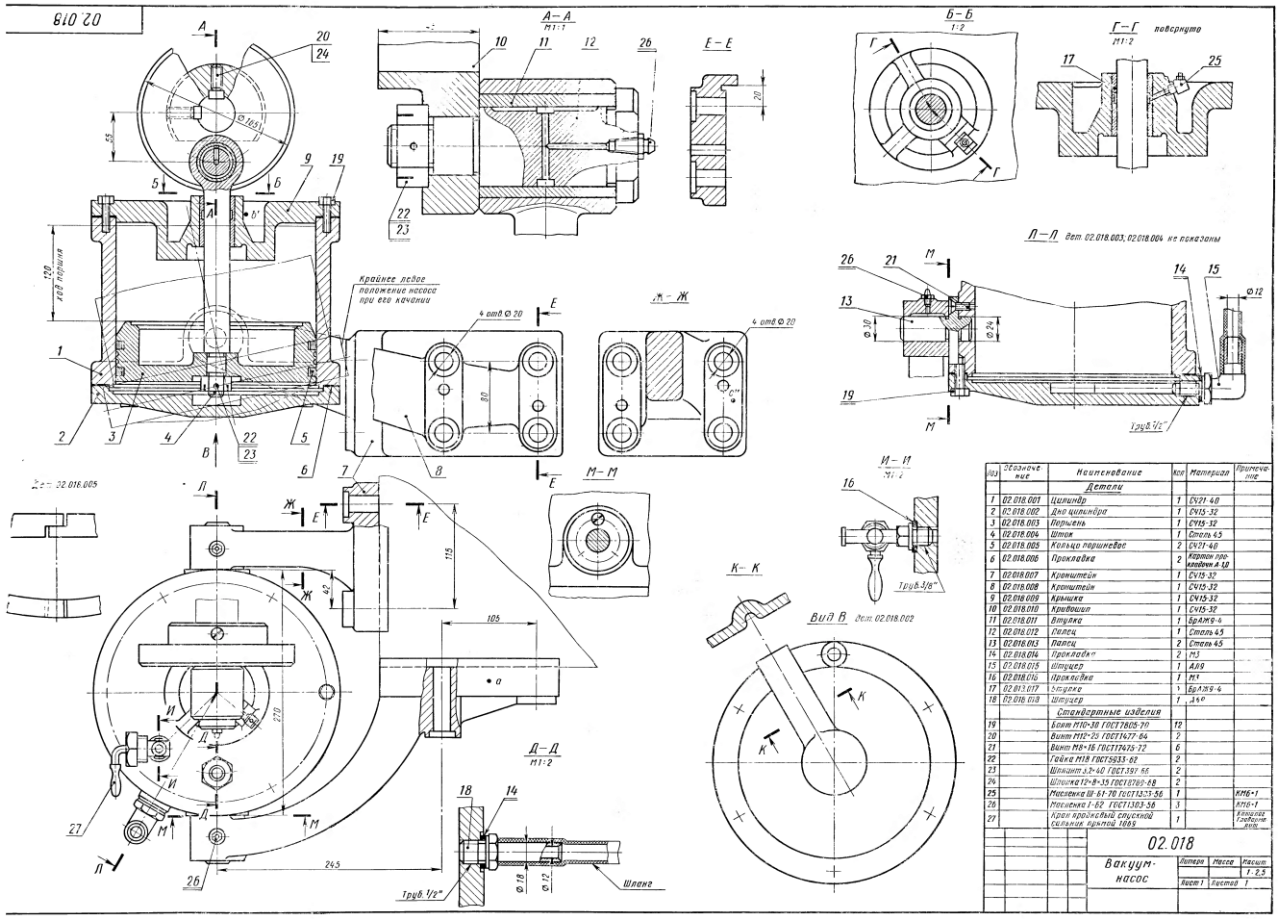
Вариант 21


02.015
Приводной вал
Г – Г
Е – Е
А – А
В – В
Д – Д
И – И
Вид Ж
Б – Б
02.015
Муфта предохранительная

