

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
И СБОРКИ ПРИ РЕМОНТЕ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.**

**ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию  
в области сельского хозяйства в качестве учебно-методического пособия  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по специальности 1-74 06 03 Ремонтно-обслуживающее производство  
в сельском хозяйстве*

Минск  
БГАТУ  
2013

УДК 631.3(075)  
ББК 40.72я7  
П79

*Составители:*

доктор технических наук, профессор Л. М. Акулович,  
кандидат технических наук, профессор В. П. Миклуш,  
кандидат технических наук, доцент Л. Е. Сергеев,  
старший преподаватель А. В. Миранович,  
старший преподаватель С. И. Гальго

*Рецензенты:*

кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей» БНТУ;  
доктор технических наук, член-корреспондент НАН Беларуси  
А. П. Ласковнев

П79 **Проектирование технологий** механической обработки и сборки при ремонте сельскохозяйственной техники. Дипломное проектирование : учеб.-метод. пособие / сост.: Л. М. Акулович [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2013. – 460 с.  
ISBN 978-985-519-601-4.

Предназначено для студентов специальности 1-74 06 03 Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве. Содержит методические рекомендации по проектированию технологических процессов механической обработки заготовок деталей и сборке узлов при ремонте сельскохозяйственных машин, выполнению инженерных расчетов, оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части дипломного проекта.

Пособие разработано на базе действующих государственных стандартов, руководящих и методических материалов, отражает опыт подготовки инженеров для агропромышленного комплекса на факультете «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет».

УДК 631.3(075)  
ББК 40.72я7

ISBN 978-985-519-601-4

© БГАТУ, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

Перечень условных обозначений.....	6
Введение .....	7
1. Цель и задачи проекта .....	9
1.1. Актуальность темы проекта .....	9
1.2. Анализ исходных данных для дипломного проектирования.....	11
2. Общая характеристика предприятия .....	13
3. Характеристика сборочной единицы.....	14
4. Назначение детали и анализ ее технологичности.....	15
4.1. Назначение и конструкция детали.....	15
4.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	15
5. Анализ базового варианта технологического процесса, определение типа производства .....	22
5.1. Анализ базового варианта технологического процесса.....	22
5.2. Определение типа производства.....	23
6. Проектирование технологических процессов механической обработки .....	32
6.1. Выбор исходной заготовки и способа ее изготовления .....	33
6.2. Проектирование принципиальной схемы обработки заготовки .....	36
6.3. Назначение технологических баз.....	68
6.4. Составление технологического маршрута обработки .....	76
6.5. Разработка технологических операций .....	82
6.6. Расчет и назначение припусков на обработку .....	92
6.7. Расчет и назначение режимов резания .....	101
6.7.1. Общие положения по расчету режимов резания.....	101
6.7.2. Точение.....	111
6.7.3. Стругание, долбление .....	132
6.7.4. Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание.....	133
6.7.5. Фрезерование.....	143
6.7.6. Разрезание .....	166
6.7.7. Резьбонарезание .....	168

6.7.8. Протягивание.....	179
6.7.9. Шлифование .....	183
6.8. Нормирование технологических операций .....	194
6.9. Проектирование технологических процессов в САПР ТП .....	197
6.9.1. Функции САПР ТП.....	197
6.9.2. Схема проектирования технологических процессов механической обработки САПР ТП PRAMEN.....	203
6.9.3. Этапы проектирования .....	204
6.10. Оформление технологических процессов.....	214
7. Проектирование технологических процессов сборки изделий .....	223
7.1. Определение организационной формы сборки .....	224
7.2. Служебное назначение и конструкция сборочной единицы (изделия).....	225
7.3. Анализ технологичности сборочной единицы .....	230
7.4. Проектирование технологического процесса сборки.....	234
7.5. Конструирование сборочных приспособлений .....	260
7.6. Оформление технологической документации и чертежей оснастки .....	261
8. Проектирование и расчет технологической оснастки.....	269
9. Проектирование производственного участка .....	272
10. Технологические методы повышения качества поверхностей деталей машин .....	274
10.1. Классификация электрофизических, электрохимических и комбинированных методов обработки .....	274
10.2. Краткое описание некоторых электрофизических, электрохимических и комбинированных методов обработки .....	278
10.3. Патентный поиск с использованием ресурсов сети Интернет .....	289
11. Безопасность жизнедеятельности .....	296
12. Обоснование использования проекта в производстве .....	297
13. Технико-экономическое обоснование проекта.....	305
14. Оформление конструкторской части дипломного проекта.....	307
Заключение.....	323

Список использованных источников.....	324
Приложение 1.....	326
Приложение 2.....	331
Приложение 3.....	344
Приложение 4.....	351
Приложение 5.....	424
Приложение 6.....	434
Приложение 7.....	444
Приложение 8.....	447

## ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДП – дипломный проект;  
 ГЭК – Государственная экзаменационная комиссия;  
 ЕСКД – Единая система конструкторской документации;  
 ЕСТД – Единая система технологической документации;  
 СИ – Международная система единиц;  
 КПД – коэффициент полезного действия;  
 ТВЧ – токи высокой частоты;  
 СОТС – смазывающе-охлаждающие технологические средства;  
 СОЖ – смазывающе-охлаждающие жидкости;  
 УСП – универсально-сборное приспособление;  
 КТЭ – конструктивно-технологический элемент;  
 ЧПУ – числовое программное управление;  
 УП – управляющая программа;  
 МК – маршрутная карта;  
 КТП – карта технологического процесса;  
 КЭ – карта эскизов;  
 КД – конструкторская документация;  
 ОК – операционная карта;  
 ПКП – поперечно-клиноватая прокатка;  
 СТМ – сверхтвердые материалы;  
 СПИД – станок-приспособление-инструмент-деталь.

## ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития машиностроения характеризуется необходимостью обеспечения конкурентоспособности производимой продукции, что означает оперативное реагирование производства на изменение потребительского спроса, обеспечение качества, снижение себестоимости производимой продукции при существенном сокращении сроков ее выпуска. Эта проблема предусматривает решение задачи сокращения времени на технологическую подготовку производства, направленную, прежде всего, на расширение номенклатуры выпускаемой продукции при снижении величин партий, что требует создания быстроперенастраиваемых производственных систем. В промышленности с технологической подготовкой производства непосредственно связаны освоение выпуска новых изделий, повышение технического уровня и качества продукции, улучшение всех технико-экономических показателей работы предприятий.

Основными технологическими процессами в машиностроении являются механическая обработка и сборка. На их долю приходится более половины общей трудоемкости изготовления машины. В ходе подготовки производства разрабатывается технологический процесс изготовления каждой детали, а на сборочную единицу – технологический процесс ее сборки. Кроме технологических процессов механической обработки и сборки, разрабатывают технологии изготовления заготовок, их термической обработки, сборки узлов и машин, покраски изделий и т. п.

Технологическое проектирование как основная составляющая технической подготовки является наиболее трудоемким. Поэтому повышение эффективности инженерного труда в сфере технологического проектирования идет по следующим направлениям:

- рационализация системы проектирования, включая систематизацию самого процесса проектирования;
- комплексная автоматизация умственно-формальных, нетворческих функций инженера-проектировщика в процессе проектирования;
- разработка имитационных моделей для воспроизводства на ЭВМ умственной деятельности человека, его способности принимать решения в условиях полной или частичной неопределенности проектных ситуаций, обусловленных введением определенных ограничений.

Содержание, объем и организация технологической подготовки производства во многом зависят от типа производства. В единич-

ном и мелкосерийном производствах технологическая подготовка составляет 25 %, в серийном – до 50 %, в крупносерийном и массовом – до 70 % от всего объема работ по технической подготовке производства новых изделий.

В настоящем пособии приводятся рекомендации по проектированию технологических процессов в условиях единичного и серийного производств, которые преобладают на машиностроительных предприятиях агропромышленного комплекса. В нем изложены методы принятия технологических решений на основных этапах проектирования.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

### 1.1. Актуальность темы проекта

При производстве и ремонте сельскохозяйственной техники требуется изготовление новых и восстановление изношенных деталей. Технологии восстановления поверхностей деталей машин требуют как предшествующей, так и последующей механической обработки рабочих поверхностей. Поэтому в ремонтно-обслуживающем производстве агропромышленного комплекса используются преимущественно технологии механической обработки заготовок, основными составляющими которых являются процессы обработки металлов резанием.

Цель технологической подготовки производства (ТПП) – обеспечение освоения выпуска новых изделий или выполнения ремонтных работ в короткие сроки и с наименьшими затратами.

Задачами ТПП являются:

- снижение трудоемкости подготовки производства и изготовления продукции в целом;
- сокращение сроков освоения выпуска новых изделий;
- повышение качества разрабатываемых технологических процессов и продукции в целом.

Технологическая подготовка производства включает:

- обеспечение технологичности конструкций изделий;
- проектирование технологических процессов изготовления изделий;
- оснащение технологических процессов оборудованием и стандартными (или заимствованными) средствами технологического оснащения;
- конструирование и изготовление специальных средств технологического оснащения.

Уровень технологической подготовки производства существенно влияет на организационную структуру предприятия и технико-экономические показатели его производственной деятельности, а также определяет качество выпускаемой продукции. Высокий уровень технологической подготовки производства сокращает трудоемкость изготовления деталей и сборки изделия, сокращает длительность производственного цикла, снижает себестоимость изготовления продукции,

уменьшает расход металла на изготовление деталей, повышает качество машин, снижает производственный брак и т. д.

Основным и наиболее ответственным этапом технологической подготовки производства является проектирование технологических процессов (ТП) с оформлением комплекта необходимой технологической документации. Этот этап охватывает основной круг вопросов технологической подготовки производства и решающим образом влияет на сроки подготовки и освоения новых изделий, обеспечение их качества. В процессе проектирования технологических процессов происходит переработка больших объемов информации. Эффективность процесса проектирования во многом зависит от рационального представления исходной информации, в первую очередь, с точки зрения ее достаточности и достоверности.

