

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА МАШИН

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности*

*1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование (по направлениям)»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2019

УДК 629.114
ББК 39.33
Т 23

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «30» августа 2019 г., протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. В. Кузнецов

Рецензент канд. техн. наук А. Е. Науменко

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА МАШИН

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная вёрстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2019



Содержание

Введение.....	4
1 Содержание, организация и оформление курсовой работы.....	5
2 Технологический процесс изготовления.....	6
2.1 Анализ технологичности конструкции.....	6
2.2 Выбор заготовки.....	7
2.3 Проектирование технологического процесса.....	13
2.4 Расчёт и назначение припусков.....	17
2.5 Расчёт режимов резания.....	19
2.6 Выбор оборудования и уточнение режимов резания.....	23
2.7 Разработка техпроцесса сборки и испытаний.....	29
3 Технологический процесс ремонта.....	31
3.1 Анализ возможных дефектов.....	31
3.2 Восстановление детали.....	32
Список литературы.....	32
Приложение А	33
Приложение Б	35
Приложение В	37



Введение

Целью дисциплины «Технология производства и ремонта машин» является формирование у студентов комплекса знаний и навыков по основам технологии машиностроения, высокопроизводительным и высококачественным методам изготовления и ремонта современных надёжных, экономичных и экологичных машин.

Цель курсового проектирования по данной дисциплине, как одного из этапов обучения, – научить студентов правильно применять теоретические знания, полученные ими в процессе учебы, использовать свой практический опыт при работе на машиностроительных предприятиях для решения профессиональных технологических и конструкторских задач, а также подготовить студентов к выполнению выпускной квалификационной работы.

В соответствии с этим в процессе курсового проектирования по данной дисциплине решаются следующие задачи:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении курса «Технология производства и ремонта машин»;
- развитие способности оценивать конструкцию детали в отношении её технологичности и норм точности в соответствии с её служебным назначением;
- развитие навыков самостоятельной работы при разработке технологических процессов механической обработки детали с применением высокопроизводительного оборудования, техоснастки и прогрессивных методов обработки;
- закрепление знаний и навыков, полученных во время производственной технологической практики.



1 Содержание, организация и оформление курсовой работы

Курсовая работа состоит из графической части (3 листа формата А1) и пояснительной записки (примерно 30 листов формата А4).

В учебной группе двум-трём студентам тема данной курсовой работы формулируется как «Разработка технологических процессов сборки и испытаний изделия». Они получают от руководителя эскизы механизмов. Остальные студенты выполняют курсовые работы с названием «Разработка технологических процессов изготовления и ремонта изделия» и выбирают из предложенного руководителем эскиза механизма деталь средней сложности, т. е. на 5...6 операций механической обработки. Поэтому первые указанные студенты условно называются «студентами-сборщиками», а остальные – «студентами-деталировщиками».

В качестве исходных данных в индивидуальном задании для выполнения курсовой работы, помимо эскиза механизма задаётся годовая программа выпуска изделий $n_{из}$, на основе которой каждый студент должен определиться с типом производства.

Графическая часть курсовой работы оформляется с помощью САПР, например, в системе AutoCAD, Компас и т. п. «Студент-сборщик» на первом листе изображает сборочный чертёж данного механизма. Остальные студенты на первом листе выполняют рабочий чертёж детали и чертёж её заготовки. На втором листе «студент-сборщик» изображает схемы сборочных операций, а «студенты-деталировщики» – операционные эскизы изготовления своих деталей (рисунки Б.1 и Б.2). На третьем листе графической части курсовой работы «студент-сборщик» отражает схему стенда для испытаний механизма, а остальные студенты – операционные эскизы восстановления (ремонта) своих деталей (рисунок В.1).

Пояснительная записка курсовой работы выполняется по нормам ЕСКД и ЕСТД с титульным листом, оформленным по правилам ГОСТ 2.105. После титульного листа подшивается «Индивидуальное задание». Затем следуют «Содержание» и «Введение», где излагается актуальность данной работы. Далее идёт основная часть, состоящая из двух разделов.

1 Технологический процесс изготовления.

2 Технологический процесс ремонта (для «студента-сборщика» данный раздел называется «Испытания изделия»).

За основной частью пояснительной записки должен следовать раздел «Заключение», где формулируются конкретные итоги проделанной работы. Затем представляется «Список использованных источников». В конце записки подшиваются «Приложения», включающие Спецификации к сборочным чертежам (для «студентов-сборщиков») или технологическую документацию – Маршрутную карту (для «студентов-деталировщиков») (рисунки А.1 и А.2).

В пояснительной записке должны присутствовать приведенные ниже необходимые математические зависимости с числовыми данными и результатами, а также таблицы и рисунки. Перед каждой формулой следует помещать текст,



поясняющий цель вычислений, а после формулы надо расшифровать её параметры.

На листе пояснительной записки, отражающем содержание, должна быть основная надпись высотой 40 мм, на остальных – высотой 15 мм. Нумерация листов сквозная. Титульный лист и задание не нумеруются, но учитываются в общей нумерации.

После завершения курсовой работы в установленные сроки она подлежит защите на кафедре ТТМ. В процессе защиты студент должен продемонстрировать накопленные знания и умение их использовать для решения конкретных инженерных задач, привести убедительные аргументы, подтверждающие обоснованность принятых решений.

2 Технологический процесс изготовления

Данный раздел пояснительной записки включает в себя:

- анализ технологичности конструкции;
- укрупнённую оценку технико-экономической эффективности различных вариантов (маршрутов) технологических процессов изготовления изделия;
- подробную разработку выбранного варианта технологического процесса с оформлением технологической документации по ГОСТ 3.1103 и ГОСТ 3.1201.

2.1 Анализ технологичности конструкции

Разработка техпроцесса изготовления механизма (детали) начинается с анализа назначения и технологичности, который включает:

- описание назначения данной детали (механизма);
- выявление основных поверхностей (с наиболее точными размерами и меньшей шероховатостью), которые влияют на взаимное расположение деталей (конструкторские базы) и качество работы механизма;
- определение второстепенных поверхностей, т. е. таких, которые не оказывают существенного влияния на работу механизма;
- оценку возможности совмещения предполагаемых технологических и конструкторских баз;
- оценку технологичности сборки механизма (для «студента-сборщика») с анализом размерных цепей;
- необходимость применения специальных приспособлений, инструмента и оборудования;
- возможность и целесообразность изменения конструкции и замены материала другим (таблица 2.1);
- возможность применения высокопроизводительных методов обработки и сборки.



Таблица 2.1 – Оптовые цены на материалы (прокат сечением 10...250 мм)

Наименование	Марка	Цена 1 т, долл.
Сталь строительная	Ст 0, Ст 3, Ст 4	132...106
Сталь углеродистая качественная	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55	185...136
Сталь легированная качественная	15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 50Х, 18ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР, 15ХГС, 30ХГС, 12ХНЗА, 30ХНЗА, 20ХНР	309...147
Сталь автоматная	А12, А20, А30, А40Г	157...131
Сталь шарикоподшипниковая	ШХ9, ШХ15, ШХ30	260...207
Сталь высокоуглеродистая качественная	У7...У13	187...156
Алюминиевый сплав	АМГ-3	1230...1180
Латунь	Л62, ЛС59-1	1180...1140
Бронза	Бр Б2	7960...7910
Чугунные отливки	СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ30, СЧ35, СЧ40, СЧ45, КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, ВЧ45-5, ВЧ50-2	360...400

В пояснительной записке приводится эскиз механизма и детали с обозначением поверхностей, на которые есть упоминания в тексте, например, плоскость *A*, торец *B* и т. п.

Далее приводятся данные о химическом составе материала детали и его механических свойствах. Например, для стали 45: $C - 0,40...0,50 \%$; $Si - 0,17...0,37 \%$; $Mn - 0,50...0,80 \%$; S и $P -$ не более $0,045 \%$; Ni и $Cr -$ около $0,3 \%$; $\sigma_T = 360$ МПа; $\sigma_B = 610$ МПа; $a_n = 500$ кДж/м²; $\delta_5 = 16 \%$; $\psi = 40 \%$; твёрдость горячекатаного прутка НВ 241; твёрдость отожжённого прутка НВ 197; цена одной тонны проката – 185...136 долл. США.

2.2 Выбор заготовки

В курсовой работе следует проанализировать различные варианты получения заготовок для данной детали и выбрать наиболее экономичный с учётом годовой программы выпуска изделий $n_{из}$. Например, для вала в серийном производстве можно рассмотреть в качестве заготовки, во-первых, прокат, во-вторых, поковку.

ГОСТ 26645 определяет 22 класса точности размеров отливок. Выбранный класс точности приводится на чертеже заготовки. В пояснительной записке указываются преимущества и недостатки выбранного метода. Например, к преимуществам отливок относят:

- получение заготовки любой конфигурации;
- не требуются прессы и т. п. дорогостоящее оборудование;
- возможность приближения формы заготовки к готовой детали, что способствует минимизации припусков под механическую обработку и максимизации коэффициента использования материала.



Главными недостатками отливок являются:

- худшие механические свойства (прочность, ударная вязкость и др.) по сравнению с кованными, штампованными и прокатом;
- значительные затраты энергии на плавку.

Наиболее универсальным методом литья является *литьё в песчаные формы*. Отливки получают из разных материалов в широком диапазоне размеров и масс. Класс точности отливок по данному методу от 6 до 16. Для получения сравнительно точных отливок (по 6...9 классам) требуются металлические модели, а также машинная формовка и сборка стержней с помощью кондукторов. Такие отливки применяют в массовом производстве. Для получения отливок 10...11 классов точности необходимы металлические модели, машинное изготовление стержней и машинная формовка. Этот метод применяется в серийном производстве. Отливки 12...16 классов точности получают с помощью деревянных моделей и стержневых ящиков при ручном изготовлении стержней и ручной формовке. Этот метод используется в единичном производстве. Шероховатость поверхностей отливки зависит от применяемого формовочного материала, покрытия формы и способа очистки отливки и составляет Rz 30...1000 мкм. Минимальная толщина отливаемых стенок зависит от материала и габаритов заготовки. Например, для чугунных отливок размером до 250 мм минимальная толщина стенок составляет 4 мм. Минимальный диаметр отверстий в отливаемых заготовках в массовом производстве – 20 мм, в серийном – 30 мм, в единичном – 50 мм.