Вариант 22



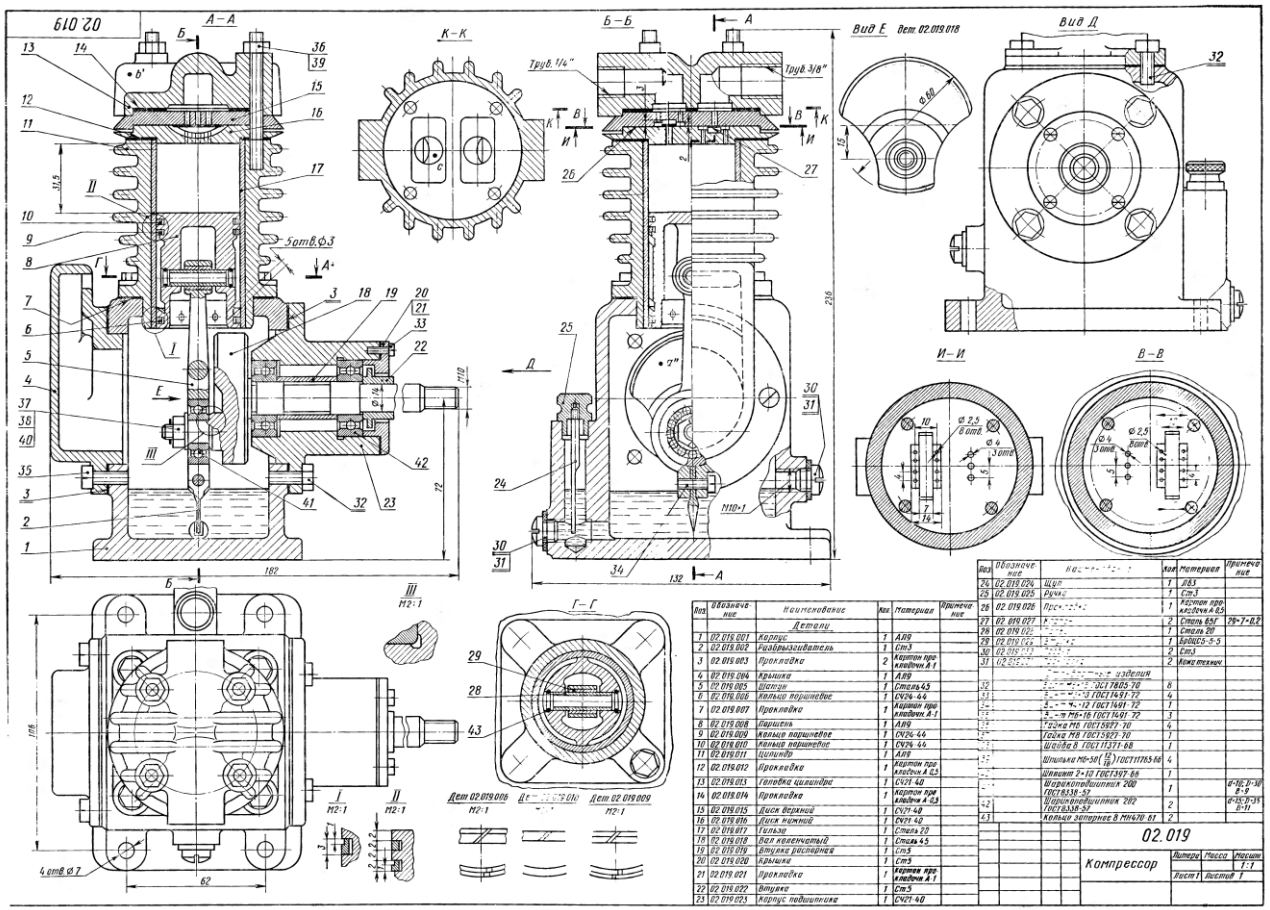
Вариант 23



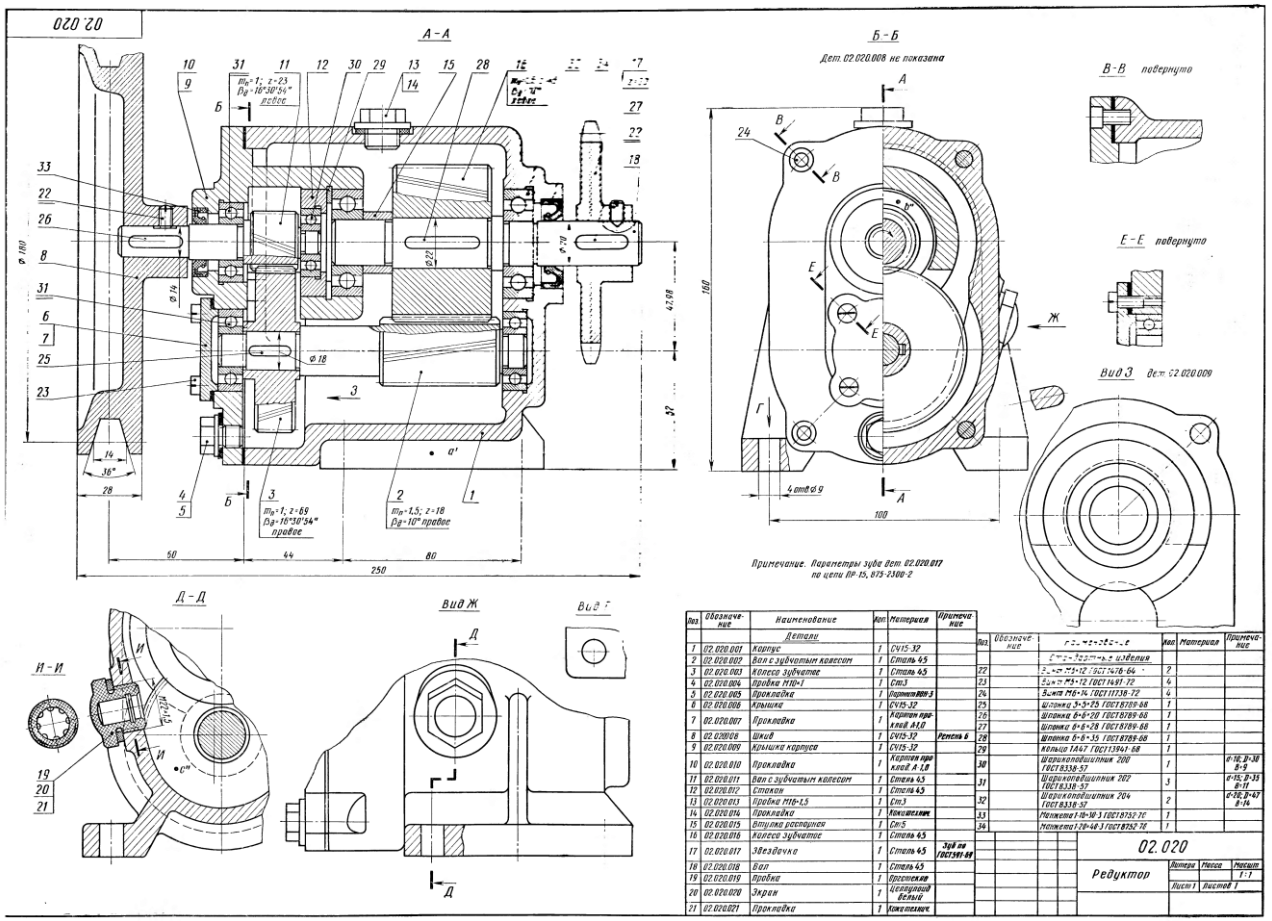
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Примечание
		Детали			
1	02.018.001	Цилиндр	1	СЧ21-40	
2	02.018.002	Дно цилиндра	1	СЧ15-32	
3	02.018.003	Поршень	1	СЧ15-32	
4	02.018.004	Шток	1	Сталь 45	
5	02.018.005	Кольцо поршневое	2	СЧ21-40	
6	02.018.006	Прокладка	2	Картон прокладочный А ГОСТ	
7	02.018.007	Кронштейн	1	СЧ15-32	
8	02.018.008	Кронштейн	1	СЧ15-32	
9	02.018.009	Крышка	1	СЧ15-32	
10	02.018.010	Кривошип	1	СЧ15-32	
11	02.018.011	Втулка	1	БрАЖ9-4	
12	02.018.012	Палец	1	Сталь 45	
13	02.018.013	Палец	2	Сталь 45	
14	02.018.014	Прокладка	2	М3	
15	02.018.015	Штуцер	1	Л90	
16	02.018.016	Прокладка	1	М3	
17	02.013.017	Втулка	1	БрАЖ9-4	
18	02.018.018	Штуцер	1	Л90	
		Стандартные изделия			
19		Болт М10×30 ГОСТ7805-70	12		
20		Винт М12×25 ГОСТ1477-84	2		
21		Винт М8×16 ГОСТ17475-72	6		
22		Гайка М18 ГОСТ5933-62	2		
23		Шпонка 3,5×40 ГОСТ 397-65	2		
24		Шпонка 12×8×35 ГОСТ 8789-68	2		
25		Масленка 6-61-78 ГОСТ 13-57-56	1		КМ6-1
26		Масленка 1-62 ГОСТ 1303-56	3		КМ6-1
27		Кран проходной спускной сальник. диаметр 10мм	1		Конусное глубокое дно