Проектирование технологических процессов механической обработки сопряжено с неоднозначностью информации и многовариантностью возможных технологических решений. Процесс проектирования осуществляется в определенной последовательности по этапам.

1. Изучение исходных данных.
2. Анализ технологичности конструкции детали и определение типа производства.
3. Определение предполагаемой структуры технологического процесса. Выбор исходной заготовки, метода ее изготовления и определение общих припусков на механическую обработку.
4. Назначение технологических баз.
5. Составление технологического маршрута обработки. Выбор стадий и методов обработки отдельных элементарных поверхностей заготовки.
6. Построение структуры операций с разработкой схем базирования.
7. Разработка технологических операций, включающая расчет припусков и допусков по технологическим переходам, выбор оборудования, инструментов и приспособлений, расчет (назначение) режимов резания, разработку эскизов обработки.
8. Нормирование технологических операций.
9. Оформление технологической документации.

В зависимости от условий производства и назначения проектируемого технологического процесса применяются различные виды и формы технологических процессов (ГОСТ 3.1109–82).

Виды технологических процессов, используемых на различных этапах технологической подготовки производства.

1. По применяемости:

- проектный;
- рабочий;
- временный;
- перспективный.

2. По степени унификации:

- единичный;
- типовой;
- групповой;
- модульный;
- стандартный.

3. По подробности разработки и описания:

- маршрутный (краткий или полный);
- маршрутно-операционный;
- операционный.

## 1.2. Анализ исходных данных для дипломного проектирования

Основная цель этапа состоит в ознакомлении с исходными данными и полнотой сведений, необходимых для начала проектирования.

Исходная информация для дипломного проектирования делится на базовую, руководящую, справочную.

**Базовая информация** включает:

- данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие (сборочный и рабочий чертеж детали, технические требования, параметры качества обработанных поверхностей и детали в целом);
- программу выпуска, определяющую тип производства;
- сведения об имеющихся средствах технологического оснащения, оборудовании, производственных площадях и т. п. (для дипломных проектов по совершенствованию действующих технологических процессов).

**Руководящая информация** включает данные, содержащиеся в:

- стандартах ЕСТПП, стандартах предприятия на технологические процессы, каталогах, средствах технологического оснащения (оборудование, приспособления и др.), применяемых на предприятии;

- документации на действующие единичные, типовые, групповые и перспективные технологические процессы;

- руководящих материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и др.);

- документации по технике безопасности, промышленной санитарии и экологической безопасности;

- производственных и технологических инструкциях.

**Справочная информация** включает данные, содержащиеся в следующих документах:

- описаниях прогрессивных методов изготовления и ремонта изделий;

- каталогах, паспортах, номенклатурных справочниках, альбомах прогрессивных средств технологического оснащения;

- справочниках технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и др.);

- прогнозах научно-технического прогресса и планах повышения технического уровня производства;

- методических материалах по расчетам точности и управлению технологическими процессами;

- методических материалах о результатах научных исследований;

- материалах и трудовых нормативах (в том числе общемашиностроительных и отраслевых нормативах времени для нормирования технологической трудоемкости, тарифно-квалификационных справочниках и т. п.).

## 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ

В разделе необходимо привести технико-экономический анализ деятельности предприятия, отразив следующие данные:

- специализация предприятия, номенклатура выпускаемой продукции;
- характеристика действующих на предприятии производственных процессов;
- производственная структура предприятия, функции структурных подразделений цеха (участка);
- описание технологических процессов изготовления заданной детали и аналогичных деталей, изготавливаемых в цехе (участке);
- техническая вооруженность участка изготовления заданной детали (состав оборудования, средства технологического оснащения);
- экономические показатели производственной деятельности предприятия, цеха (участка), их анализ, выявление резервов производства.

## 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

В разделе необходимо отразить следующие вопросы:

- назначение сборочной единицы, куда входит заданная деталь (изделие – узел – подузел и т. д.);
- описание принципа работы;
- условия работы сборочного узла;
- анализ условий работы детали в узле.

## 4. НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ И АНАЛИЗ ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

### 4.1. Назначение и конструкция детали

Назначение детали необходимо определить на основе анализа сборочного чертежа узла. В процессе этого анализа выявляют условия работы детали в сборочном узле, определяют наиболее ответственные и точные поверхности детали, конструкторские и сборочные базы, выявляют причины возможного выхода из строя детали, производят оценку требований к детали и ее рабочим поверхностям.

При анализе рабочего чертежа детали устанавливают:

- материал, из которого изготавливают деталь, и требования к нему (твердость, вид термической обработки) с позиций возможных вариантов их технологического обеспечения;
- требования на все геометрические размеры, форму и взаимное расположение поверхностей детали (проставка размеров и допусков расположения) с позиций удобства их технологического обеспечения;
- параметры точности обрабатываемых поверхностей;
- технические требования к отдельным поверхностям и детали в целом, определяющие их качество.

На этом этапе необходимо проработать вопрос повышения эксплуатационных свойств поверхностей детали технологическими методами, в том числе электрофизическими, электрохимическими, термомеханическими и др. При анализе рабочего чертежа детали необходимо обратить особое внимание на технологичность ее конструкции.

### 4.2. Анализ технологичности конструкции детали

Отработка чертежей деталей на технологичность проводится на первом этапе технологической подготовки, включает в себя необходимые изменения чертежа и схемы проставки размеров. К основным требованиям технологичности относятся: стандартизация и унификация элементов заготовок; унификация радиусов сопряжений поверхностей и канавок для выхода инструмента; упро-

щение форм контура заготовки; выбор конструктивной компоновки заготовки, обеспечивающей максимальную доступность всех обрабатываемых поверхностей; создание единых конструкторских и технологических баз и проставка размеров от этих баз в соответствии с принятой системой координат для программирования обработки заготовки.

Указанные требования направлены на сокращение количества установов заготовки и типоразмеров режущего инструмента, улучшение условий базирования, повышение точности изготовления заготовки.

Одним из главных принципов подготовки производства является конструкторская и технологическая преемственность. Применение этого принципа позволяет максимально использовать все лучшее, что создано ранее. Например, при конструировании новых изделий машиностроения до 80 % конструктивных решений переходит от изделия к изделию.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности изготовления детали высокопроизводительными методами. Отработка конструкции изделий на технологичность позволяет снизить на 15–25 % трудоемкость изготовления изделия и на 5–10 % его себестоимость.

Совершенство конструкции машин характеризуется не только его техническими параметрами, но и уровнем экономичности и удобством в изготовлении и эксплуатации. Конструкцию машины, в которой все эти показатели соответствуют современным требованиям и конкретным условиям производства, принято называть *технологичной*. Улучшением технологичности конструкции можно увеличить выпуск продукции при тех же средствах производства.

Технологичность конструкции изделия – понятие комплексное и относительное. Комплексное, так как технологичность конструкции рассматривается с позиций взаимосвязи условий выполнения требований различных производств: заготовительного, механообрабатывающего, сборочного, ремонтного. Относительное, так как требования к технологичности конструкции одной и той же машины будут отличаться для разных типов производства (единичное и массовое), а также для различных предприятий, отличающихся уровнем технического оснащения (универсальные станки с ручным управлением,



станки-автоматы, станки-полуавтоматы, автоматические линии, станки с ЧПУ, гибкие производственные участки).

Показатели технологичности конструкции изделий могут быть двух видов: качественные и количественные.

*Качественная* оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании мнения специалиста: «хорошо – плохо», «допустимо – недопустимо». Качественная оценка технологичности предшествует количественной.

*Количественная* оценка технологичности конструкции выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции. Эту оценку необходимо делать только для признаков, существенно влияющих на технологичность конструкции.

Конструирование является творческим процессом, поэтому дать единые конкретные правила для всех случаев не представляется возможным. Однако общие требования можно сформулировать следующим образом:

1. Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных элементов. Примеры условных обозначений на чертежах согласно ГОСТ 24642–81 допусков формы и расположения поверхностей приведены в приложении 1.

2. Детали должны изготавливаться из стандартных заготовок. Размеры и формы заготовки должны приближаться к форме и размерам готовой детали.

3. Заготовки должны быть получены рациональным способом и допускать возможность использования в конструкции детали обрабатываемых поверхностей и минимальных припусков на обработку.

4. Точность и шероховатость поверхностей должны быть обоснованными, исходя из требований их функционального назначения и надежности в эксплуатации.

5. Конструкция детали должна обеспечивать возможность использования типовых и групповых технологических процессов. Для этого предпочтительно, чтобы входящие в нее конструктивные элементы были схожи по технологическим признакам.

6. Не допускается использовать труднообрабатываемые материалы.

7. Должна быть обеспечена доступность режущего и измерительного инструментов ко всем обрабатываемым поверхностям.

8. Конструкции деталей должны обеспечивать минимальную деформацию при механической и термической обработке.

Ниже приведены основные требования к технологичности конструкции деталей основных групп.

#### *Технологичность валов*

1. Достаточная жесткость. Конструкция вала считается жесткой при отношении длины к диаметру не более 10–12. В противном случае токарная обработка вала требует применения дополнительных опор в виде люнетов, что увеличивает трудоемкость.

2. Наличие постоянных технологических баз (центровые отверстия). Это позволяет повысить точность и сократить трудоемкость обработки соосных ступенчатых поверхностей, форма и размеры которых должны соответствовать ГОСТ 14034–74.

3. Необходимо предусматривать стандартные канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры канавок должны соответствовать ГОСТ 8820–69. Для сокращения числа типоразмеров канавочных резцов канавки выполнять по возможности одинаковыми.

4. У гладких длинных валов вместо ступени при необходимости упорных уступов (буртиков) устанавливать разжимные пружинные кольца. В этом случае буртик заменяется канавкой.

5. У длинных нежестких валов предусматривать на одном торце резьбовое отверстие для обеспечения транспортировки, термобработки и хранения в подвешенном состоянии.

6. Крупные валы изготавливать полыми.

7. Наличие радиусов закруглений между ступенями повышает стойкость инструмента.