Литьём в оболочковые формы из песчано-смоляных смесей делают отливки с точностью по 4...13 классам и чистотой поверхностей по Rz 10...80 мкм. Этим методом изготавливают заготовки преимущественно сложных по форме ответственных деталей массой до 100 кг. Минимальная толщина стенок для стали – 4 мм, а для алюминиевых сплавов – до 1,5 мм. Минимальный диаметр отверстий – 8 мм. Применение таких отливок позволяет сократить массу заготовки до 30 %, а объём механической обработки до 50 % по сравнению с ранее рассмотренным методом. Этот способ целесообразен для массового и серийного производств при объёме выпуска крупных деталей более 500 шт., а мелких – более 5000 шт.

Литьё по выплавляемым моделям позволяет получать заготовки самой сложной конфигурации по 3...8 классам точности и шероховатостью поверхностей Rz 5...40 мкм. При этом обеспечивается уменьшение трудоёмкости механической обработки до 90 % по сравнению с ранее рассмотренными методами. Литьё по выплавляемым моделям наиболее эффективно для труднообрабатываемых материалов. Данным методом получают отливки массой до 500 кг с минимальной толщиной стенок 0,15 мм при длине 1 м. Минимальный диаметр отверстий составляет 0,8 мм. Наиболее эффективен данный метод в массовом производстве.

Литьё в полустоянные (гипсовые и цементные) формы применяют для отливок из чугуна, стали и цветных металлов. Гипсовые формы применяют для литья чугуна и цветных металлов массой до 1 кг, с минимальной толщиной

стенок 1 мм, а при литье алюминиевых сплавов в вакууме – до 0,2 мм. Этим методом чаще всего получают заготовки, имеющие узкие полости и каналы, а также с тонкими выступающими элементами, расположенными близко друг к другу (1,5...2 мм), например, цилиндры и головки двигателей воздушного охлаждения, лопастные колёса вентиляторов и т. п. Цементные формы используют для получения отливок из стали, чугуна и цветных металлов массой до 70 т.

Литьё в металлические формы (кокиль), по сравнению с литьём в песчаные формы, повышает производительность труда в 2...3 раза, в 5...6 раз уменьшить необходимые производственные площади. Точность отливок соответствует 3...8 классам. Шероховатость поверхностей R_z 10...80 мкм. Литьём в кокиль получают чугунные отливки от 10 г до 7 т, стальные – от 0,5 г до 500 кг, а также из цветных металлов самой разной массы. Данный метод экономически целесообразен при минимальной партии мелких деталей 300 шт. и крупных – 50 шт. При литье в кокиль обычно используется центробежный способ литья или под давлением. В первом случае получают заготовки, имеющие форму тел вращения, например гильзы цилиндров. Точность таких отливок соответствует 7...8 классам, а шероховатость R_z 20...30 мкм. Литьё под давлением в металлические формы применяется для изготовления сложных тонкостенных деталей с глубокими полостями и сложными пересечениями стенок, например, головки блоков цилиндров ДВС. Точность таких отливок по 3...6 классам, шероховатость R_z 1,0 мкм. Способ рентабелен в массовом и крупносерийном производствах.

Поковки получают с помощью обработки материалов давлением. Главным преимуществом таких заготовок является мелкозернистая волокнистая структура, что существенно улучшает физико-механические свойства деталей. Основной недостаток – невозможность получения заготовок сложной конфигурации (с полостями). **Ковка** бывает свободной и в подкладных штампах. Первым указанным способом получают поковки простой формы массой от 150 г до 250 т. Допуски на поковки, получаемые методом свободной ковки, в зависимости от массы, квалификации рабочих и применяемого оборудования составляют от 2 до 40 мм. Свободная ковка для мелких и средних заготовок допустима только в единичном и мелкосерийном производствах, а для крупных – в любом производстве. Ковка в подкладных штампах рентабельна при минимальной партии более 100 шт. При этом производительность труда возрастает в 3...5 раз по сравнению со свободной ковкой.

Горячая штамповка применяется в массовом и серийном производствах и осуществляется:

- в открытых штампах (получают мелкие и средние детали, отход металла в виде облоя до 20 %);
- в закрытых штампах (используется для деталей по форме тел вращения или близких к ним);
- на горизонтально ковочных машинах (ГКМ) для деталей в форме стержней, колец, втулок и т. п. массой до 100 кг.



Точность штамповок оценивается пятью классами – Т1, Т2, Т3, Т4 и Т5. Главные преимущества штамповки по сравнению с ковкой – высокая производительность и экономия металла. **Холодная штамповка** бывает объёмной (высадка) и листовой. Первый метод применяют, в основном, для получения заготовок крепёжных деталей – болтов, винтов, заклёпок, а также пальцев, толкателей, клапанов, роликов, шариков, мелких ступенчатых деталей. При этом обеспечивается точность по классам Т1 и Т2, шероховатость Ra 1,0...2,5. Экономия материала до 40 % по сравнению с прутковыми заготовками. **Холодная листовая штамповка** применяется в массовом производстве для получения кузовных панелей, кожухов, картеров, крышек, дисков и т. п.

Заготовки из проката (круг, шестигранник, квадрат, труба и т. д.) применяют в разных типах производства. Точность горячекатаного проката соответствует 12...14 квалитетам, холоднокатаного – 9...12. Прокат выбранного профиля с помощью резки превращают в штучные заготовки, из которых с помощьюковки, штамповки или напрямую механической обработкой получают готовые детали.

Сварные и комбинированные заготовки изготавливают из отдельных элементов, которые получают литьём или давлением. Такая технология значительно упрощает создание конструкций сложной конфигурации, например, кузовов. Точность таких заготовок соответствует 12...17 квалитетам, а их механическую обработку часто осуществляют после термического отпуска для снятия сварочных напряжений.

Заготовки, получаемые методом порошковой металлургии, по форме и размерам могут соответствовать готовым деталям. Структура порошка, режимы прессования и спекания определяют качество изделий.

Выбор заготовки производится на основе технико-экономического анализа. Это делается путём вычисления и сравнения себестоимостей C_i различных i -х вариантов получения заготовок. Общая себестоимость и качество детали складываются из себестоимости и качества заготовки и себестоимости и качества её обработки. Поэтому всегда следует комплексно оценивать процесс получения изделия, включая производство заготовки и её обработку. Расчёт себестоимости для конкретных способов получения заготовок, предполагая, что чистовая механическая обработка для всех вариантов одинакова, можно осуществлять по следующим зависимостям:

1) заготовка из проката $C_{\text{пр}}$, долл., определяется по формуле

$$C_{\text{пр}} = m_{\text{пр}} C_{1\text{пр}} + B T_{\text{шкл}} \left(1 + \frac{q}{100} \right), \quad (2.1)$$

где $m_{\text{пр}}$ – масса заготовки из проката, кг, которую вычисляют по выражению

$$m_{\text{пр}} = l m_{1\text{пр}}, \quad (2.2)$$

где l – длина заготовки с учётом ширины отрезного инструмента $l_{\text{ин}}$, м, которую



принимают 0,001...0,01 м;

$m_{1пр}$ – масса 1 м проката данного профиля, кг;

$C_{1пр}$ – цена 1 кг проката (см. таблицу 2.1), долл.;

B – минутная зарплата рабочих, производящих черновую механическую обработку заготовок, $B \approx 0,02...0,04$ долл./мин;

$T_{шк1}$ – штучно-калькуляционное время черновой обработки детали, мин, которое для i -го способа получения заготовки определяют по формуле

$$T_{шкi} = 0,01 l_0 k, \quad (2.3)$$

где l_0 – длина обработки, мм;

k – количество проходов инструмента (см. пример на рисунке 2.1).

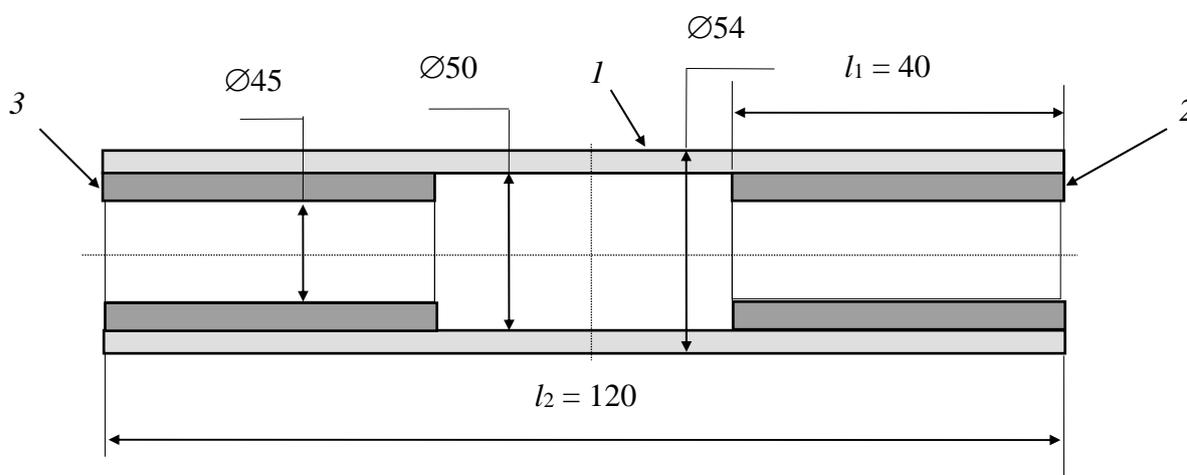


Рисунок 2.1 – Эскиз заготовки из проката с обозначенными проходами обработки

Принимая глубину резания для одного прохода равной 1...3 мм, имеем следующее: $k = 1$; $l_0 = l_2 + 2l_1 = 120 + 2 \cdot 40 = 200$ мм; $T_{шкi} = 2$ мин.