			Литера	Масса	Масштаб
		Вакуум-насос			1:2,5
			Лист 1	Листов 1	

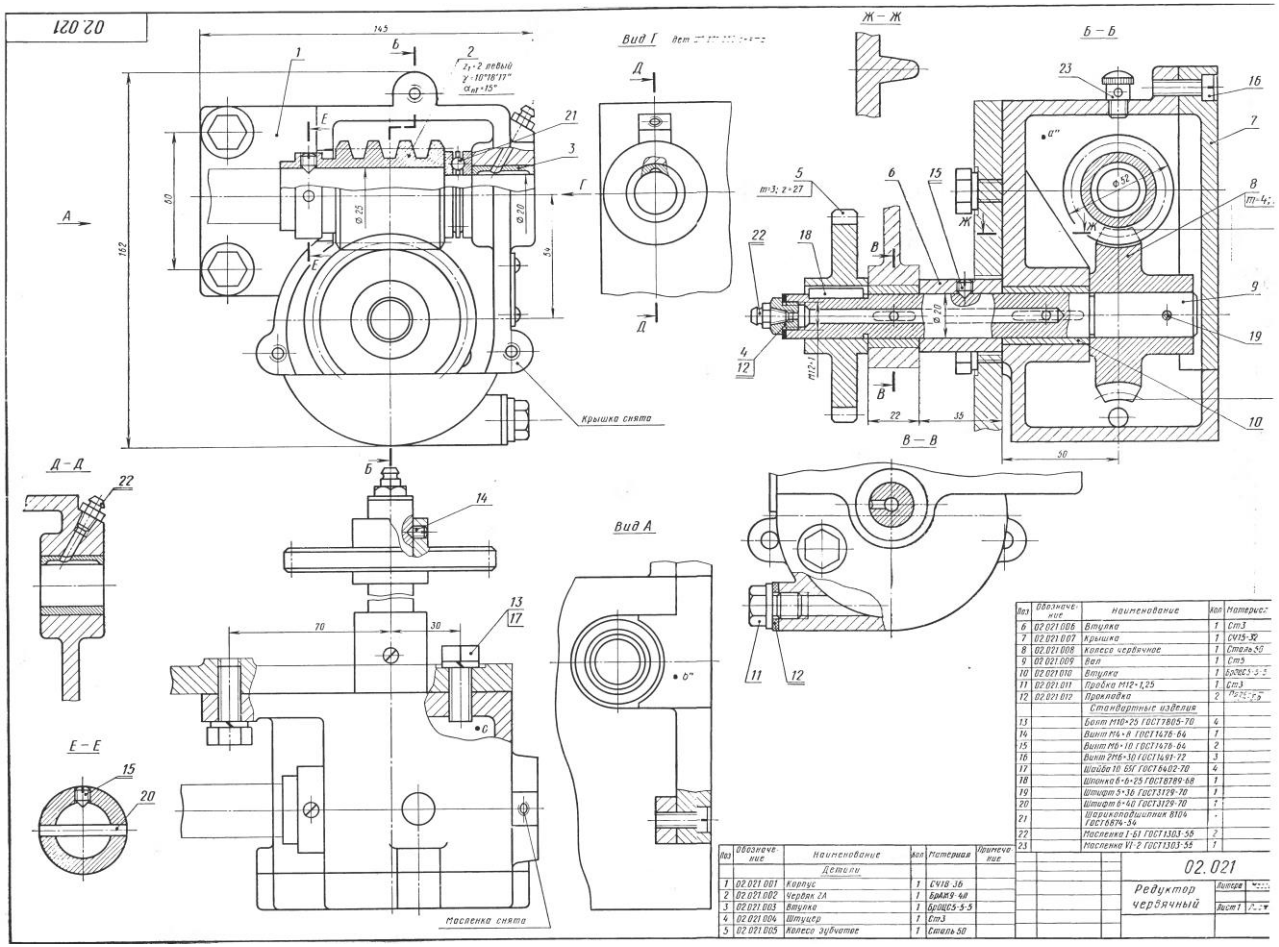
Вариант 24


02.019
А–А
Б–Б
К–К
Г–Г
Д
И–И
В–В
Вид Е
Вид Д
Труб. 1/4"
Труб. 3/8"
5 отв. Ø3
4 отв. Ø7
Дет 02.019.006
Дет 02.019.009
02.019
Компрессор