8. Непрерывность шлифуемых поверхностей (постоянная длина образующей). Это обеспечивает более высокую точность формы, так как площадь контакта детали и давление шлифовального круга будут постоянными.

9. При наличии нескольких шпоночных пазов на разных ступенях выполнять их на одной линии с одинаковой шириной.

#### *Технологичность корпусных деталей*

1. Жесткость и виброустойчивость конструкции при обработке.

2. Наличие надежных технологических баз и мест для закрепления.

3. Обрабатываемые плоскости располагать на одном уровне с одинаковой точностью и шероховатостью.

4. Четкое разграничение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей.

5. Предпочтительна обработка плоскостей на проход. Для этого обрабатываемые поверхности располагать выше примыкающих элементов.

6. Унификация радиусов сопряжения элементов детали для сокращения числа типоразмеров и смен инструмента.

7. Простановка размеров от одной технологической базы для обеспечения возможности обработки поверхностей детали с одного установка и упрощения настройки станка.

8. Перпендикулярность отверстий к плоскости общего торца для снижения трудоемкости обработки за счет сокращения времени на переустановку детали.

9. Крепежные отверстия располагать на расстоянии, достаточном для использования кондукторов и многошпиндельных головок.

10. Перепад размеров отверстий, лежащих в стенках на одной линии, и их расположение должны обеспечить возможность применения многоинструментальной обработки.

11. При обработке отверстий не допускать входа и выхода инструмента под углом, предусматривать для этих целей специальные элементы.

12. Избегать отверстий с плоским дном.

13. Избегать глухих отверстий (гладких и резьбовых). Конфигурация глухих отверстий должна быть увязана с конструкцией применяемого инструмента (зенкера, развертки), имеющего коническую заборную часть.

14. У глухих резьбовых отверстий предусматривать запас длины на сбег резьбы, а также на размещение метчиков и стружки.

15. В резьбовых отверстиях предусматривать заходную фаску.

16. Избегать глубоких отверстий (отношение длины к диаметру не должно быть более пяти).

17. Избегать резьб малого диаметра (до 6 мм) в крупных деталях из-за возможности поломки метчиков.

18. В отверстиях, расположенных в стенках, вместо ступеней предусматривать пружинные разрезные кольца. При этом вместо ступени выполняется канавка, что уменьшает трудоемкость обработки.

19. У дна точных глухих отверстий предусматривать канавку для выхода инструмента.

20. Избегать глухих отверстий, заменять их сквозными отверстиями с заглушкой.

21. У длинных точных отверстий для сокращения обработки вместо выточек, получаемых резанием, выполнять литые выемки.

#### *Технологичность зубчатых колес*

1. Простая конфигурация. Это обеспечивает многоместную обработку при зубонарезании (типа плоских дисков).

2. Многовенцовые колеса должны иметь достаточное расстояние между венцами для обеспечения выхода фрез и шлифовальных кругов. При невозможности обеспечения этого требования желательно многовенцовые колеса делать составными с целью применения высокопроизводительных методов обработки.

3. Конструкция одновенцовых колес должна предусматривать смещение венца к одному торцу, что обеспечивает минимальную металлоемкость и возможность одновременного нарезания зубьев у двух колес.

4. Конфигурация колеса должна предусматривать минимальную деформацию при термообработке.

5. Предусматривать канавки для выхода долбяков, гребенок и червячных фрез при нарезании зубьев колес. Форма и размеры канавок – ГОСТ 14775–81.

6. Точность базирующих поверхностей (торцы, отверстия, шейки) должна соответствовать точности зубчатых венцов.

7. Длина шлицевых отверстий должна соответствовать геометрическим параметрам протяжек.

#### *Технологичность конструкций деталей, подвергаемых термической и химико-термической обработке*

1. Простые геометрические формы и симметричная конфигурация без острых граней, тонких перемычек и резких переходов в сечениях.

2. Перед термообработкой на деталях нежелательно иметь прорезы, отверстия и канавки, в зоне которых могут возникнуть напряжения и трещины.

3. Шероховатость поверхностей деталей, подвергаемых закалке, должна быть не ниже  $R_a = 10$  мкм, так как при большей шероховатости возможно образование трещин и разрушение детали.

4. В деталях, закаливаемых с помощью ТВЧ, толщина закаленного слоя должна быть больше глубины имеющихся кольцевых выто-

чек, иначе предел выносливости деталей снижается, и они могут разрушиться по выточке.

5. Исключать выход закаленного слоя в нагруженную зону детали, так как при этом суммируются напряжения, возникающие при работе детали, с напряжениями в закаленном слое.

6. Для предупреждения оплавления кромок на торцах отверстий следует предусматривать фаски.

7. Резьбы на деталях, подвергаемых химико-термической обработке, не каливать, так как они получаются хрупкими, с повышенной твердостью.

8. В опасных зонах (тонкие стенки и перегородки) для предупреждения трещин при закалке следует назначать местную химико-термическую обработку.

9. Детали, склонные к короблению, выполнять из легированных сталей, закаливающихся в масле или на воздухе.

## 5. АНАЛИЗ БАЗОВОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРИЗВОДСТВА

### 5.1. Анализ базового варианта технологического процесса

На основе изучения действующего технологического процесса изготовления заданной детали производится анализ его структуры на предмет выявления влияния различных технологических факторов на производительность, геометрическую точность и качество поверхности при обработке заготовок деталей. Осуществляется анализ необходимости наличия каждой операции и перехода с последующим уточнением всех решений на уровнях декомпозиции «сверху – вниз». Особое внимание уделяют анализу степени использования унифицированных технологических процессов (УТП), когда структура индивидуального технологического процесса не создается заново, а базируется на использовании типовых и групповых технологических процессов.

Типовые процессы применяются для деталей, обладающих подобием в конструктивном и технологическом плане. К числу типовых относятся детали, имеющие одинаковую структуру КТЭ при различных значениях свойств этих элементов (размеров, свойств материала и т. п.).

Групповые процессы используются для деталей, различных в конструктивном отношении, но подобных в технологическом плане. Такие детали обладают различной структурой КТЭ. На основе выбранного множества деталей, входящих в группу, обычно разрабатывают комплексную деталь, включающую все типы элементов, встречающихся у деталей группы. Для такой детали разрабатывается комплексный технологический процесс и формируется общая инструментальная наладка. Рабочий ТП для каждой детали из группы определяется составом ее КТЭ и представляет собой подмножество комплексного ТП.

При анализе структуры действующего технологического процесса особое внимание уделяют:

- исключению или сведению к минимуму пробных проходов, разметочных операций, промежуточного контроля;
- минимальному межоперационному перемещению заготовок деталей;
- соблюдению принципа постоянства баз;

- максимальной концентрации обработки поверхностей за одну установку заготовки детали, т. е. возможности выполнения на одной операции полустойковой и чистой обработки;
- возможности использования многоинструментальной обработки;
- возможности обработки заготовки детали без использования специальной оснастки;
- максимальной автоматизации всего процесса обработки.

На основании анализа базового варианта технологического процесса принимаются решения об изменениях, вносимых в действующий технологический процесс, в части:

- совершенствования метода получения заготовки и снижения припусков на механическую обработку;
- использования современного технологического оборудования с числовым программным управлением, повышающего производительность и точность обработки;
- использования прогрессивного режущего инструмента с быстрозменными твердосплавными пластинами;
- возможности автоматизации технологического процесса обработки заготовки, повышающего производительность труда, обеспечивающего стабильность качества изделий, гарантированную точность обработки.

## 5.2. Определение типа производства

При выборе типа производства необходимо учитывать, что отнесение процесса изготовления детали к тому или иному типу производства во многих аспектах определяет технические и организационные решения разрабатываемого проекта. Это следует из определения типов производства [1].

*Массовое* производство характеризуется тем, что на одних и тех же рабочих местах в течение длительного времени выполняется одна и та же операция по обработке одной или однотипной детали, отличающейся только некоторыми размерами и элементами формы так, что не требуется значительная и длительная переналадка оборудования. В массовом производстве применяют автоматы и полуавтоматы, автоматизированные специальные станочные приспособления, автоматизированный контроль, специальные инструменты и многоинструментные наладки, специальные транспортные

устройства для подачи деталей на рабочие места и для перемещения деталей с одного рабочего места на другое и готовых деталей на сборку. В некоторых случаях (для массивных и громоздких деталей сложной формы) могут применяться роботы-манипуляторы, работа которых синхронизирована с работой металлообрабатывающего оборудования. Иногда целесообразно применять и станки с ЧПУ в комплекте с роботами, если объем производства значительный, однако требуется часто менять модификацию выпускаемых изделий.

*Серийное* производство характеризуется неоднократной сменой в течение календарного времени (например, месяца) формы, материала и размеров обрабатываемых заготовок деталей. Заготовки на обработку поступают партиями, так что экономически целесообразно применять универсальное переналаживаемое оборудование с использованием специальных или специализированных приспособлений и инструмента. В серийном производстве широко применяются станки с числовым программным управлением (ЧПУ), что позволяет свести к минимуму время переналадки оборудования при переходе на обработку другой партии деталей. В зависимости от числа партий деталей, обрабатываемых на одном рабочем месте в течение календарного времени, серийное производство подразделяется на крупносерийное (4–6 партий в месяц) – приближается к массовому производству, среднесерийное (7–15 партий в месяц) – или просто серийное, и мелкосерийное (16–40 партий в месяц) – приближается к единичному производству.

*Единичное* производство характеризуется тем, что на рабочих местах нет повторяемости деталей и комплексов переходов, отсутствует также определенная повторяемость запуска деталей в производство, поэтому на рабочих местах нет возможности осуществлять специализированную наладку. Для обеспечения экономически целесообразной величины загрузки оборудования в этих условиях необходимо применять универсальное оборудование, универсальные приспособления и режущий инструмент. Для сложных и крупногабаритных деталей широко используют станки с ЧПУ, в том числе многоцелевые (типа обрабатывающий центр), оснащенные многопозиционным магазином инструмента.