q – накладные расходы механического цеха в процентах к основной зарплате, $q = 100...200$ %;

2) поковка

$$C_{п} = m_{п} C_{1пр} + C_{куз} \left(1 + \frac{q_{куз}}{100} \right) + B T_{шк2} \left(1 + \frac{q}{100} \right), \quad (2.4)$$

где $m_{п}$ – масса прутка (на 10...30 % больше массы готовой детали), кг;

$C_{куз}$ – стоимость кузнечных работ, долл., $C_{куз} = 0,01m_{п}$;

$q_{куз}$ – накладные расходы кузнечного цеха, $q_{куз} = 50...100$ %;

3) штамповка

$$C_{ш} = m_{ш} C_{1пр} + C_{ш.п} \left(1 + \frac{q_{ш}}{100} \right) + \frac{C_{шт}}{n_{шт}} + B T_{шк3} \left(1 + \frac{q}{100} \right), \quad (2.5)$$

где $m_{\text{ш}}$ – масса прутка перед штамповкой (на 2...8 % больше массы готовой детали), кг;

$C_{\text{ш.р}}$ – стоимость штамповочных работ, долл.; $C_{\text{ш.р}} = 0,005 m_{\text{ш}}$;

$q_{\text{ш}}$ – накладные расходы штамповочного цеха, $q_{\text{ш}} = 50...100 \%$;

$C_{\text{шт}}$ – стоимость штампа, долл.; $C_{\text{шт}} = 10 m_{\text{ш}}$;

$n_{\text{шт}}$ – ресурс одного штампа (до 10 тыс. шт.);

4) отливка

$$C_{\text{от}} = m_{\text{от}} C_{1\text{м}} + C_{\text{л}} \left(1 + \frac{q_{\text{л}}}{100} \right) + \frac{C_{\text{мод}}}{n_{\text{мод}}} + B T_{\text{шк4}} \left(1 + \frac{q}{100} \right), \quad (2.6)$$

где $m_{\text{от}}$ – масса отливки (на 5...15 % больше массы готовой детали), кг;

$C_{1\text{м}}$ – цена 1 кг жидкого металла (см. таблицу 2.1), долл.;

$C_{\text{л}}$ – стоимость литейных работ, долл.; $C_{\text{л}} = 0,008 m_{\text{ш}}$;

$q_{\text{л}}$ – накладные расходы литейного цеха, $q_{\text{л}} = 50...100 \%$;

$C_{\text{мод}}$ – стоимость модели, долл.; $C_{\text{мод}} = m_{\text{от}}$;

$n_{\text{мод}}$ – количество заготовок, изготавливаемых с помощью одной модели (для деревянных – до 100 шт., для металлических – до 10 тыс. шт.);

5) сварная конструкция

$$C_{\text{св}} = m_{\text{св}} C_{1\text{пр}} + C_{\text{св}} \left(1 + \frac{q_{\text{св}}}{100} \right) + B T_{\text{шк5}} \left(1 + \frac{q}{100} \right), \quad (2.7)$$

где $m_{\text{св}}$ – масса сварной конструкции (на 1...5 % больше массы деталей), кг;

$C_{\text{св}}$ – стоимость сварочных работ, долл.; $C_{\text{св}} = 0,003 m_{\text{св}}$;

$q_{\text{св}}$ – накладные расходы сварочного цеха, $q_{\text{св}} = 50...100 \%$;

б) заготовка, получаемая методом порошковой металлургии,

$$C_{\text{пм}} = m C_{1\text{п}} + C_{\text{пт}} \left(1 + \frac{q_{\text{пт}}}{100} \right) + \frac{C_{\text{пф}}}{n_{\text{пф}}} + B T_{\text{шк6}} \left(1 + \frac{q}{100} \right), \quad (2.8)$$

где m – масса готовой детали, кг;

$C_{1\text{п}}$ – цена 1 кг смеси порошка, долл.; $C_{1\text{п}} = 0,5...1,5 m$;

$C_{\text{пт}}$ – стоимость прессовых и термических работ, $C_{\text{пт}} = 0,01 m$;

$q_{\text{пт}}$ – накладные расходы прессового и термического цехов, $q_{\text{пт}} = 100...150 \%$;

$C_{\text{пф}}$ – стоимость пресс-формы, долл.; $C_{\text{пф}} = 5 m$;

$n_{\text{пф}}$ – количество заготовок, изготавливаемых с помощью одной пресс-формы (до 100 тыс. шт.).

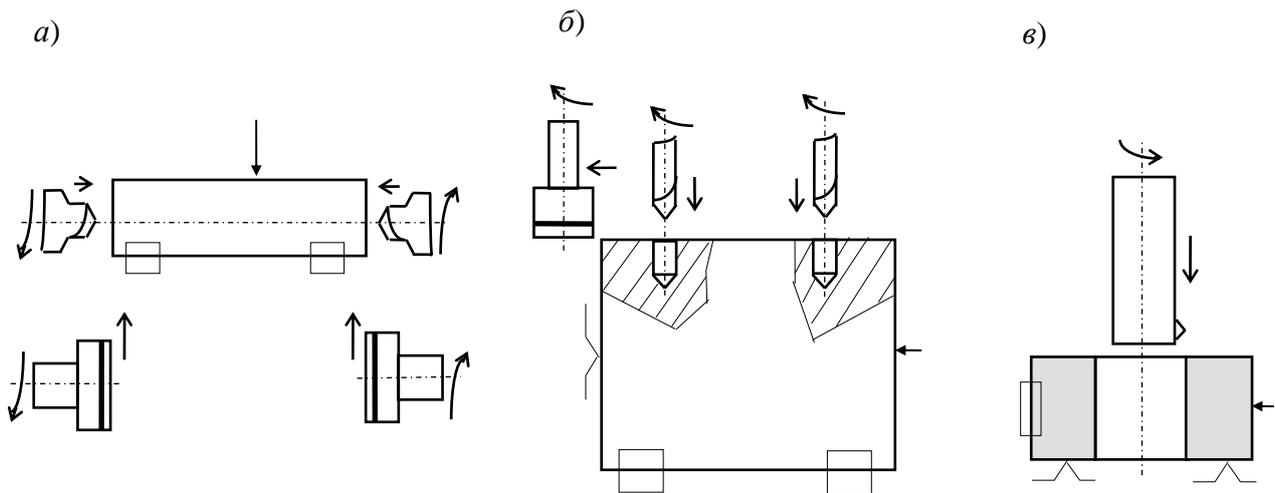
2.3 Проектирование технологического процесса

Данная процедура включает:

- задание маршрута (плана) механической обработки;
- расчёт и назначение припусков под механическую обработку;
- расчёт режимов резания;
- выбор оборудования и уточнение режимов резания;
- разработку технологического процесса сборки и испытаний;
- оформление технологической документации.

Весь маршрут механической обработки условно делится на стартовые (начальные) операции, последующие (средние) и финишные. На первых операциях осуществляется формирование чистовых технологических баз.

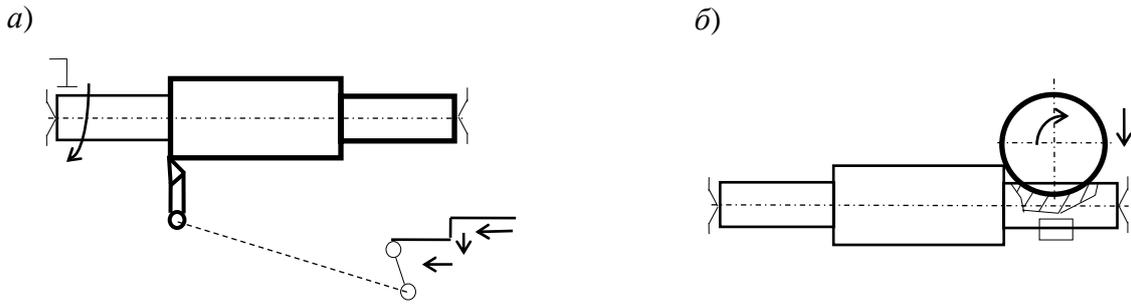
При изготовлении валов сначала производят обработку (фрезерование или обтачивание) торцов и сверление в них центровых отверстий (рисунок 2.2, а), при изготовлении картеров – фрезеровку плоских поверхностей, сверление и развёртывание в них отверстий под установочные штифты (рисунок 2.2, б), при изготовлении шестерён и фланцев – сверление, растачивание или протягивание их посадочных отверстий (рисунок 2.2, в) и т. п.