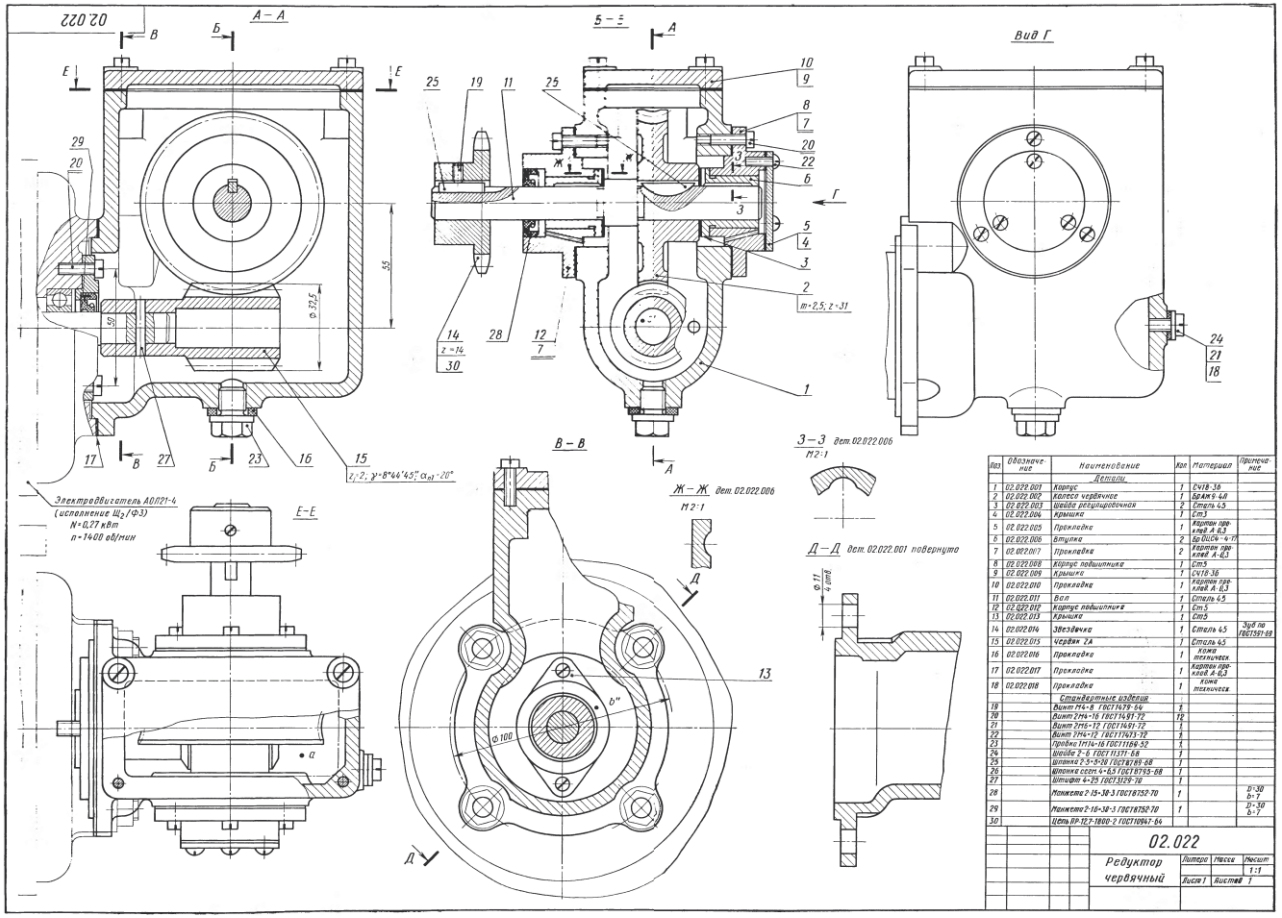
Вариант 25


02.020
А-А
Б-Б
Дет. 02.020.008 не показана
В-В повернуто
Е-Е повернуто
Вид З Дет 02.020.009
Примечание. Параметры зуба дет 02.020.017 по цепи ПР-15, 875-3300-2
Д-Д
И-И
Вид Ж
Вид Г
02.020
Редуктор
Лит. | Масса | Масшт.
1:1
Лист 1 | Листов 1