Выбор наиболее целесообразного типа производства осуществляется путем сравнения такта выпуска детали со средним штучным

временем, затрачиваемым на одну операцию механической обработки [1, 2].

Тактом выпуска называется интервал времени между выпуском двух последовательно обрабатываемых деталей в условиях строго ритмичного производства.

Такт выпуска определяется по формуле

$$\tau_{\text{в}} = \frac{60\Phi_{\text{до}} C}{N} \text{ [мин/шт.]}, \quad (5.1)$$

где  $\Phi_{\text{до}}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования при работе в одну смену, ч;

$C$  – число рабочих смен;

$N$  – годовая программа выпуска заданной детали, шт.

Действительный годовой фонд времени подсчитывается по формуле

$$\Phi_{\text{до}} = t_{\text{см}} D_{\text{р}} \eta_{\text{о}}, \quad (5.2)$$

где  $t_{\text{см}}$  – продолжительность одной смены, ч;

$D_{\text{р}}$  – число рабочих дней в году;

$\eta_{\text{о}}$  – коэффициент ( $\eta_{\text{о}} < 1$ ), учитывающий простой оборудования в течение рабочей смены в связи с текущим ремонтом и техническим обслуживанием (табл. 5.1).

В дипломных проектах рекомендуется закладывать двухсменный режим работы оборудования, и металлорежущие станки общего назначения, поэтому  $\eta_{\text{о}} = 0,97$ .

Число рабочих дней в году находится по формуле

$$D_{\text{р}} = 365 - (D_{\text{в}} + D_{\text{п}}), \quad (5.3)$$

где 365 – число дней в году;

$D_{\text{в}}$  – число выходных дней;

$D_{\text{п}}$  – число праздничных дней.

Таблица 5.1

Значение коэффициента  $\eta_{\text{о}}$

Наименование оборудования	Число рабочих смен		
	1	2	3
Металлорежущие станки общего назначения	0,98	0,97	0,96
Уникальные металлорежущие станки (массой свыше 100 т или особо сложной конструкции)	–	0,94	0,9
Автоматические линии	–	0,9	0,88

Следующим шагом является определение среднего штучного времени на операцию. Его подсчитывают по формуле

$$T_{\text{шт.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.}i}}{n}, \quad (5.4)$$

где  $n$  – число операций механической обработки;

$T_{\text{шт.}i}$  – штучное время  $i$ -ой операции, мин.

Поскольку на начальном этапе проектирования точное значение  $T_{\text{шт.}i}$  неизвестно, то ориентировочное его значение определяют по формуле

$$T_{\text{шт.}i} = T_{\text{о}} \Phi_{\text{к}} \text{ [мин]}. \quad (5.5)$$

Приближенные значения основного времени  $T_{\text{о}}$  для отдельных переходов, входящих в операции, а также ориентировочные поправочные коэффициенты  $\Phi_{\text{к}}$ , учитывающие вспомогательное время на выполнение операции, приведены в таблицах 5.2 и 5.3.

После подсчета такта выпуска  $\tau_{\text{в}}$  и среднего штучного времени на операцию  $T_{\text{шт.ср}}$  определяется коэффициент серийности ( $K_{\text{сер}}$ )

$$K_{\text{сер}} = \frac{\tau_{\text{в}}}{T_{\text{шт.ср}}}. \quad (5.6)$$

Величина коэффициента серийности  $K_{\text{сер}}$  позволяет выбрать тип производства по данным таблицы 5.4.

Если по результатам расчета  $K_{\text{сер}}$  определено серийное производство, то дополнительно необходимо определить величину партии деталей  $n_{\text{п}}$ , одновременно запускаемых в производство, по формуле

$$n_{\text{п}} = \frac{N \cdot t_3}{D_{\text{р}}} \text{ [шт.]}, \quad (5.7)$$

где  $N$  и  $D_{\text{р}}$  – величины, которые берут из формул (5.1) и (5.2);

$t_3$  – количество дней запаса деталей, одновременно хранящихся на складе и обеспечивающих бесперебойную работу сборочного участка.

Таблица 5.2

Приближенные формулы для расчета  $T_o$ 

№	Метод обработки	Расчетная формула $T_o$ , мин
1	2	3
1	Черновая обточка за один проход	$1,7 \cdot 10^{-4} dl$
2	Чистовая обточка по IT9	$1 \cdot 10^{-4} dl$
3	Черновая подрезка торца $Rz = 40$	$3,7 \cdot 10^{-5} (D^2 - d^2)$
4	Чистовая подрезка торца $Rz = 2,5$	$5,2 \cdot 10^{-5} (D^2 - d^2)$
5	Отрезание резцом	$1,9 \cdot 10^{-4} D^2$
6	Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$6,3 \cdot 10^{-4} (D^2 - d^2)$
7	Шлифование черновое по IT11	$7 \cdot 10^{-5} dl$
8	Шлифование чистовое предварительное по IT9	$1 \cdot 10^{-4} dl$
9	Шлифование чистовое окончательное по IT6-7	$1,5 \cdot 10^{-4} dl$
10	Растачивание отверстий на токарном станке	$1,8 \cdot 10^{-4} dl$
11	Сверление отверстий	$5,2 \cdot 10^{-4} dl$
12	Рассверливание отверстий $d = 20 - 60$	$3,1 \cdot 10^{-4} dl$
13	Зенкерование	$2,1 \cdot 10^{-4} dl$
14	Развертывание черновое	$4,3 \cdot 10^{-4} dl$
15	Развертывание чистовое	$8,6 \cdot 10^{-4} dl$
16	Внутреннее шлифование отверстий по IT9-10	$15 \cdot 10^{-4} dl$
17	Внутреннее шлифование отверстий по IT7	$18 \cdot 10^{-4} dl$
18	Черновое растачивание отверстий за один проход $Rz = 80$ мкм	$2 \cdot 10^{-4} dl$
19	Черновое растачивание под развертку	$3 \cdot 10^{-4} dl$
20	Развертывание плавающей разверткой по IT9	$2,7 \cdot 10^{-4} dl$
21	Развертывание плавающей разверткой по IT7	$5,2 \cdot 10^{-4} dl$
Здесь: $d$ – диаметр, мм; $l$ – длина обрабатываемой поверхности, мм; $D$ – диаметр обрабатываемого торца, мм; $(D - d)$ – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца, мм.		

Окончание табл. 5.2

1	2	3
22	Протягивание отверстий и шпоночных канавок (где $l$ – длина протяжки, мм)	$4 \cdot 10^{-4} dl$
23	Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$6,5 \cdot 10^{-5} Bl$
24	Фрезерование черновое торцевой фрезой: за проход чистовое	$6 \cdot 10^{-3} l$ $4 \cdot 10^{-3} l$
25	Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$7 \cdot 10^{-3} l$
26	Шлифование плоскостей торцом круга	$2,5 \cdot 10^{-3} l$
Здесь: $B$ – ширина обрабатываемой поверхности, мм; $L$ – длина обрабатываемой поверхности, мм.		
27	Фрезерование зубьев червячной фрезой $D = 80 - 300$ мм)	$2,2 \cdot 10^{-3} D b$
28	Обработка зубьев червячных колес ( $D = 100 - 400$ мм)	$6 \cdot 10^{-2} D$
Здесь: $D$ – диаметр зубчатого колеса, мм; $b$ – длина зуба, мм.		
29	Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$9 \cdot 10^{-3} lz$
30	Шлицешлифование	$4,6 \cdot 10^{-3} lz$
Здесь: $l$ – длина шлицевого валика, мм; $z$ – число шлицев.		
31	Нарезание резьбы по валу ( $d = 32 - 120$ мм)	$1,9 \cdot 10^{-2} dl$
32	Нарезание резьбы метчиком ( $d = 10 - 24$ мм)	$4 \cdot 10^{-4} dl$
Здесь: $D$ – диаметр резьбы, мм; $l$ – длина резьбы, мм.		
Штучное время определяется по формуле $T_{шт} = \Phi_k T_{oi}$ , мин.		

Таблица 5.3

Значения коэффициента  $\varphi_k$ 

Группа станков	Тип производства	
	единичное и мелкосерийное	крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	–	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	–
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	–
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

Таблица 5.4

Выбор типа производства по коэффициенту серийности

Тип производства		$K_{сер}$
Массовое		до 3
Серийное	крупносерийное	св. 3 до 5
	среднесерийное	св. 5 до 20
	мелкосерийное	св. 20 до 40
Единичное		св. 40

Считаются достаточным следующие величины дней запаса: для крупных деталей –  $t = 2-3$  дня, для средних деталей –  $t = 5$  дней, для мелких деталей –  $t = 10-30$  дней (меньшие значения  $t$  рекомендуется выбирать для крупносерийного производства, а большие значения – для мелкосерийного производства).

Определить тип производства можно также и по *коэффициенту закрепления операций*, который равен числу различных операций по обработке одной или нескольких деталей, закрепленных за одним рабочим местом, в течение планового периода.

$$K_{зо} = \frac{N_o}{N_{рм}}, \quad (5.8)$$

где  $N_o$  – число операций;

$N_{рм}$  – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Величины коэффициентов закрепления операций для различных типов производства приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Значения коэффициента закрепления операций  $K_{зо}$  для различных типов производства

Тип производства	Значения $K_{зо}$
Массовое	$K_{зо} = 1$
Крупносерийное	$1 < K_{зо} \leq 10$
Среднесерийное	$10 < K_{зо} \leq 20$
Мелкосерийное	$20 < K_{зо} \leq 40$
Единичное	$K_{зо} > 40$

Принятый на основании расчета тип производства и величину партии запуска деталей рекомендуется сопоставить с данными таблиц 5.6 и 5.7, характеризующими его объемом выпуска и массой деталей.