а – вал; б – картер; в – шестерня

Рисунок 2.2 – Эскизы первых операций по обработке деталей

На последующих операциях осуществляют обработку поверхностей с наибольшими припусками. Например, наружная обточка вала (рисунок 2.3, а) и фрезерование шпоночного паза (рисунок 2.3, б), растачивание отверстий под подшипники в корпусной детали (рисунок 2.4), наружная обточка шестерни (рисунок 2.5, а) и нарезка зубьев (рисунок 2.5, б) и т. п. Базами здесь являются поверхности, полученные на первых операциях. Точность размеров после черновой обработки соответствует 12...14 квалитетам, а шероховатость равна примерно $Rz\ 30...40$.



a – наружная обточка (гидрокопировальная); *б* – фрезерование шпоночного паза

Рисунок 2.3 – Эскизы последующих операций по обработке вала

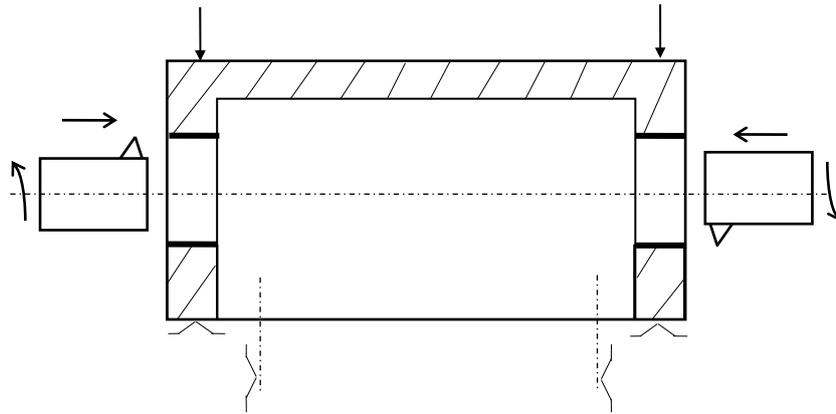
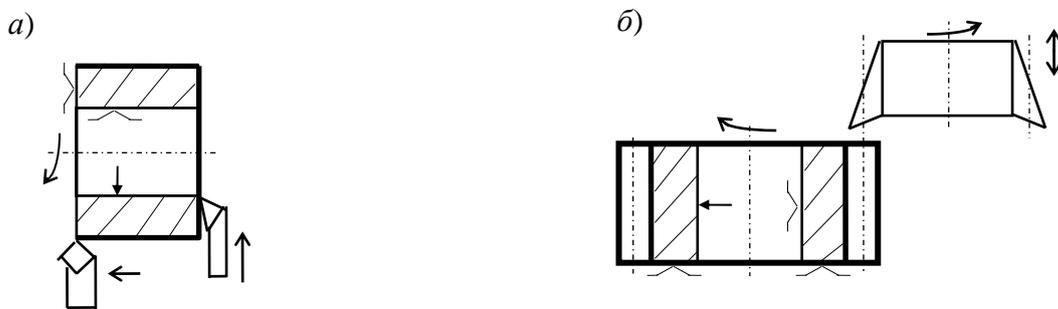


Рисунок 2.4 – Эскиз операции по обработке картера – растачивание отверстий



a – наружная обточка; *б* – зубодолбежная

Рисунок 2.5 – Эскизы последующих операций по обработке шестерни

На финишных операциях (часто после термообработки) осуществляется обработка поверхностей, где требуется наибольшая точность и наилучшая чистота, например, шлифовка шеек вала под подшипники (рисунок 2.6), шлифовка посадочного отверстия шестерни (рисунок 2.7), шлифовка отверстий в картере под подшипники и т. п. Базами на этих операциях являются поверхности, которые обработаны наиболее точно. Например, шестерня базируется с помощью роликов по боковым поверхностям зубьев (см. рисунок 2.7).

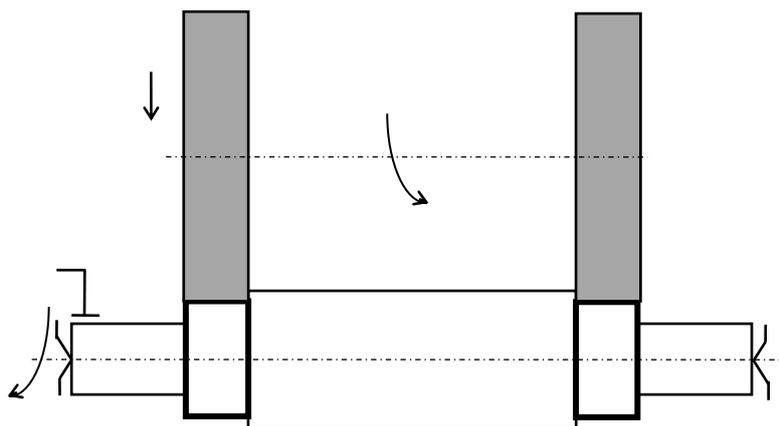


Рисунок 2.6 – Эскиз финишной операции по обработке вала - шлифование шеек

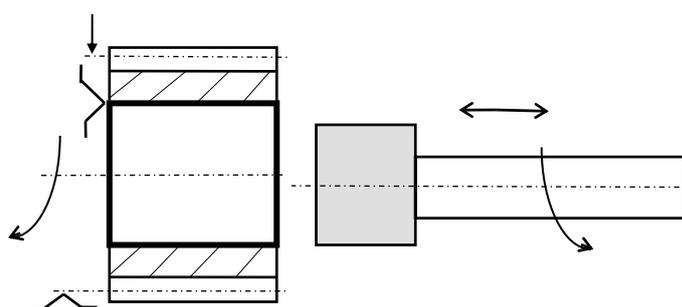


Рисунок 2.7 – Эскиз финишной операции по шлифовки отверстия шестерни

Выбирая метод финишной обработки, следует учитывать экономическую целесообразность, например, шлифование стальных и чугунных заготовок почти всегда дешевле чистового точения.

После чистовой обработки характерны следующие параметры точности и чистоты поверхностей:

- чистовое точение цилиндрических поверхностей – точность до 0,02 мм, чистота до $Ra\ 0,1$;
- тонкое шлифование – до 5 мкм, $Ra\ 0,08$;
- полирование – до 2,5 мкм, $Ra\ 0,04$;
- притирка – до 0,5 мкм, $Ra\ 0,025$;
- доводка (приработка) – до 0,05 мкм, $Ra\ 0,01$.

Оформление Маршрута механической обработки в пояснительной записке производится с помощью стандартных типовых фраз. Где указывается номер и наименование операции, базы, зажимные приспособления, инструмент и конкретная работа рабочего. В качестве примера далее приведен маршрут обработки вала из прутка диаметром 40 мм.

Операция 10 «Фрезерно-центровальная».

База – наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing 40h14$.

Зажимное приспособление – установочные призмы с крепёжными планками и закладными болтами.

Инструменты: торцовые фрезы $\varnothing 120$ и центровочные свёрла $\varnothing 4$.

Переход 1. Фрезеровать торцы одновременно с двух сторон в размер $120h14$ начерно.

Переход 2. Сверлить одновременно с двух сторон центровые отверстия $\varnothing 4H10$.

Операция 20 «Токарная».

База – центровые отверстия.

Зажимное приспособление – центры, хомутик и поводок.

Инструмент: проходной резец с пластиной T15K6.

Установ А. Точить с $\varnothing 40h14$ до $\varnothing 35,5h14$ на длине $40h14$ начерно. Снять фаску $1,5 \times 45^\circ$.

Установ Б. Точить с $\varnothing 40h14$ до $\varnothing 35,5h14$ на длине $60h14$ начерно. Снять фаску $1,5 \times 45^\circ$.

Операция 30 «Фрезерная».

База – центровые отверстия.

Зажимное приспособление – центры, опорная установочная призма, крепёжные планки с закладными болтами.

Инструменты: дисковая фреза $\varnothing 40$ шириной $3H10$.

Фрезеровать шпоночный паз $\varnothing 40$ шириной $3H10$ на глубину $10h14$.

Операция 40 «Термическая».

Закалка: нагрев до температуры 1000° и охлаждение в воде.

Отпуск: нагрев до температуры 400° и охлаждение на воздухе.

Операция 50 «Шлифовальная».

База – центровые отверстия.

Зажимное приспособление – центры, хомутик и поводок.

Инструмент: шлифовальный круг 1-400×30×32 - 25А 50 СМ2 6 К Б 3.

Установ А. Шлифовать предварительно с $\varnothing 35,5h14$ до $\varnothing 35,1h8$ на длине $40h14$.

Установ Б. Шлифовать предварительно с $\varnothing 35,5h14$ до $\varnothing 35,1h8$ на длине $60h14$.

Операция 60 «Шлифовальная».

База – центровые отверстия.

Зажимное приспособление – центры, хомутик и поводок.

Инструмент: шлифовальный круг 1-400×30×32 - 25А 10 СМ2 6 К Б 3.

Установ А. Шлифовать тонко с $\varnothing 35,1h8$ до $\varnothing 35h6$ на длине $40h14$.

Установ Б. Шлифовать тонко с $\varnothing 35,1h8$ до $\varnothing 35h6$ на длине $60h14$.

...

В конце Маршрута механической обработки следует указать три финишные типовые операции: Промывка, Сушка, Контроль.

После описания выбранного плана механической обработки в Приложении пояснительной записки курсовой работы оформляется Маршрутная карта, где отражаются все операции.

Четыре операционных эскиза изображаются на втором листе графической части курсовой работы, где обязательно должна быть первая и последняя операции механической обработки.

2.4 Расчёт и назначение припусков

На одну из поверхностей детали минимальные припуски для каждого перехода механической обработки вычисляются по нижеприведённым зависимостям, а на остальные поверхности назначаются по ГОСТ 7505 (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Припуски и экономические допуски на мехобработку

Вид обработки	Припуск Z_i , мм	Допуск
Отрезка; фрезерование; строгание	1...2,7	$\pm 0,5$ мм
Черновое точение	1...2,4	$H14; h13$
Чистовое точение	0,2...1	$H8; h7$
Шлифование	0,005...0,3	$H7; h6$
Доводочные операции	0,001...0,01	$H0; h0$

При обработке цилиндрических поверхностей расчётный минимальный припуск на диаметр ($2Z_{\min}$) для каждого i -го перехода оценивают как

$$2Z_{i,\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.9)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности после предыдущей операции, мм;

H_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя, мм;

ρ_{i-1} – величина пространственных отклонений формы данной поверхности, мм;

ε_i – погрешность установки заготовки на данной операции, мм.

Указанные в (2.9) параметры выбираются из таблиц 2.3–2.5.