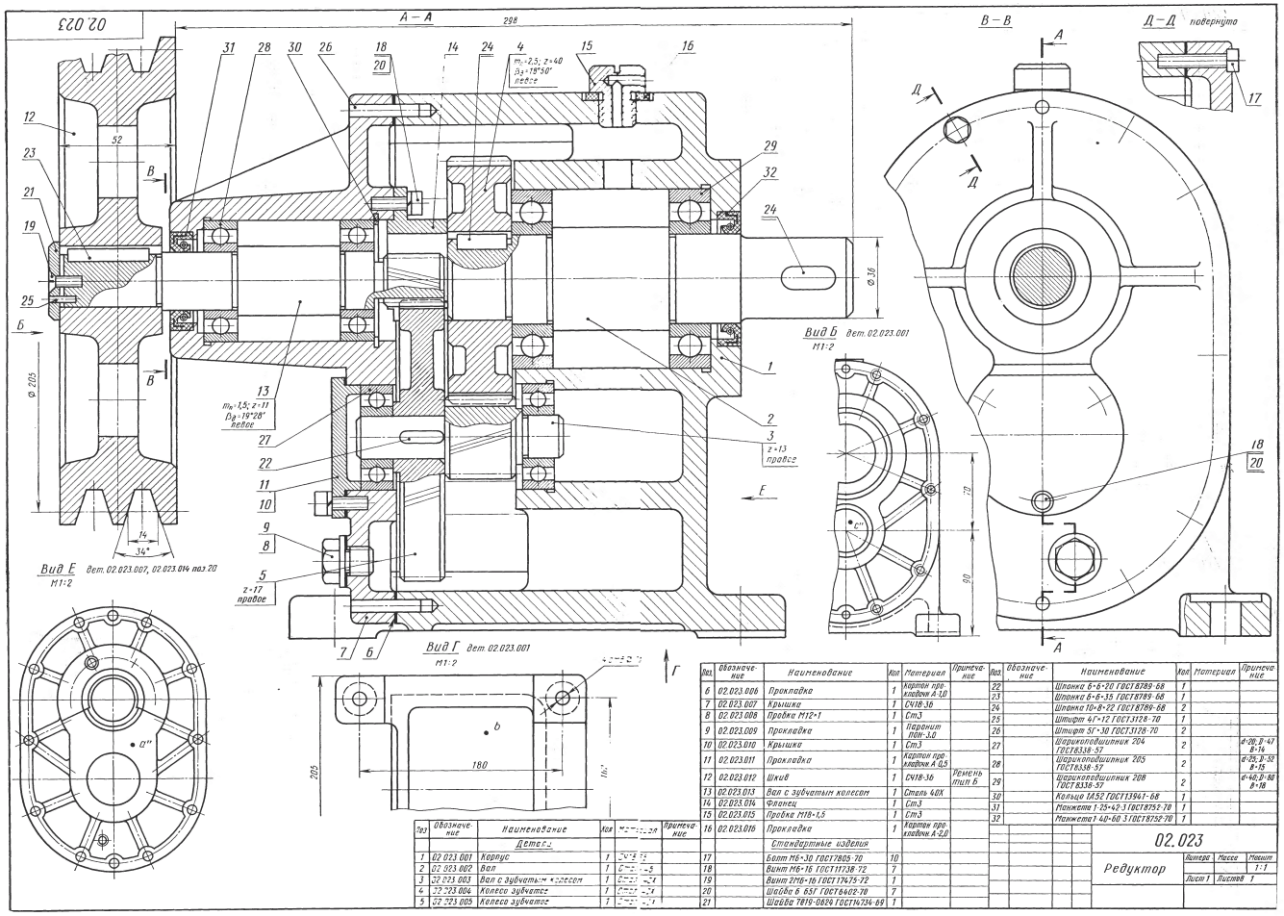
Вариант 26


02.021
Вид Г
Ж – Ж
Б – Б
Крышка снята
Д – Д
В – В
Вид А
Масленка снята
Е – Е
Редуктор червячный
02.021