Затем приводится обоснованный вывод о типе производства

Таблица 5.6

Зависимость типа производства от объема выпуска деталей массой  $M$ , кг

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей (шт.)		
	крупных ( $M > 50$ )	средних ( $1 < M \leq 50$ )	мелких ( $M < 1$ )
Единичное	До 5	До 10	До 100
Серийное	5–1000	10–5000	100–50 000
Массовое	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50 000

Таблица 5.7

Зависимость серийности производства от величины партии деталей массой  $M$ 

Серийность производства	Величина партии деталей (шт.)		
	крупных	средних	мелких
Мелкосерийное	2–5	5–25	10–50
Среднесерийное	6–25	26–200	51–300
Крупносерийное	Свыше 25	Свыше 200	Свыше 300

По выбранному типу производства в дальнейшем определяется концепция построения технологических операций. Например, для условий единичного и мелкосерийного производств необходимо осуществлять *концентрацию обработки* путем объединения не-

скольких простых переходов в одной технологической операции. Поэтому технологический процесс, построенный по принципу концентрации обработки, состоит из небольшого числа сложных операций, содержащих множество переходов. Для массового и крупносерийного производств необходимо осуществлять *дифференциацию обработки* путем разбиения технологических операций на несколько простых переходов. Поэтому технологический процесс, построенный по принципу дифференциации операций, состоит из большого числа простых операций. Дифференциация операций в условиях массового производства позволяет осуществлять пооперационную обработку заготовок в едином такте работы сборочного конвейера или такте автоматической линии. Поэтому для массового производства рассчитывают такт выпуска.

## 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В зависимости от условий производства и назначения существуют различные виды и формы технологических процессов.

По степени унификации различают единичные и унифицированные ТП [3, 4].

*Единичный* ТП – это технологический процесс изготовления (ремонта) оригинальной детали (изделия) одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства. Разработка единичных технологических процессов производится для оригинальных изделий, не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

*Унифицированный* ТП – это технологический процесс, относящийся к группе изделий, характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков. Они нашли применение в мелкосерийном, серийном и частично в крупносерийном производствах.

Унифицированные ТП подразделяются на типовые и групповые.

*Типовой* ТП – это технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

*Групповой* ТП – это технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

В последние годы появилось новое направление проектирования технологических процессов – модульная технология, в основе которой лежит модульный ТП.

*Модульный* ТП – технологический процесс, состоящий из типовых ТП (блоков) изготовления модулей поверхностей, из которых состоит деталь. Модульный ТП объединяет в себе преимущества единичного, типового и группового процессов.

В зависимости от стадии разработки технологические процессы делятся на следующие виды:

- перспективный;
- проектный;
- временный;
- стандартный;
- рабочий.



**Перспективный** ТП соответствует современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого предстоит освоить на предприятии.

**Рабочий** ТП разрабатывается по рабочей документации предприятия только для изготовления конкретного изделия.

**Проектный** ТП разрабатывается на предварительном этапе технологической подготовки производства по проектной конструкторской документации.

**Временный** ТП применяется на предприятии в течение ограниченного периода времени.

**Стандартный** ТП устанавливает государственный (отраслевой) стандарт.

**Комплексный** ТП содержит не только технологические операции, но и другие производственные операции (транспортирование, контроль, очистка заготовок и др). Комплексные ТП проектируют для автоматических линий и гибких производственных систем.

### 6.1. Выбор исходной заготовки и способа ее изготовления

*Цель настоящего этапа* – произвести предварительное структурирование технологического процесса по уровням точности обработки, выделить отдельные поверхности детали с однородными видами обработки, наметить соответствующие им маршруты обработки, разработать план обработки.

*Исходными данными* при выполнении этого этапа проектирования служат информация о форме, размерах и точности обрабатываемых поверхностей детали, программа выпуска, а также имеющаяся в наличии документация на типовые, групповые и единичные технологические процессы для данной группы изделий.

*Постановка задачи* – составить и (или) выбрать один или ограниченное число наиболее рациональных вариантов принципиальной схемы обработки детали, удовлетворяющих требованиям рабочего чертежа и заданным техническим ограничениям в части имеющихся на заводе оборудования и средств технологического оснащения.

На данном этапе производится поиск действующего на предприятии типового, группового или аналогичного единичного ТП, а в

случае принятия решения о необходимости разработки нового (единичного) ТП формулируются основные принципы его построения.

В случае принятия решения о необходимости разработки технологического процесса как единичного определяют:

- возможные способы получения заготовки без детальной разработки технологии;

- принципиальные методы обработки отдельных (наиболее ответственных) поверхностей, обеспечивающие получение заданных параметров точности и шероховатости поверхностей детали;

- дифференцирование технологических переходов по видам обработки (черновая, получистовая, чистовая, термическая, гальваническая и т. д.).

По сути, на данном этапе выполняется подробный анализ базового технологического процесса с точки зрения его прогрессивности, повышения производительности труда и качества изделия, сокращения трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшения вредных воздействий на окружающую среду.

При назначении видов обработки поверхностей в зависимости от заданной чертежом точности и шероховатости поверхностей детали необходимо руководствоваться следующим [5–9]:

- *черновая обработка* используется для заготовок с большими припусками и подвергающимися обдирке, выполняется в большом диапазоне точности 12–16-го качества, шероховатость поверхности – в пределах значений  $Ra$  25–100 мкм;

- *получистовая обработка* назначается для заготовок, у которых при черновой обработке не может быть снят весь припуск. Кроме того, ее назначают для поверхностей, к точности которых предъявляются повышенные требования, что вызывает необходимость уменьшения операционных припусков и увеличения количества операций обработки. Точность этого вида обработки – 11–12-й качество, шероховатость поверхности –  $Ra$  12,5–50 мкм;

- *чистовая обработка* применяется как окончательный вид обработки для тех поверхностей, заданная точность которых укладывается в точность, достигаемую чистовой обработкой. Она применяется в виде разовой (однократной) обработки поверхностей заготовок, полученных точными методами (высокоточным литьем, точной штамповкой, поперечно-клиновой прокаткой, холодной высадкой, порошковой металлургии и др.). Операция чистовой обработки

может быть также включена в технологический процесс как промежуточная под последующую тонкую или отделочную обработку. Точность чистовой обработки – 8–11-й квалитет, а шероховатость поверхности –  $Ra$  2,5–12,5 мкм;

- *тонкая обработка* является одним из видов обработки, окончательно формирующих высокую точность поверхностей заготовки. Выполняется при весьма малых значениях операционного припуска и весьма малых подачах (0,05–0,15 мм/об), высоких скоростях резания и малых глубинах резания (0,05–0,5 мм), что обеспечивает высокую точность. Шероховатость поверхности обработанной заготовки из стали –  $Ra$  0,63–2,5 мкм;

- *отделочная (финишная) обработка* применяется в основном для получения заданной шероховатости поверхности заготовки. На точность заготовки влияния почти не оказывает. Выполняется, как правило, в пределах допуска предшествующей обработки. Отделочная обработка при различных методах и обрабатываемых материалах обеспечивает получение шероховатости поверхности –  $Ra$  0,16–0,63 мкм.

Таблица 6.1

Зависимость точности и шероховатости поверхностей от метода обработки заготовок из стали и серого чугуна

Метод обработки	Квалитет точности	Параметр шероховатости, $R_a$ , мкм
<i>Точение:</i>		
предварительное	14–12	12,5–6,3
получистовое	12–10	6,3–2,5
чистовое	10–7	2,5–1,25
тонкое	7–5	1,25–0,32
<i>Фрезерование:</i>		
предварительное	14–12	12,5–6,3
получистовое	12–10	6,3–2,5
чистовое	10–8	2,5–1,25
тонкое	8–6	1,25–0,63
<i>Сверление</i>	12–11	6,3–3,2
<i>Чистовое зенкерование</i>	11–10	3,2–2,5
<i>Развертывание:</i>		
предварительное	9–8	2,5–1,25

Окончание табл. 6.1

Метод обработки	Квалитет точности	Параметр шероховатости, $R_a$ , мкм
окончательное	8–7	1,25–0,63
тонкое	7–6	0,63–0,32
<i>Протягивание отверстий</i>	8–7	1,25–0,63
<i>Шлифование:</i>		
чистовое	8–7	0,63–0,32
тонкое	7–6	0,32–0,08
<i>Притирка</i>	6	0,16–0,04

К указанным видам обработки относятся: обработка лезвийными и абразивными инструментами, обработка поверхностным пластическим деформированием, электрофизическая и электрохимическая обработка. Лезвийным инструментом в большинстве случаев можно выполнять экономически обоснованную обработку металлов с твердостью до HRC 45, а абразивными инструментами более целесообразно вести обработку материалов с твердостью, превышающей HRC 45. Необходимо иметь в виду, что современные лезвийные инструменты, оснащенные сверхтвердыми материалами, позволяют обрабатывать поверхности заготовок с твердостью выше HRC 45.

Рекомендации по назначению метода обработки поверхностей в зависимости от заданной чертежом точности и шероховатости поверхностей детали приведены в таблице 6.1.

## 6.2. Проектирование принципиальной схемы обработки заготовки

Задачи данного этапа проектирования сводятся к следующему:

- определению вида исходной заготовки или ее уточнению, если вид заготовки определен чертежом детали;
- выбору способа изготовления исходной заготовки (отливка, поковка, штамповка, прокат и др.);
- технико-экономическому обоснованию выбранного варианта.

Основные документы, необходимые для решения задач на этом этапе:

- документация на типовые или групповые технологические процессы изготовления заготовок;

- классификатор заготовок;
- методика расчета и технико-экономической оценки выбора заготовок;

- стандарты и технические условия на заготовки и основной материал.

К заготовкам предъявляются следующие требования:

- приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали, т.е. уменьшение припусков на обработку и повышение точности их размеров;
- технологичность конструкции заготовки;
- возможность применения наиболее прогрессивных методов получения;
- наличие удобных и надежных технологических баз и поверхностей для транспортировки;
- равномерность припуска и твердости в партии заготовок.

На выбор метода получения заготовок влияют следующие факторы:

- технологическая характеристика материала;
- геометрические формы поверхностей и размеры заготовки;
- требования к точности, шероховатости и качеству поверхностей готовой детали;
- тип производства, объем выпуска и сроки подготовки производства;
- технические возможности заготовительных цехов предприятия или возможность получения прогрессивных заготовок от специализированных предприятий;

- социальные условия (безопасность работы, эргономичность рабочего места, экологические факторы);

- суммарная себестоимость изготовления детали, включая стоимость заготовки, ее механической обработки, сборки, транспортировки и эксплуатации изделия.