Таблица 2.3 – Качество поверхностей заготовок

Вид заготовки	Rz , мкм	H , мкм
Отливки в песчаные формы	30...1000	300...600
Литьё в кокиль	10...80	200
Литьё в оболочковые формы	10...80	300
Литьё по выплавляемым моделям	5...40	150
Штамповки	10...300	150...300
Прокат горячекатаный	10...300	20...400

Таблица 2.4 – Параметры торцовых поверхностей после резки проката

Способ резки	Диаметр заготовки d , мм	$Rz + H$, мм	Неперпендикулярность ρ , мм	$\varepsilon (\Delta l)$, мм
Ножницами; дисковыми пилами; ножовками	5...150	0,3	0,01 d	$\pm 1,0...2,3$
Прессами; дисковыми фрезами	5...75	0,2	0,007 d	$\pm 0,3...0,4$
Отрезными резцами на токарных станках	5...250	0,2	0,005 d	$\pm 0,2...0,5$

Таблица 2.5 – Параметры качества поверхностей после мехобработки

Вид обработки	Rz , мкм	H , мкм	ρ , мкм	ε , мкм
Обдирка резцами	100	100	250	1000
Точение:				
черновое	50	50	150	500
чистовое	30	30	50	80
тонкое	3	–	10	–
Растачивание:				
черновое	50	50	200	500
чистовое	20	25	70	80
Чистовое фрезерование	10	15	50	100
Протягивание; долбление; строгание	5	10	10	10
Шлифование:				
предварительное	10	20	10	30
чистовое	5	15	10	20
бесцентровое	3	–	–	–
Сверление	40	60	10· l , где l – глубина отв., мм	100
Зенкерование	30	50	50	80
Развёртывание:				
обычное	10	25	–	–
точное	5	10	–	–
тонкое	3	–	–	–
Калибровка шариком, оправкой и т. п. инструментом	0,6	–	–	–

Если обрабатывается одна плоская поверхность, то минимальный припуск Z_{\min} для каждого i -го перехода оценивается по выражению

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + H_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (2.10)$$

При одновременной обработке двух противоположных плоских поверхностей минимальный припуск для каждого перехода на обе эти поверхности определяется как



$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i). \quad (2.11)$$

После вычисления припусков для выбранной поверхности необходимо в пояснительной записке привести схему расположения припусков и допусков на её механическую обработку. Например, на рисунке 2.8 показано: d_{\max} – максимальный диаметр шейки вала после механической обработки; d_{\min} – минимальный диаметр шейки вала; Δd_3 – допуск на шлифовку (на одну сторону шейки); $Z_{3\min}$ – минимальный припуск на шлифовку; Δd_2 – допуск на чистовое обтачивание; $Z_{2\min}$ – минимальный припуск на чистовое обтачивание и т. д.

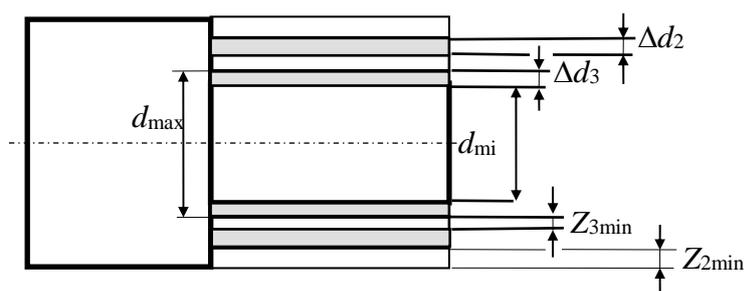


Рисунок 2.8 – Схема припусков и допусков на шейку вала d_{\min}^{\max}

2.5 Расчёт режимов резания

Исходными данными для этого являются принятый маршрут механической обработки детали и назначенные припуски для каждого перехода, что соответствует глубинам резания t_i .

В самом начале для каждой операции выбирается инструмент и оценивается период его стойкости T (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Период стойкости инструмента T

В минутах

Материал лезвия инструмента	Обрабатываемый материал		
	сталь	чугун	цветной металл
Быстрорежущая сталь	10	50	100
Твёрдосплавная пластина Т15К6	120	300	400
Твёрдосплавная пластина ВК8	200	400	600

Далее назначается подача инструмента s (таблица 2.7). Следует иметь в виду, что при черновой обработке подача инструмента зависит от размера заготовки (чем больше диаметр, тем больше s) и её материала (чем мягче обрабатываемый материал, тем больше s), а при чистовой обработке подача определяется требованиями чертежа. Общим правилом является то, что при черновой обработке глубина резания t и подача s максимально возможные, а частота враще-

ния шпинделя станка n минимальная. При чистовой обработке t и s минимальные, а n максимально возможная по техническим возможностям станка.

Таблица 2.7 – Рекомендуемые подачи инструмента

Вид обработки	Подача s
Черновое точение, мм/об	0,8...2,0
Чистовое точение, мм/об	0,07...0,7
Фрезерование, мм/об	0,15...3,7
Сверление, развёртывание, зенкерование, мм/об	0,5...2,0
Протягивание, строгание, долбление, мм/зуб	0,01...0,3
Шлифование, мм/об	0,001...0,005

Затем определяется скорость резания v , м/мин, по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y}, \quad (2.12)$$

где C_v – коэффициент скорости резания (таблица 2.8);

T – период стойкости инструмента (см. таблицу 2.6), мин;

t – глубина резания, мм;

s – подача инструмента, мм/об;

m, x, y – показатели степеней (см. таблицу 2.8).

Таблица 2.8 – Параметры для оценки скорости резания

Вид обработки (инструмент из Т15К6)	Параметры			
	C_v	m	x	y
Точение	240...420	0,2...0,3	0,15...0,23	0,2...0,4
Фрезерование	330...1800	0,2...0,35	0,1...0,4	0,2...0,4
Сверление, развёртывание	100...400	0,12...0,2	0,1...0,75	0,4...0,7

Зная v , частота вращения шпинделя станка n , мин⁻¹, оценивается как

$$n = \frac{1000 v}{\pi D}, \quad (2.13)$$

где D – диаметр обрабатываемой детали или диаметр фрезы, мм.

При протягивании, строгании или долблении скорость резания, м/мин, определяется по зависимости

$$v = 6120 \frac{N}{F \Sigma B} \eta, \quad (2.14)$$



где N – мощность привода станка, $N = 10...80$ кВт;

F – сила резания на 1 мм ширины лезвия инструмента (в зависимости от принятой по таблице 2.7 подачи выбирается из диапазона 65...730 Н);

ΣB – периметр лезвия, т. е. обрабатываемый периметр, мм;

η – КПД привода станка, $\eta = 0,8...0,9$.

При шлифовании скорость резания принимается $v = 15...120$ м/с.

После оценки v производят вычисление проекций силы резания по координатным осям:

$$\begin{cases} F_z = 9,8 C_{F_z} t^{x_z} s^{y_z} v^{n_z}; \\ F_y = 9,8 C_{F_y} t^{x_y} s^{y_y} v^{n_y}; \\ F_x = 9,8 C_{F_x} t^{x_x} s^{y_x} v^{n_x}, \end{cases} \quad (2.15)$$

где F_z, F_y, F_x – проекции силы резания на ось Z (окружная составляющая), Y (нормальная), X (осевая), Н;

$C_{F_z}, C_{F_y}, C_{F_x}$ – коэффициенты силы резания (таблица 2.9);

t – глубина резания (при отрезке и фасонном точении – ширина лезвия резца), мм;

s – подача, мм/об;

v – скорость резания, м/мин;

x_i, y_i, n_i – показатели степеней (см. таблицу 2.9).

Таблица 2.9 – Параметры силы резания

Вид обработки	Параметры											
	C_{F_z}	x_z	y_z	n_z	C_{F_y}	x_y	y_y	n_y	C_{F_x}	x_x	y_x	n_x
Точение	300	1,0	0,75	-0,15	340	0,9	0,6	-0,3	245	1,1	0,5	-0,4
Фрезерование	825	1,0	0,75	-0,2	100	0,9	0,6	-0,2	150	1,0	0,5	-0,3

После вычисления силы резания оценивается крутящий момент при резании M_k , Н·м, по зависимости

$$M_k = F_z D / 2000, \quad (2.16)$$

где D – обрабатываемый диаметр или диаметр фрезы, мм.

Для операций сверления, развёртывания и зенкерования сразу вычисляется крутящий момент при резании M_k , Н·м, по выражению

$$M_k = \frac{C_M t^x s^y D z}{2000}, \quad (2.17)$$

где C_M – коэффициент момента резания, $C_M = 0,03...0,17$;



t – глубина резания (при сверлении $t = 0,5 D$), мм;

D – диаметр сверла, развёртки или зенкера, мм;

s_z – подача на один зуб многолезвийного инструмента, мм/зуб:

$$s_z = s / z, \quad (2.18)$$

где s – подача (см. таблицу 2.7), мм/об;

z – число зубьев инструмента;

x, y – показатели степеней, $x = 0...0,9$; $y = 0,7...0,8$.

Для сверления, развёртывания и зенкерования осевую силу F_o , Н, определяют по формуле

$$F_o = 10 C_o D^q s^y, \quad (2.19)$$

где C_o – коэффициент осевой силы, $C_o = 10...140$;

q, y – показатели степеней, $q = 1,0...1,2$; $y = 0,4...0,75$.

Затем оценивается мощность резания N , кВт, по зависимости

$$N = \frac{\pi n M_k}{30000}, \quad (2.20)$$

где n – частота вращения шпинделя станка, мин⁻¹.

Для шлифовальных операций силы резания не оценивают из-за их малости, а сразу определяют мощность N , кВт. Так, при шлифовании с продольной подачей, т. е. когда шлифуемая поверхность больше ширины шлифовального круга,

$$N = C_N v_k^r a^x s^y D^q, \quad (2.21)$$

где C_N – коэффициент мощности резания, $C_N = 0,1...5,2$;

v_3 – окружная скорость заготовки, $v_3 = 10...150$ м/мин;

a – глубина шлифования за один проход, $a = 0,001...0,003$ мм;

s – продольная подача, $s = 1,2...10$ м/мин;

D – шлифуемый диаметр, мм;

r, x, y, q – показатели степеней, принимаемые из диапазонов: $r = 0,30...1,00$; $x = 0,40...1,00$; $y = 0,40...0,80$; $q = 0,20...0,50$.