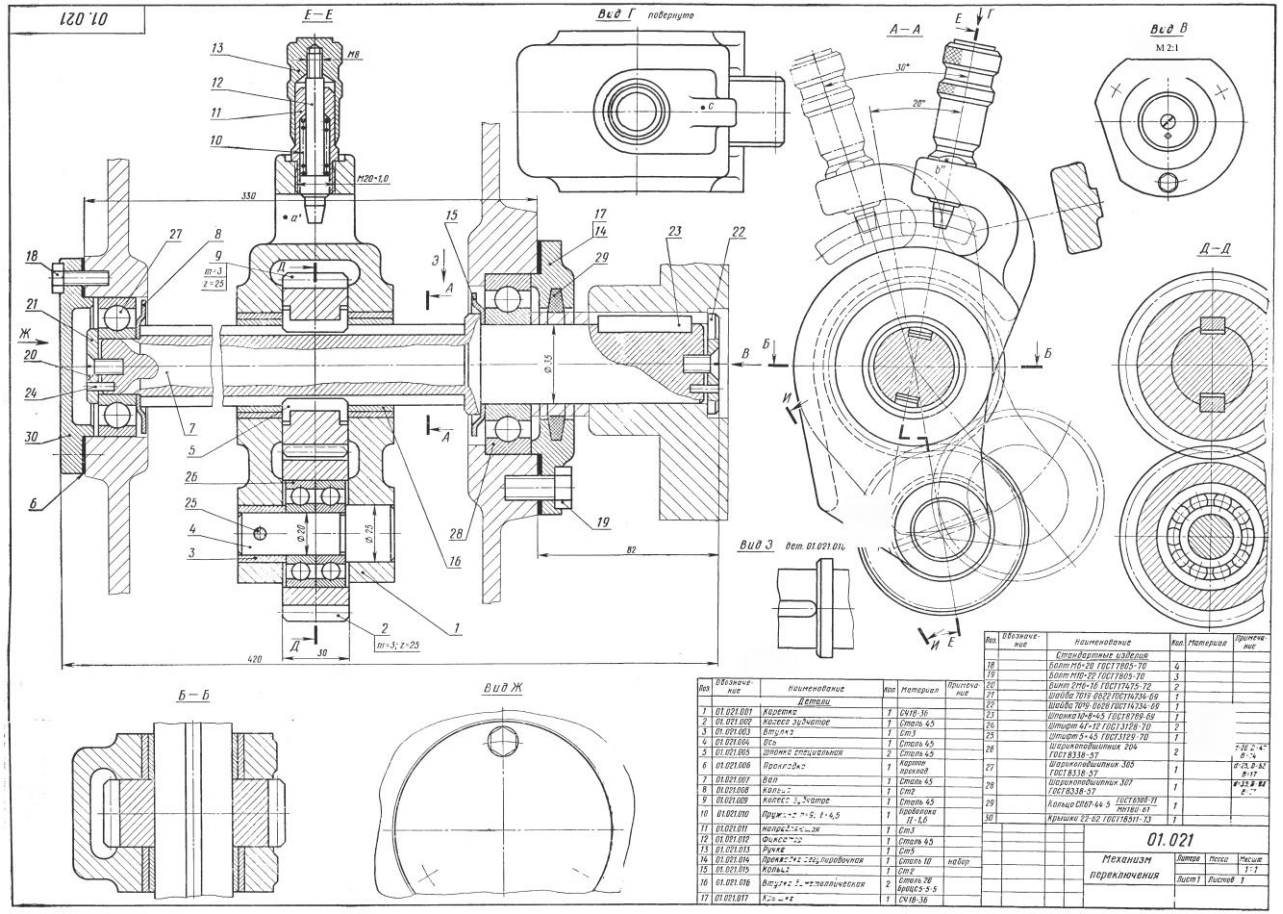
Вариант 27


02.022
А – А
Б – Б
В – В
Г – Г
Д – Д
Е – Е
Ж – Ж
З – З
И – И
Вид Г
Электродвигатель АО021-4
(исполнение Ш2 1Ф-3)
N=0,27 кВт
n=1400 об/мин
02.022
Редуктор червячный
Литера
Масса
Масштаб
1:1
Лист 1
Листов 1