Основными видами изготовления заготовок являются:

- литье;
- обработка давлением;
- резка сортового и профильного проката;
- комбинированные и специальные методы.

Методически выбор заготовки основывается:

- на эвристических критериях выбора вида заготовки;
- на экономических расчетах себестоимости получения заготовки.

Однако при этом необходимо иметь ввиду, что малая себестоимость получения заготовки может повлечь за собой большую себестоимость механической обработки;

- на использовании методов группового получения заготовок.

Сложность выбора способа изготовления заготовки состоит в том, что решение этого вопроса многовариантное, а выбор одного из вариантов не очевиден и часто основан на практическом опыте.

Придание заготовке требуемой формы осуществляется, в основном, двумя методами – литьем или пластическим деформированием. Иногда в единичном и мелкосерийном производствах используют штамповарные (штамполитые) заготовки, полученные сваркой предварительно отштампованных или отлитых отдельных элементов сложной формы.

Выбор вида получения заготовки часто предопределен геометрической формой детали, физико-механическими свойствами материала детали, характеризующими его пластичность и литейные свойства. Низкая пластичность материалов определяет отсутствие альтернативы в выборе вида заготовки: единственно возможным методом является литье. Это относится к чугунам, отдельным маркам стальных высоколегированных сплавов и некоторым сплавам цветных металлов.

В случае, когда свойства материала допускают использовать как литье, так и методы пластического деформирования, выбор должен опираться, в первую очередь, на особенности формы детали. Если имеются полости сложной формы, а также выступы и впадины на боковых наружных и внутренних поверхностях, часто единственно возможным является метод литья. Причем обязательно с применением формы разового использования, так как для извлечения отливки форма и стержни должны быть разрушены.

Если же форма детали позволяет применять как штамповку, так и литье, то выбор метода должен исходить из технических требований к детали, особенно к макро- и микроструктуре внутренних и поверхностных слоев детали. Кроме того, необходимо учитывать и объем производства (годовую программу выпуска деталей), т.е. тип производства. Если к материалу детали предъявляются требования однородности механических свойств, высокой прочности, твердости, износостойкости, то следует применить метод пластического деформирования, а не литья. Кроме этого, избрать метод пласти-

ческого деформирования тем предпочтительнее по сравнению с литьем, чем больше объем производства и чем меньше такт выпуска. Вместе с тем, чем сложнее форма детали и чем выше стоимость материала, из которого она изготовлена, тем предпочтительнее использовать метод литья как дающий лучшее приближение формы заготовки к форме готовой детали, т. е. повышающий коэффициент использования материала.

В связи с неоднозначностью решения задачи о выборе метода получения заготовки целесообразно наметить несколько альтернативных вариантов и произвести экономический анализ [5, 8].

**Выбор способа получения отливок.** Наиболее часто применяемым способом получения заготовок литьем является литье в песчаные формы, поскольку себестоимость одной тонны таких отливок минимальна, а применяемое оборудование и оснастка обладают универсальностью. Характеристика основных методов изготовления заготовок литьем приведена в таблице 6.2.

Для заготовок массового производства (отливки I класса точности) целесообразно применять машинную формовку по металлическим моделям, механизированный выем моделей из полуформ. В этом случае могут быть получены сложные по форме и тонкостенные заготовки, причем литьем получают отверстия диаметром от 20 мм и более.

Для заготовок серийного производства (отливки II класса точности) рекомендуется выполнять литье по деревянным моделям, применяя машинную формовку с механизированным выемом моделей из полуформ, причем модели закрепляются на металлических плитах. Такой способ литья в заготовках позволяет получить литые отверстия диаметром свыше 30 мм.

Заготовки мелкосерийного и единичного производства (отливки III класса точности) изготавливают, в основном, в песчаных формах с ручной формовкой по деревянным моделям. В отдельных случаях применяется машинная формовка по координатным плитам с незакрепленными моделями. Такой способ литья позволяет выполнять литые отверстия диаметром свыше 50 мм.

Если деталь имеет ряд поверхностей, которые по техническим условиям не требуют обязательной обработки резанием и должны быть точно расположены относительно друг друга, иметь высокое качество поверхности, то целесообразно применять литье в

оболочковые формы (песчано-смоляные, жидко-стекольные, по выплавляемым или растворяемым моделям). Масса отливок в оболочковые формы не должна превышать 150 кг. Поскольку организация такого участка специального литья требует значительных капиталовложений, а технология включает ряд сложных и длительных операций, то себестоимость одной тонны отливок с использованием указанных способов литья возрастает в 8–12 раз. Поэтому получение отливок в оболочковых формах целесообразно для условий крупносерийного и массового производств или при наличии на предприятии участка такого литья.

Заготовки из цветных металлов и сплавов целесообразно отливать в формы многократного применения: керамические, песчано-цементные для небольших партий деталей и в металлические (кокильное литье и литье под давлением) – для крупносерийного и массового производства.

Если деталь имеет форму полового цилиндра, то часто используют центробежное литье. Заготовки, у которых наружный диаметр превышает высоту, отливают на машинах центробежного литья с вертикальной осью вращения. При этом возможно получение двухслойных заготовок (чугун – бронза, сталь – чугун и т. д.). Максимально допустимая масса заготовок такого способа литья – 50 кг.

Значения *припусков и допусков* на заготовки, полученные методом литья, регламентированы государственными стандартами.

Фрагменты из ГОСТ 26645–85, в котором зафиксированы максимально допустимые припуски и допуски при литье заготовок из серого чугуна в песчаные формы, представлены в таблице 6.3, а для фасонных литых стальных заготовок – в таблице 6.4.

Данные таблиц 6.3 и 6.4 можно использовать, назначая припуски при разработке чертежей отливок, получаемых литьем в оболочковые формы, так как специального стандарта для этого вида литья нет. В этом случае независимо от типа производства назначают припуски и допуски по I классу точности.

Отливки, получаемые литьем по выплавляемым моделям, должны иметь припуски в пределах 1–2 мм на сторону и допуски в пределах 0,24–1,15 мм соответственно для размеров от 10 до 260 мм (при этом допуски устанавливаются для наружных поверхностей в «минус», а для внутренних – в «плюс»).

Характеристика основных методов изготовления заготовок литьем

Метод изготовления заготовки	Масса заготовки, кг	Наименьшая толщина стенок, мм	Квалитет точности	Параметр шероховатости $R_a$ , мкм	Материал	Тип производства
Разовые формы						
Литье в песчано-глинистые формы. Ручная формовка по деревянным моделям	До 100	чугун – 3–5, сталь – 5–8, цветные сплавы – 3–8	IT 17 и выше	80–20	чугун, сталь, специальные сплавы	единичное и мелкосерийное
Машинная формовка	До 10		IT 16–17	20–5		серийное
Машинная формовка по металлическим моделям	3–5		IT 14–16	20–5		крупносерийное и массовое
Литье по выплавляемым (выжимаемым, растворимым, замораживаемым) моделям	До 0,15	0,5	IT 11–12	10–2,5	сталь, труднообрабатываемые сплавы	серийное

Окончание табл. 6.2

Метод изготовления заготовки	Масса заготовки, кг	Наименьшая толщина стенок, мм	Квалитет точности	Параметр шероховатости $R_a$ , мкм	Материал	Тип производства
Литье в оболочковые формы. Песчано-смоляные, химически твердеющие	До 0,15	сталь 3–5, алюминий 1–1,5	IT 13–14	10–2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
Многokrатные формы						
Центробежное литье	001–1	5–6	IT 12–14	40–10	чугун, сталь, цветные сплавы	крупносерийное и массовое
Литье под давлением	До 0,1	0,5	IT 8–12	5,0–0,63	цветные сплавы	
Литье в кокиль	чугун – 7, сталь – 4, цветные сплавы – 0,5	чугун – 15, сталь – 10	IT 12–15	2,0–2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое

Таблица 6.3

Припуски и допуски (±) на отливки из серого чугуна, мм

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Класс точности	Номинальный размер, мм				
			до 50	50–120	120–260	260–500	500–800
до 120	верх	I	2,5±0,2	2,5±0,3	–	–	–
		II	3,5±0,5	4,0±0,8	–	–	–
		III	4,5±1,0	4,5±1,5	–	–	–
	низ, бок	I	2,0±0,2	2,0±0,3	–	–	–
		II	2,5±0,5	3,0±0,8	–	–	–
		III	3,5±1,0	3,5±1,5	–	–	–
св. 120 до 260	верх	I	2,5±0,3	3,0±0,4	3,0±0,6	–	–
		II	4,0±0,5	4,5±0,8	5,0±1,0	–	–
		III	5,0±1,0	5,0±1,5	5,5±2,0	–	–
	низ, бок	I	2,0±0,3	2,5±0,4	2,5±0,6	–	–
		II	3,0±0,5	3,5±0,8	4,0±1,0	–	–
		III	4,0±1,0	4,0±1,5	4,5±2,0	–	–
св. 260 до 500	верх	I	3,5±0,4	3,5±0,6	4,0±0,8	4,5±1,0	–
		II	4,5±0,8	5,0±1,0	6,0±1,2	6,5±1,5	–
		III	6,0±1,0	6,0±1,5	7,0±2,0	7,0±2,5	–
	низ, бок	I	2,5±0,4	3,0±0,6	3,5±0,8	3,5±1,0	–
		II	3,5±0,8	4,0±1,0	4,5±1,2	5,0±1,5	–
		III	4,5±1,0	4,5±1,5	5,0±2,0	6,0±2,5	–
св. 500 до 800	верх	I	4,5±0,6	4,5±0,8	5,0±1,0	5,5±1,2	5,5±1,4
		II	5,0±1,0	6,0±1,2	6,5±1,5	7,0±2,0	7,5±2,5
		III	7,0±1,2	7,0±1,8	7,0±2,2	8,0±3,0	9,0±4,0
	низ, бок	I	3,5±0,6	3,5±0,8	4,0±1,0	4,5±1,2	4,5±1,4
		II	4,0±1,0	4,5±1,2	4,5±1,5	5,0±2,0	5,5±2,5
		III	5,0±1,2	5,0±1,8	5,0±2,2	6,0±3,0	7,0±4,0