При врезном шлифовании периферией круга

$$N = C_N v_3^r s_p^y D^q b^z, \quad (2.22)$$

где s_p – радиальная подача, $s_p = 0,001...0,075$ мм/об;

b – ширина шлифуемой поверхности, мм;

z – показатель степени, $z = 0,3...1,0$.

При шлифовании торцовой поверхностью круга



$$N = C_N v_K^r a^x b^z. \quad (2.23)$$

В заключение расчётов режимов резания определяется основное время обработки T_o , мин, и штучно-калькуляционное $T_{шк}$, мин, для каждой операции. Общая зависимость для основного времени

$$T_o = \frac{l k}{n s}, \quad (2.24)$$

где l – длина обработки в направлении подачи, мм;

k – количество проходов инструмента;

n – частота вращения шпинделя станка или число двойных ходов в минуту для станков с прямолинейным главным движением, мин⁻¹;

s – подача, мм/об.

Штучно-калькуляционное время для каждой операции вычисляется как сумма:

$$T_{шк} = T_o + T_b + T_{об} + T_{ф}, \quad (2.25)$$

где T_b – вспомогательное время, связанное с установкой заготовки и её закреплением, управлением станком, текущими измерениями детали, которое ориентировочно принимается $T_b = (0,01...0,2) T_o$;

$T_{об}$ – время обслуживания станка, т. е. на его уборку, смазку и приведение в рабочее состояние, которое составляет 1...6 % от T_o ;

$T_{ф}$ – время на физические надобности рабочего, примерно равное 4...8 % от суммы T_o и T_b .

Следует иметь в виду, что при массовом производстве T_b , $T_{об}$ и $T_{ф}$ минимальны и часто перекрываются основным временем.

2.6 Выбор оборудования и уточнение режимов резания

После вычисления параметров режимов резания производится выбор оборудования. Причём при массовом производстве изделий разрабатывается и изготавливается комплекс специального оборудования, рассчитанного только для изготовления данных деталей. Режимы резания не корректируются, а оборудование и инструмент создаются под них. При этом, в основном, применяются агрегатные многопозиционные станки и автоматические линии как для обработки, так и для сборки и испытаний изделий. Это позволяет существенно повысить производительность труда, улучшить качество изготовления машин и условия труда рабочих, уменьшить производственные площади. При единичном или серийном производстве изделий чаще всего используется универсальное оборудование (таблицы 2.10–2.19), где на каждом станке можно изготавливать различные детали, а сборка производится вручную. Более полную номенклатуру станков, приспособлений и инструментов следует смотреть в [5].



Таблица 2.10 – Вертикальные протяжные полуавтоматы

Параметры	7Б64	7Б65	7Б66	7Б67	7Б68	7Б74
Номинальная сила тяги, кН	50	100	200	400	800	50
Наибольший ход протяжки, мм	1000	1250	1250	1600	1600	1000
Рабочие скорости v , м/мин	1,5...11,5	1,5...11,5	1,5...13	1,5...7,9	1,0...8	1,5...11,5
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	11	22	30	57	80	11
Габариты, мм:						
длина	2875	3292	3866	4000	4550	3152
ширина	1350	1333	1392	2060	2760	1290
высота	3640	4540	4555	5500	5860	2620
Масса, т	5,05	8,08	11,44	18,5	22,2	4,75

Таблица 2.11 – Токарные одношпиндельные автоматы

Параметры	1103	1Б10В	1М06В	1М10В	11Т16В	1М32В
Максимальный обрабатываемый диаметр, мм	4	6	6	10	16	32
Наибольший ход инструмента, мм	50	60	60	100	140	180
Частоты вращения шпинделя n_{min}, n_{max} , МИН ⁻¹	1600...12500	1400...10000	1400...10000	900...8000	450...6300	280...3550
Число скоростей m	19	18	18	20	24	Любая
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	1,0	1,5	1,5	2,2	3,0	4,7
Габаритные размеры, мм:						
длина	1050	1250	1250	1460	1900	2360
ширина	690	810	810	870	945	1150
высота	1345	1430	1450	1450	1520	1630
Масса, т	0,4	0,63	0,65	0,84	1,2	1,7

Таблица 2.12 – Токарные многорезцовые копировальные полуавтоматы

Параметры	1Н713	1П717Ф3	1719	1П752МФ3	1Б732	1Б732Ф3
Наибольший обрабатываемый диаметр, мм	400	400	500	500	590	630
Наибольший ход инструмента, мм	350	420	1250	1035	1985	1985
Частоты вращения шпинделя n_{min}, n_{max} , МИН ⁻¹	63...1250	16...2000	80...1600	6,3...1250	56...900	25...1250
Подачи, мм/об	Любая	Любая	Любая	Любая	Любая	Любая
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	5	8,5	40	22	55	40



Окончание таблицы 2.12

Параметры	1Н713	1П717Ф3	1719	1П752МФ3	1Б732	1Б732Ф3
Габариты, мм:						
длина	2450	3020	3800	3565	4760	5250
ширина	1250	3330	1390	2100	2170	2140
высота	1980	1860	2320	2200	2670	2840
Масса, т	4,7	3,2	9,6	9,0	12,75	12,1

Таблица 2.13 – Токарно-винторезные универсальные станки

Параметры	16Б04А	16Б05П	16Б16А	16Б16Т1	16Л20	16К20
Наибольший обрабатываемый диаметр, мм	200	250	320	320	400	400
Наибольший ход инструмента, мм	350	500	750	750	1500	2000
Частоты вращения шпинделя $n_{\min}, n_{\max}, \text{МИН}^{-1}$	320...3200	30...3000	20...2000	40...2000	16...1600	12,5...1600
Число скоростей t	Любое	Любое	21	18	21	22
Число подач	Любое	Любое	21	18	21	24
Подачи продольные $s_{\min}, s_{\max},$ мм/об	0,01...0,175	0,02...0,35	0,01...0,7	2...1200	0,05...2,8	0,05...2,8
Мощность главного привода $N_{\text{пр}}, \text{кВт}$	1,1	1,5	4,6	7,1	6,3	11
Габариты, мм:						
длина	1310	1510	2280	3100	2920	3795
ширина	690	725	1060	1390	1035	1190
высота	1360	1360	1485	1870	1450	1500
Масса, т	1,25	0,7	2,1	2,4	2,1	3,7

Таблица 2.14 – Вертикально-сверлильные универсальные станки

Параметры	2М112	2Н118	2Н125Л	2Н135	2Н150	2Г175
Наибольший обрабатываемый диаметр, мм	12	18	25	35	50	75
Наибольший ход инструмента, мм	190	200	250	300	350	400
Частоты вращения шпинделя $n_{\min}, n_{\max}, \text{МИН}^{-1}$	450...4500	180...2800	90...1420	31...1400	22...1000	18...800
Число скоростей t	5	9	9	12	12	12
Подачи, мм/об	Ручная	Ручная	0,1...0,3	0,1...1,6	0,05...2,24	0,018...4,5
Мощность главного привода $N_{\text{пр}}, \text{кВт}$	0,6	1,5	1,5	4,0	7,5	11
Габариты, мм:						
длина	770	870	770	1030	1355	1420
ширина	370	590	780	825	890	1920
высота	820	2080	2235	2535	2930	3385
Масса, т	0,12	0,45	0,62	1,2	1,87	4,25

Таблица 2.15 – Бесцентрово-шлифовальные полуавтоматы

Параметры	ЗД180	ЗМ182А	ЗШ182Д	ЗМ184И	ЗШ184Д	ЗМ185
Размеры заготовки, мм: диаметры длина	0,2...12 60	0,8...25 170	0,8...25 290	3...80 250	3...80 270	8...160 320
Размеры шлифовального круга ($\varnothing \times B$), мм	200 × 40	350 × 100	350 × 300	500 × 150	500 × 550	600 × 200
Размеры ведущего круга ($\varnothing \times B_k$), мм	150 × 40	250 × 100	250 × 300	350 × 150	350 × 550	350 × 300
Частота вращения круга, мин ⁻¹ шлифовального ведущего	3325 40...300	1910 10...150	500...1480 20...150	2300 11...150	420...1070 11...120	1100 15...100
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	1,5	5,5	8,5	30	15	22
Габариты, мм: длина ширина высота	1550 1500 1530	2560 1560 2120	2700 2300 2120	3220 2375 2255	3750 2750 2255	3920 2620 1950
Масса, т	1,6	3,8	4,4	7,4	8,5	8,8

Таблица 2.16 – Круглошлифовальные универсальные станки

Параметры	ЗУ10В	ЗА110В	ЗМ150	ЗЭ110М	ЗМ153	ЗМ151
Наибольшие размеры заготовки, мм: диаметр длина	100 160	140 200	100 360	140 200	140 500	200 700
Наименьший шлифуемый диаметр, мм: наружный внутренний	3 40	3 5	10 –	3 10	50 –	60 –
Угол поворота стола, град	+6...–7	+5...–6	+6...–7	+10...–10	+6...–7	+3...–10
Частоты вращения заготовки (регул. бесступ.) n_{min} , n_{max} , мин ⁻¹	100...950	100...1000	100...1000	100...800	50...1000	50...500
Частота вращения круга n_{max} , мин ⁻¹ : наружная шлифовка внутренняя шлифовка	1910 1910	3900 70000	2350 –	2700 14000	1900 –	1590 –
Наибольшие размеры круга, мм: диаметр ширина	250 20	250 25	400 40	250 25	500 63	600 100
Подачи врезания, мм/мин	0,05...0,5	–	0,05...5	–	0,05...5	0,1...4
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	1,1	2,2	4	3	7,5	10