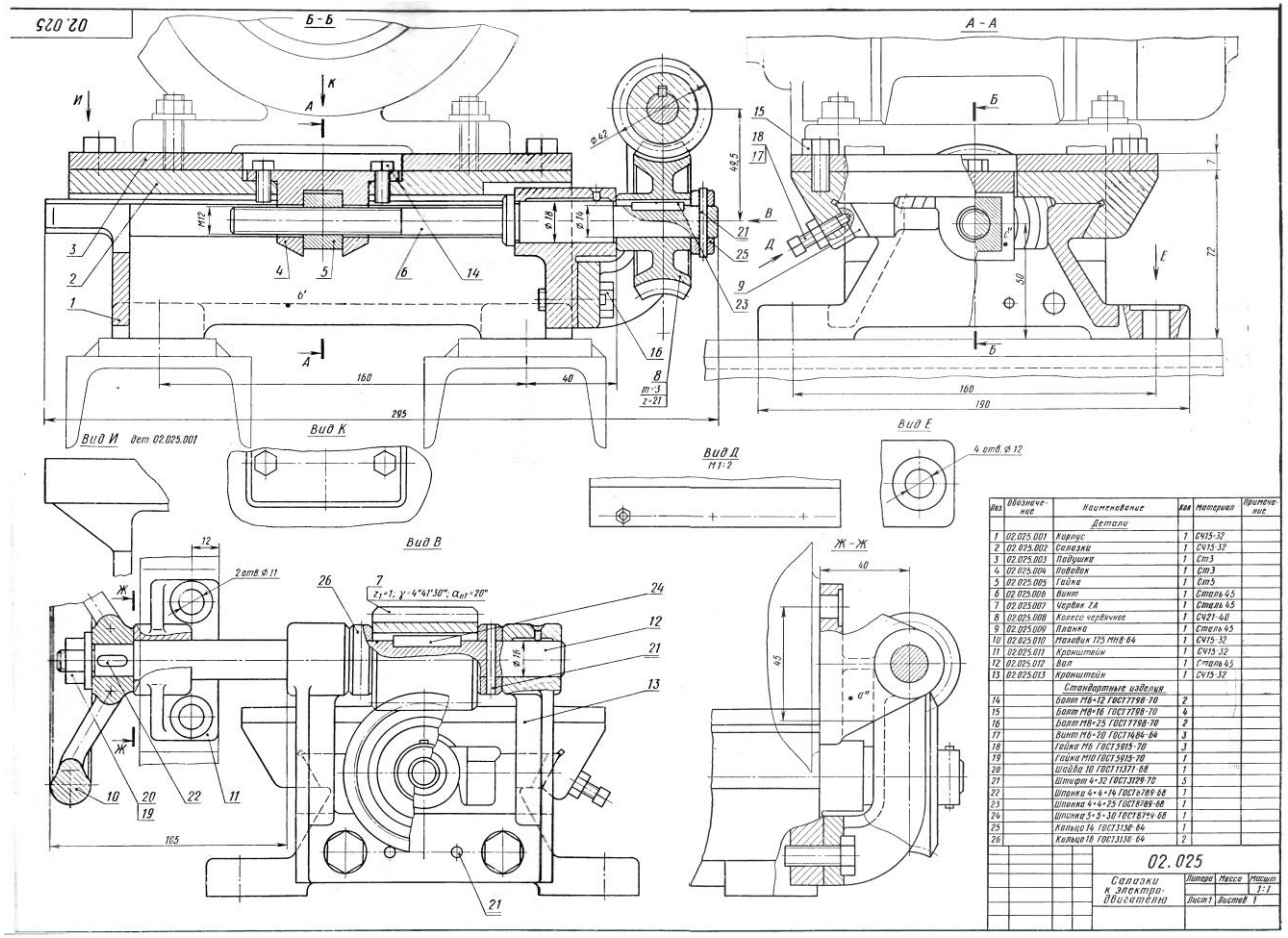
Вариант 28


02.023
А – А
В – В
Д – Д повернуто
Вид Б дет. 02.023.001
Вид Е дет. 02.023.007, 02.023.014 поз 20
Вид Г дет. 02.023.001
Редуктор
02.023

Вариант 29


01.021
Е–Е
Вид Г
А–А
Вид В
М 2:1
Д–Д
Вид З
Б–Б
Вид Ж
01.021
Механизм переключения

Вариант 30


02.025
Б - Б
А - А
Вид И
Вид К
Вид Д
Вид Е
Вид В
Ж - Ж
02.025
Сепаэки к электро-двигателю