Таблица 6.4

Припуски и допуски (±) на фасонные стальные литые заготовки, мм

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Класс точности	Номинальный размер, мм				
			до 50	50–120	120–260	260–500	500–800
до 120	верх	I	3,5±0,2	3,5±0,3	–	–	–
		II	4,0±0,5	4,0±0,8	–	–	–
		III	5,0±1,0	5,0±1,5	–	–	–
	низ, бок	I	3,0±0,2	3,0±0,3	–	–	–
		II	4,0±0,5	4,0±0,8	–	–	–
		III	4,0±1,0	4,0±1,5	–	–	–
св. 120 до 260	верх	I	4,0±0,3	4,0±0,4	5,0±0,6	–	–
		II	5,0±0,5	5,0±0,8	6,0±1,0	–	–
		III	5,0±1,0	5,0±1,5	6,0±2,0	–	–
св. 120 до 260	низ, бок	I	3,0±0,3	3,0±0,4	3,5±0,6	–	–
		II	4,0±0,5	4,0±0,8	4,0±1,0	–	–
		III	4,0±1,0	4,0±1,5	5,0±2,0	–	–
св. 260 до 500	верх	I	5,0±0,4	5,0±0,6	5,0±0,8	6,0±1,0	–
		II	6,0±0,8	6,0±1,0	7,0±1,2	7,0±1,5	–
		III	6,0±1,0	6,0±1,5	8,0±2,0	9,0±2,5	–
	низ, бок	I	3,0±0,4	3,0±0,6	4,0±0,8	4,0±1,0	–
		II	5,0±0,8	5,0±1,0	5,0±1,2	6,0±1,5	–
		III	5,0±1,0	5,0±1,5	6,0±2,0	6,0±2,5	–
св. 500 до 800	верх	I	5,0±0,6	5,0±0,8	6,0±1,0	7,0±1,2	7,0±1,4
		II	7,0±1,0	7,0±1,2	8,0±1,5	9,0±2,0	10,0±2,5
		III	7,0±1,2	7,0±1,8	8,0±2,2	10,0±3,0	11,0±4,0
	низ, бок	I	4,0±0,6	4,0±0,8	4,5±1,0	5,0±1,2	5,0±1,4
		II	5,0±1,0	5,0±1,2	6,0±1,5	6,0±2,0	7,0±2,5
		III	5,0±1,2	5,0±1,8	6,0±2,2	7,0±3,0	7,0±4,0

Чугунные и стальные отливки, получаемые путем литья в кокиль, имеют припуски и допуски, соответствующие I классу точности отливок (см. табл. 6.3, 6.4), а сравнительно небольшие

отливки (до 260 мм) из цветных металлов и сплавов при кокильном литье имеют припуски 1–1,5 мм с допусками 0,3–0,5 мм.

При центробежном литье большая точность и соответственно меньшие припуски могут быть получены по наружному диаметру и по длине заготовки, а меньшая точность и большие припуски по внутреннему диаметру. Назначая припуски и допуски на заготовки, полученные центробежным литьем, следует пользоваться таблицами 6.3 и 6.4, причем для наружных поверхностей отливок используются данные для II класса точности, а для внутренних поверхностей – данные для III класса точности, независимо от типа производства.

**Выбор способа получения поковок.** При выборе способа получения заготовки методами пластического деформирования, определяющими факторами являются тип производства, размеры детали, форма поковки и свойства материала поковки.

Так как технологический процесс получения заготовки методами пластического деформирования основан на использовании высокопроизводительного оборудования и дорогостоящей оснастки (штампов), то на первом этапе выбора способа получения поковки решающее значение имеет программа выпуска рассматриваемой детали и тип производства.

В *единичном* и *мелкосерийном* производствах оборудование должно быть универсальным и сравнительно недорогим, а его производительность не столь существенна, как, например, в массовом производстве. Деформирующий инструмент также должен иметь, по возможности, универсальное применение, простую форму и невысокую стоимость. Этим условиям отвечает свободная ковка на ковочных молотках, а также ковка с применением подкладных колец и подкладных штампов.

В *серийном* производстве целесообразно применять штамповочные молоты различных видов, а процесс формообразования производить в штампах, половины которых закрепляются на столе и на бабе молота и могут иметь до пяти ручьев сложной формы.

В *крупносерийном* и *массовом* производствах производительность штамповки и точность поковок при использовании штамповочного молота уже недостаточна. Поэтому наиболее рациональным является применение кривошипных кузнечно-прессовых машин: кривошипного горячештамповочного прессы (КГШП), горизонтально-ковочной машины (ГКМ), чеканочного (кривошипно-коленного)

пресса, а также специализированных высокопроизводительных машин (раскатной машины, ковочных вальцов и т. п.).

Если детали по размеру невелики, но имеют сложную форму и по условиям эксплуатации должны иметь очень плотную структуру металла, то заготовки для них нужно изготавливать с помощью закрытой штамповки в разъемных матрицах. Наиболее удобно для такого способа штамповки использовать винтовой фрикционный пресс (в мелкосерийном и серийном производстве) или специализированный полуавтомат кривошипного типа (в массовом производстве).

Для длинных поковок с фланцем, а также поковок со сквозными и глухими отверстиями (втулки, полумуфты, кольца подшипников и т. п.) рекомендуется выбирать способ штамповки на горизонтально-ковочной машине, так как наличие в ней разъемной матрицы и горизонтальное расположение главного ползуна позволяет получать поковки сложной формы с минимальными отходами металла.

Способ штамповки определяет также наименьшие диаметры отверстий, которые могут быть получены пластическим деформированием заготовок. При свободной ковке на молотах и гидравлических прессах минимальный диаметр отверстия равен 80 мм, при штамповке на молотах – 50 мм, а при штамповке на кривошипных машинах – 35 мм.

**Назначение припусков и допусков на поковки.** Припуски и допуски на поковки, получаемые свободной ковкой, регламентированы ГОСТ 7829–70. В таблицах 6.5–6.8 приводятся фрагменты из указанного стандарта для размеров заготовок, чаще всего используемых в дипломных проектах.

Таблица 6.5

Припуски и допуски на поковки круглого, квадратного и прямоугольного сечений, мм

Длина детали, мм	Диаметр детали или размеры сечения, мм							
	до 50	50–70	70–90	90–120	120–160	160–200	200–500	250–300
до 120	5±2	6±2	7±2	8±3	9±3	–	–	–
250–500	6±2	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4
500–800	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4

*Примечание.* В таблице 6.5 указаны припуски на размеры сечения. При назначении припуска и допуска на длину поковки табличные значения увеличивают в 2,5 раза.

Припуски и допуски для стальных поковок массой до 400 кг, получаемых горячей штамповкой в открытых и закрытых штампах независимо от вида кузнечно-прессовой машины, устанавливаются ГОСТ 7505–89. Для определения припусков и допусков необходимо предварительно провести классификацию поковок по точности изготовления, по группе стали и по степени сложности.

Различают два класса точности изготовления поковок: I класс – повышенная точность, II класс – нормальная точность. Обычно, если нет каких-либо специальных требований к точности размеров штампованных элементов формы поковки или относительного положения этих элементов, поковки для серийного производства изготавливают по II классу точности, а поковки крупносерийного и массового производства – по I классу точности. Допускается в некоторых случаях изготовление отдельных элементов формы одной и той же поковки по различным классам точности.

Таблица 6.6

Припуски и допуски на поковки типа дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин с отверстиями и без отверстий, мм

Диаметр детали или размер сечения, мм	Элемент поверхности, на который назначают припуск и допуск	Высота детали, мм							
		до 50	50–65	65–80	80–100	100–125	125–150	150–180	180–215
до 50	высота	6±2	6±2	7±2	–	–	–	–	–
	поперечное сечение	6±2	6±2	7±2	–	–	–	–	–
	отверстие	–	–	–	–	–	–	–	–
50–80	высота	6±2	7±2	8±2	9±2	9±2	–	–	–
	поперечное сечение	7±2	7±2	8±2	9±2	9±2	–	–	–
	отверстие	–	–	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 6.6

Диаметр детали или размер сечения, мм	Элемент поверхности, на который назначают припуск и допуск	Высота детали, мм							
		до 50	50–65	65–80	80–100	100–125	125–150	150–180	180–215
80–110	высота	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	–
	поперечное сечение	8±2	8±2	9±2	10±2	10±2	11±3	12±4	–
	отверстие	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3	18±4	–
110–150	высота	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4
	поперечное сечение	9±2	9±2	10±2	11±3	11±3	12±4	13±4	14±5
	отверстие	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5
150–200	высота	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4
	поперечное сечение	10±3	10±3	11±3	12±4	12±4	13±4	13±4	14±5
	отверстие	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	21±5

По составу сталей, из которых изготавливаются поковки, также установлены две группы: M1 и M2. К группе M1 относят все углеродистые стали, а также легированные стали с содержанием углерода до 0,45 % и легирующих элементов до 2 %, к группе M2 – легированные стали с содержанием углерода или легирующих элементов больше, чем в группе M1. Поковки из стали группы M1 штампуются легче, так как стали группы M1 обладают лучшей пластичностью, чем стали группы M2.