Окончание таблицы 2.16

Параметры	ЗУ10В	3А110В	3М150	ЗЭ110М	3М153	3М151
Габариты, мм:						
длина	1360	1880	2500	2420	2700	4605
ширина	1715	2025	2220	2330	2540	2450
высота	1690	1750	1920	1585	1950	2170
Масса, т	2	2	2,6	3,1	4	5,6

Таблица 2.17 – Зубофрезерные полуавтоматы

Параметры	5303ПТ	5304В	5К301П	53А10	5К310	53А20
Максимальные размеры зуб. колеса, мм:						
диаметр	20	80	125	125	200	200
ширина	50	100	100	140	200	180
модуль	1	1,5	2,5	2,5	4	6
угол наклона зуба β	–	$\pm 60^\circ$	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$
Диаметр фрезы, мм	32	80	100	100	125	125
Частота вращения фрезы n , мин ⁻¹	400...4000	200...1600	100...500	40...900	63...480	75...500
Подача, мм/об (мм/мин):						
продольная	0,063...1	0,1...1,6	0,35...45	0,1...70	0,63...4	0,45...120
радиальная	1,5...45	0,05...0,8	0,4...60	0,05...35	0,135...2	0,1...1,6
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	1,1	1,5	2,2	3,8	4	8,5
Габариты, мм:						
длина	810	1215	1320	1370	2000	3150
ширина	750	1195	812	980	1300	1815
высота	1340	1620	1820	1660	2040	2300
Масса, т	0,7	2,1	1,7	3,2	4	6,8

Таблица 2.18 – Зубодолбежные полуавтоматы

Параметры	5111	5122	5122Б	5122В	5140	5М161
Максимальные размеры зуб. колеса, мм:						
диаметр	80	200	200	200	500	1250
ширина	20	50	30	50	100	160
модуль	1	5	4,5	4,5	8	12
Диаметр долбяка, мм	40	100	100	100	100	200
Число двойных ходов в минуту	250...1600	200...850	280...1200	200... 850	65...450	33...212
Круговая подача s , мм/дв. ход	0,016...0,4	0,16...1,6	0,051...0,55	0,14...0,75	0,14...0,75	0,2...1,5
Радиальная подача s_r , мм/дв. ход (мм/мин)	0,1...0,3	0,003...0,286	0,003...0,286	0,003...0,286	0,02...0,1	2,07...5,4
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	1,1	3	3,7	3	4,5	7,5



Окончание таблицы 2.18

Параметры	5111	5122	5122Б	5122В	5140	5М161
Габариты, мм:						
длина	1635	2000	2610	2610	1900	4200
ширина	1090	1450	1510	1110	1450	1860
высота	1705	1965	1965	2145	2450	3300
Масса, т	1,8	4,4	4,5	4,5	4,4	10,9

Таблица 2.19 – Вертикально-фрезерные консольные универсальные станки

Параметры	6Т104	6Р10	6Р11	6Р11Ф31	6Р12	6Р13Ф31
Максимальные перемещения стола, мм:						
продольное	400	500	630	630	800	1000
поперечное	160	160	200	300	280	400
вертикальное	320	300	350	350	420	380
Наибольший угол поворота шпинделя, град.	± 45	± 45	± 45	–	± 45	–
Частота вращения фрезы n , мин ⁻¹	63...2800	50...2240	50...1600	80...2500	31,5...1600	40...2000
Число скоростей m	12	12	16	16	18	18
Подачи, мм/мин:						
продольная и поперечная	11,2...500	25...1120	35...1020	0,1...4800	25...1250	10...1200
вертикальная	–	12,5...560	14...390	0,1...4800	8,3...416,6	10...1200
Число подач m_n	12	12	16	Любое	18	Любое
Мощность главного привода $N_{пр}$, кВт	2,2	3	5,5	5,5	7,5	7,5
Габариты, мм:						
длина	1250	1445	1480	4000	2305	3620
ширина	1205	1875	1990	2000	1950	4150
высота	1630	1750	2360	2220	2020	2760
Масса, т	0,83	1,3	2,4	2,8	3,2	5,6

Основным критерием при выборе универсального оборудования является номинальная мощность привода станка $N_{пр}$, которая должна на 10...15 % превышать вычисленную мощность резания N , а также габариты заготовки, т. е. возможность установки её на данном станке.

Вторым требованием к оборудованию является способность обеспечить необходимые или близкие параметры режимов резания – частоту вращения шпинделя n , подачу s и т. д. При этом надо учитывать, что передаточные числа коробок скоростей современных станков выбраны по закону геометрической прогрессии:

$$n_{\max} = n_{\min} \varphi^{m-1}, \quad (2.26)$$

где n_{\max} , n_{\min} – максимальная и минимальная частоты вращения шпинделя

станка, мин^{-1} ;

ϕ – знаменатель прогрессии (1,26 или 1,41);

m – число скоростей.

Третий критерий выбора оборудования – его габариты, масса и стоимость.

2.7 Разработка техпроцесса сборки и испытаний

Исходными данными для этого являются:

- сборочные чертежи изделия и спецификации к ним;
- технические требования на приёмку и испытания машины;
- производственная программа выпуска.

Изображённый на первом листе графической части курсовой работы сборочный чертёж механизма должен содержать необходимые для полного понимания проекции, виды, разрезы и посадки в сопряжениях. В технических требованиях указывают точность сборки, качество сопряжений (герметичность и жёсткость стыков, моменты затяжки гаек и болтов и др.), точность балансировки вращающихся частей, место клеймения, способ окраски и другие сведения. Иногда в техтребованиях указывают методы выполнения соединений, последовательность сборки, методы промежуточного и окончательного контроля качества изделия.

При разработке техпроцесса сборки необходимо тщательно изучить сборочный чертёж изделия и мысленно расчленив его на отдельные сборочные единицы (узлы), например, валы с установленными шестернями и подшипниками, крышки с уплотнительными манжетами и т. п. На основе данного анализа делаются предложения по конструктивным изменениям, улучшающим характеристики и упрощающим сборку машины. Следует иметь в виду, что от объёмов выпуска изделия зависит степень механизации и автоматизации сборочных работ. К тому же конструктор решает вопрос о методах обеспечения точности замыкающих звеньев, а технолог проверяет принятые решения, которые могут быть изменены по согласованию с конструктором.

Для каждой сборочной единицы составляется схема сборки, т. е. графическое изображение последовательности действий рабочих на данной сборочной операции. Название сборочной операции, как правило, соответствует названию базовой детали на этой операции. Например, на рисунке 2.9 показана схема сборки вала.

Финишной операцией является сборка механизма из уже собранных сборочных единиц и оставшихся деталей. Количество деталей в собираемом механизме должно точно соответствовать данным в спецификации к сборочному чертежу. При изготовлении невзаимозаменяемых изделий на последовательность сборки влияют подгоночные работы, промежуточные разборки и сборки частей изделия, дополнительная обработка, очистка, контроль, регулировка и заправка технологическими материалами. Принятый вариант схемы сборки должен обеспечивать минимальную себестоимость и наивысшее качество изделия, а также давать возможность механизировать и автоматизировать производство.



Операция 10 «Сборка вала 020»



Рисунок 2.9 – Пример оформления схемы сборочной операции

В случае установки детали с натягом, например, внутреннего кольца подшипника на вал, необходимо вычислить требуемое усилие запрессовки $F_{пр}$, Н, по зависимости

$$F_{пр} = \frac{\pi d l f (\Delta - Rz_1 - Rz_2)}{2 \cdot 10^3 \Gamma}, \quad (2.27)$$

где d – номинальный диаметр сопряжения «вал–втулка», мм;

l – длина сопряжения «вал–втулка», мм;

f – коэффициент трения скольжения сопрягаемых деталей (для пары трения «сталь по стали без масла» $f = 0,1$);

Δ – величина натяга, то есть разность диаметров сопрягаемых деталей согласно d и квалитетов изготовления данных деталей, мм;

Rz_1, Rz_2 – шероховатости поверхностей сопрягаемых деталей, мм;

Γ – параметр Герца:

$$\Gamma = \frac{\left(\frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} \right)^{+\mu_1}}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}, \quad (2.28)$$

где D – наружный диаметр втулки, мм;

μ_1 – коэффициент Пуассона материала вала (для стали $\mu = 0,27$);

μ_2 – коэффициент Пуассона материала втулки;

E_1 – модуль Юнга материала вала (для стали $E_1 = 2,1 \cdot 10^5$, МПа);

E_2 – модуль Юнга материала втулки, МПа.

На схеме сборки указывается $F_{пр}$ для каждой посадки, а в пояснительной записке в зависимости от принятого метода сборки приводятся сведения по требуемому инструменту и оборудованию. Так, например, при $F_{пр} < 1$ кН можно использовать молоток массой 0,5 кг, если ударный метод сборки допустим для собираемого устройства; при $F_{пр}$ от 1 до 10 кН можно использовать тиски с оправкой (втулкой), соответствующей d и l ; при $F_{пр} > 10$ кН – пресс требуемого усилия с оправкой.

Для ориентировочной оценки моментов затяжки M , Н·м, резьбовых соеди-

нений (болтов и гаек) наружным диаметром свыше 5 мм можно использовать следующую зависимость:

$$M = -100 + 18 d, \quad (2.29)$$

где d – наружный диаметр резьбы, мм.

Используя формулу (2.29) надо иметь в виду, что при соединении деталей из цветных металлов или применения резьбы с мелким шагом момент затяжки следует уменьшать примерно на 50 % от полученного по (2.29), а в случае соединения стальных деталей и изготовлении болтов, шпилек и гаек из легированных сталей, например, шатунные болты (сталь 45ХН), момент затяжки можно увеличивать вплоть до предела текучести материала крепёжных деталей, т. е. примерно в два раза больше по сравнению с (2.29).

После разработки технологического процесса сборки в пояснительной записке курсовой работы приводится Программа-Методика испытаний данного механизма, где указываются параметры, подлежащие измерению, измерительные приборы и другие средства измерения и регистрации необходимых параметров и характеристик для оценки работоспособности собранного механизма. Также описывается последовательность действий испытателя и форма представления результатов испытаний (таблицы, графики и т. п.). На третьем листе графической части курсовой работы изображается схема испытательного стенда.

Для выбора стандартного или разработки уникального испытательного стенда рекомендуется использовать [7, 8].

3 Технологический процесс ремонта

Данный раздел включает описание в пояснительной записке курсовой работы технологических процессов восстановления детали и оформление на третьем листе графической части четырёх операционных эскизов для её ремонта, по структуре аналогичных тем, которые отражены на втором листе графической части.

3.1 Анализ возможных дефектов

В этом подразделе пояснительной записки необходимо, исходя из анализа условий работы детали, привести список возможных её дефектов и предполагаемую вероятность их появления. Например, у вала возможен износ шеек под подшипники и шестерни (вероятность $P_1 \approx 0,4$), износ шпоночных пазов и шлиц ($P_2 \approx 0,5$), изгиб оси ($P_3 \approx 0,6$) и др.



3.2 Восстановление детали

Для устранения каждого предполагаемого дефекта, отражённого в предыдущем подразделе пояснительной записки, описывается технологический процесс ремонта (механический, гальванический, сварочный или иной). Здесь приводятся необходимые операционные эскизы, сведения по оборудованию, материалам, инструменту и параметры режимов обработки. В качестве справочного материала следует использовать [3, 4, 6].

Список литературы

- 1 Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин : учебник для вузов / Под ред. В. А. Зорина. – Москва: Академия, 2010. – 576 с.
- 2 Технология машиностроения и производство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебное пособие для вузов / Под ред. В. А. Зорина. – Москва: Академия, 2007. – 368 с.
- 3 **Суслов, А. Г.** Технология машиностроения: учебник для вузов / А. Г. Суслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2007. – 430 с.
- 4 Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
- 5 Технология машиностроения. Курсовое проектирование: учебное пособие / Под ред. М. М. Кане, В. К. Шелега. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 311 с.



Приложение Б (справочное)

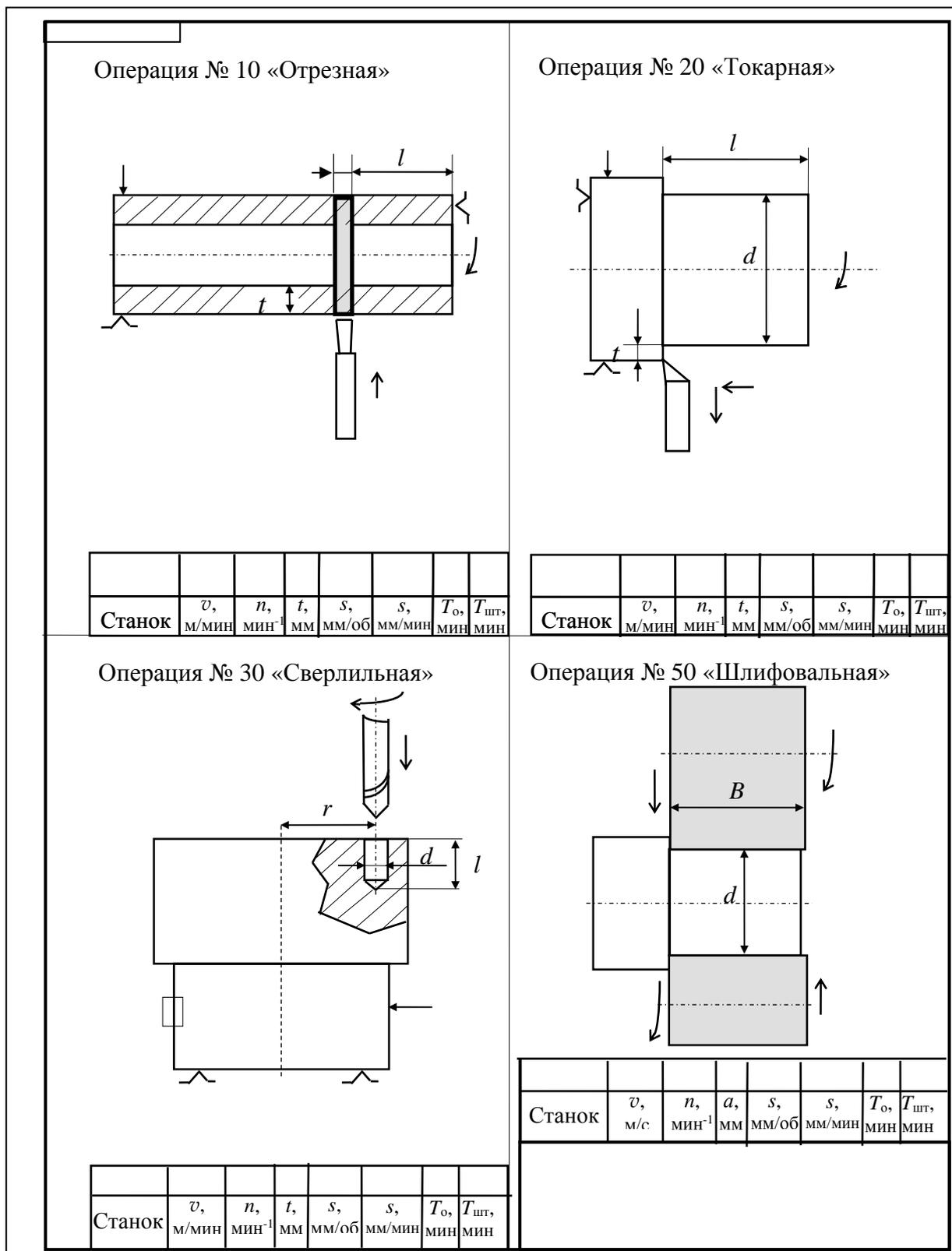


Рисунок Б.1 – Пример оформления второго листа графической части (вариант 1)

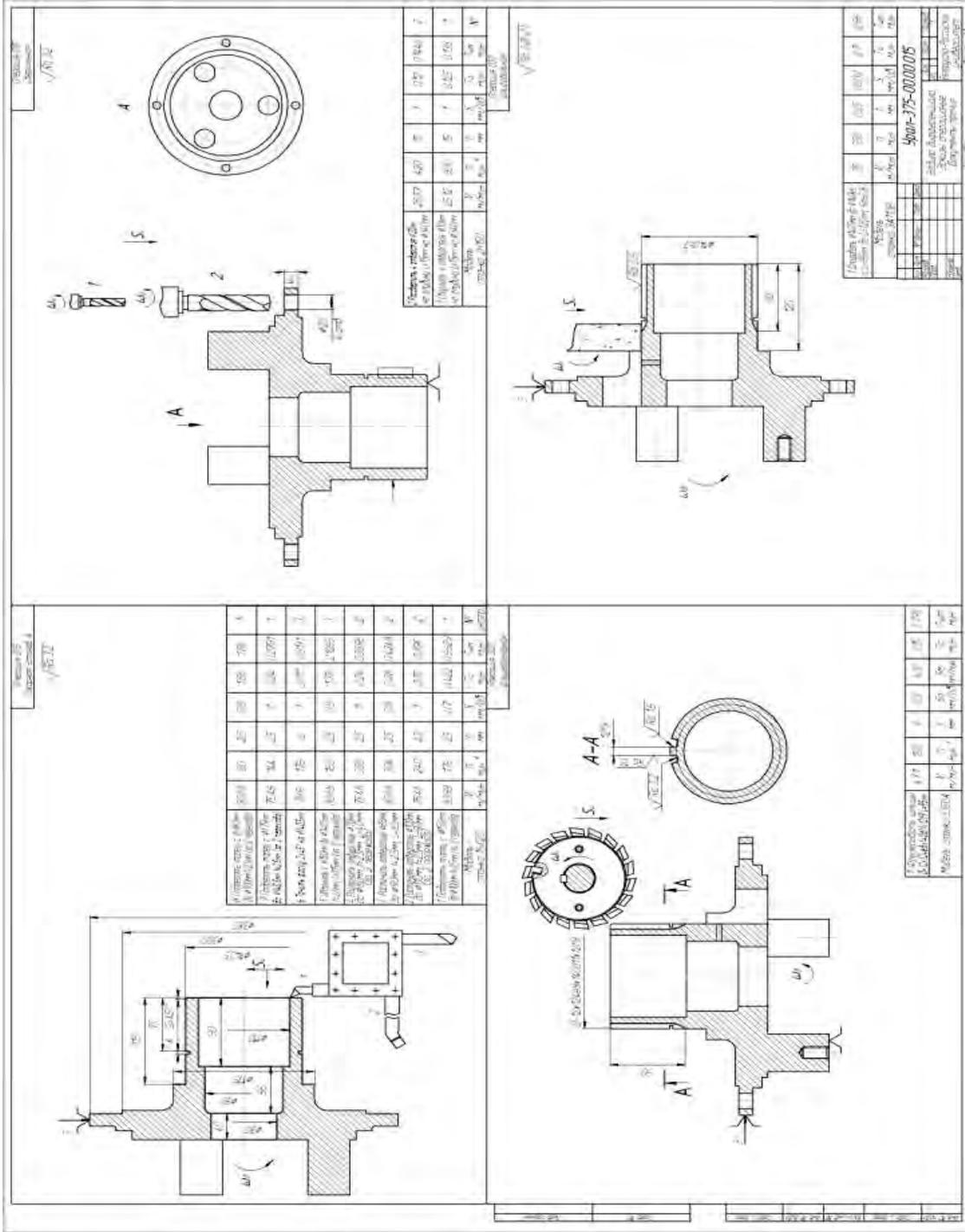


Рисунок Б.2 – Пример оформления второго листа графической части (вариант 2)