По степени сложности устанавливают четыре группы сложности, которым присваивается обозначение C1, C2, C3 и C4. Отнесение поковки к той или иной группе сложности производится путем сравнения объема поковки с объемом простой фигуры, в



которую вписывается поковка (например, цилиндр, сфера, конус, прямоугольный параллелепипед и т. п.). Для этого определяют

отношение  $C = \frac{V_{\Pi}}{V_{\Phi}}$  (где  $V_{\Pi}$  – объем поковки,  $m^3$ ;  $V_{\Phi}$  – объем

простой фигуры,  $m^3$ ). При  $0,63 \leq C \leq 1$  принимают группу сложности С1, при  $0,32 \leq C \leq 0,63$  – группу сложности С2, при  $0,16 \leq C \leq 0,32$  – группу сложности С3 и при  $C \leq 0,16$  – группу сложности С4. Кроме этого, дополнительным критерием сложности считаются различные выступы на поверхности поковки. Группа сложности зависит от величины соотношения между высотой выступа  $h$  и его основанием  $b$ . При  $h \leq 0,3b$  принимают группу сложности С1, при  $0,3b < h \leq b$  – группу сложности С2, при  $b < h \leq 1,5b$  – группу сложности С3 и при  $h > 1,5b$  – группу сложности С4. Из двух указанных критериев сложности для поковки выбирают тот, по которому группа сложности получается более высокой. Так, например, если отношение  $C$ , определенное по форме поковки, равно  $C = 0,41$ , а высота выступа  $h$  составляет  $1,2b$ , то нужно выбрать группу сложности поковки С3.

Таблица 6.7

Припуски и допуски на поковки типа втулок с уступами сплошными и с отверстиями, изготовленные в подкладных кольцах, мм

Диаметр детали или уступа, мм	Элемент поверхности, на который назначают припуск и допуск	Высота детали, мм							
		до 50	50-65	65-80	80-100	100-125	125-150	150-180	180-215
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
до 50	высота	7±2	7±2	–	–	–	–	–	–
	диаметр детали	7±2	7±2	–	–	–	–	–	–
	диаметр уступа	5 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	6 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	6 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	–	–	–
	отверстие	–	–	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 6.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50–80	высота	7±2	7±2	8±2	9±2	–	–	–	–
	диаметр детали	7±2	8±2	8±2	9±2	–	–	–	–
	диаметр уступа	5 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	6 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	–
	отверстие	13±2	14±2	14±2	15±2	–	–	–	–
80–110	высота	7±2	8±2	9±2	10±2	10±3	11±3	–	–
	диаметр детали	8±2	9±2	9±2	10±3	10±3	11±3	–	–
	диаметр уступа	6±2	7±3	7±3	8±4	8±4	9±4	9±4	10±4
	отверстие	14±2	15±2	16±2	16±2	17±3	–	–	–
110–150	высота	7±2	8±2	9±2	10±3	10±3	11±3	12±3	13±4
	диаметр детали	9±2	10±2	10±3	11±3	11±3	12±3	13±4	13±4
	диаметр уступа	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	10 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	10 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	11 <sup>+5</sup> <sub>-2</sub>
	отверстие	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5
150–200	высота	8±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4
	диаметр детали	10±3	11±3	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4
	диаметр уступа	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	10 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	11 <sup>+5</sup> <sub>-2</sub>	11 <sup>+5</sup> <sub>-2</sub>	12 <sup>+5</sup> <sub>-2</sub>	12 <sup>+5</sup> <sub>-2</sub>
	отверстие	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5

Таблица 6.8

Припуски и допуски на поковки типа втулок с уступами и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных штампах, мм

Диаметр детали или размер сечения, мм	Элемент поверхности, на который назначают припуск и допуск	Высота детали, мм						
		до 50	50-65	65-80	80-100	100-125	125-150	150-180
до 50	высота	7±2	7±2	—	—	—	—	—
	наружные диаметры	5 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	6 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	6 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	—	—
	отверстие	—	—	—	—	—	—	—
св. 50 до 80	высота	7±2	8±2	9±2	9±2	—	—	—
	наружные диаметры	5 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	6 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
	отверстие	13±2	14±2	14±2	15±2	—	—	—
св. 80 до 110	высота	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	—	—
	наружные диаметры	6 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
	отверстие	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	—	—
св. 110 до 150	высота	8±2	9±2	10±3	10±3	11±3	12±3	—
	наружные диаметры	7 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	10 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	10 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
	отверстие	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±3	—
св. 150 до 200	высота	9±2	9±2	10±3	11±3	12±3	12±3	13±4
	наружные диаметры	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	9 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	10 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>	11 <sup>+5</sup> <sub>-2</sub>	11 <sup>+5</sup> <sub>-2</sub>
	отверстие	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4

Припуски, назначаемые по ГОСТ 7505–89, установлены для заготовок, нагреваемых перед штамповкой электрическими способами или специальным безокислительным способом, т. е. без образования окалины. Если же применяется пламенный нагрев, данные ГОСТ 7505–89 должны быть увеличены: при массе поковки до 2,5 кг – на 0,5 мм; при массе от 2,5 до 6 кг – на 0,8 мм; при массе свыше 6 кг – на 1 мм.

Фрагмент из ГОСТ 7505–89 назначения припусков для наиболее употребительных размеров поволоков приведен в таблице 6.9.

Таблица 6.9

Припуски на штампованные поковки: I класс точности, группа стали М1, сложность поковки С1 или С2, шероховатость поверхности детали Ra 20 мкм и более

Масса поковки, кг	Толщина (высота), длина или ширина поволоков, мм							
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	500-630	
до 0,25	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	—	
0,25–0,40	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	
0,40–0,63	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	
0,63–1,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
1,0–1,6	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	
1,6–2,5	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	
2,5–4,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	
4,0–6,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	
6,3–10	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	
10–16	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	
16–25	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	
25–40	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	
40–63	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1	
63–100	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4	
100–160	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
160–250	3,3	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	
250–400	3,6	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	
Дополнительные графы	1	4,0	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1
	2	4,5	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6
	3	5,0	5,5	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1
	4	5,5	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6
	5	6,0	6,5	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1
	6	6,5	7,0	7,2	7,4	7,5	7,6	7,7
	7	7,0	7,5	7,8	8,0	8,2	8,2	8,3

Данные таблицы 6.9 относятся к поковкам I класса точности из стали группы M1, сложность формы C1 или C2 (такие припуски названы базовыми – П<sub>б</sub>). Базовый припуск по таблице назначается на поверхности, шероховатость которых окончательно после механической обработки не выше  $Ra = 20$  мкм. Для определения припуска на поверхности, шероховатость которых после механической обработки выше  $Ra = 20$  мкм, необходимо внести следующие поправки на данные таблицы 6.7 в сторону увеличения припуска. При точности изготовления поковок по II классу необходимое значение припуска нужно искать в графе «Масса поковки», расположенной на три графы ниже, чем действительная масса поковки; для группы стали M2 нужная графа располагается на две графы ниже исходной; для сложности поковки C3 и C4 также следует отыскивать припуск в графе «Масса поковки», расположенной на две графы ниже исходной.

Необходимо обратить внимание, что число граф в таблице 6.7, на которые необходимо сместиться вниз относительно исходной графы, суммируется в зависимости от характеристики поковки. Например: для поковки II класса точности и группы стали M2 (при сложности C1 или C2) или II класса точности и сложности C3 или C4 (при группе стали M1) нужно сместиться вниз на пять граф (3 + 2); для поковки I класса точности, при группе стали M2 и сложности C3 или C4 – на четыре графы (2 + 2); для II класса точности, группы материала M2 и сложности C3 или C4 – на семь граф (3 + 2 + 2). Учет шероховатости обработанной поверхности, на которую назначается припуск, учитывается следующим образом: если шероховатость поверхности находится в пределах  $1,25 < Ra < 20$  мкм, то к выбранному по таблице 6.9 значению припуска прибавляют 0,5 мм, а если шероховатость  $Ra \leq 1,25$  мкм, то к табличному значению прибавляют 0,8 мм.

Пример. Исходные данные: наружный диаметр детали массой 6,5 кг равен 190 мм; поверхность с диаметром 190 мм имеет шероховатость  $Ra = 0,63$  мкм; материал детали – сталь 35 ХГТ; форма детали – диск со ступицей сравнительно большой высоты, так что по расчету получается

$$C = \frac{V_{II}}{V_{\Phi}} = 0,57; \text{ поковка выполняется по II классу точности.}$$

По исходным данным устанавливаем, что группа материала – M2 (так как содержание легирующих элементов более 2 %), группа сложности – C2. Поэтому, когда определяется припуск по таблице 6.9, необходимо спуститься с графы «Масса поковки» 6,3–10 на пять граф ниже (три графы из-за II класса точности и две графы из-за группы стали M2). Поэтому припуск по таблице будет равен 3,1 мм. Затем к этому припуску прибавляем 0,8 мм (так как шероховатость поверхности имеет  $Ra < 1,25$  мкм) и получаем окончательный припуск 3,9 мм. Таким образом, диаметр поковки будет равен:  $190 + 2 \cdot 3,9 = 197,8$  мм.

Допуски на штампованные поковки также выбирают по ГОСТ 7505-89. По данным таблиц 6.10 и 6.11 можно определить допуск с учетом массы поковки, ее размера, степени точности, пластичности металла и сложности формы поковки. Значения допусков в указанных таблицах относятся к группе стали M1 и степени сложности поковки C1. Для группы стали M2 необходимо сместиться на две строки ниже, для степени сложности C2 – на одну строку, для степени сложности C3 – на две строки, для степени сложности C4 – на три строки вниз. Таким образом, для примера, приведенного выше, после нахождения припуска и диаметра поковки устанавливаем допуск на размер 197,8 мм. Для этого в таблице 6.11 в столбце «Масса поковки» ищем допуск не по строке «6,3–10», а спускаемся ниже на три строки (две строки из-за группы стали M2 плюс одна строка из-за степени сложности C2) и получаем значение допуска  ${}^{+3}_{-1,5}$ . Таким образом, на чертеже поковки наносится размер:  $\varnothing 197,8 \begin{smallmatrix} +3 \\ -1,5 \end{smallmatrix}$ .

Таблица 6.10

Допуски на штампование поковки повышенной точности  
(I класс точности, группа стали M1, сложность поковки C1), мм

Масса поковки, кг	Размер поковки, мм						500-630
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	
до 0,25	+ 0,5- 0,2	+ 0,5- 0,3	+ 0,6- 0,3	+ 0,7- 0,3	+ 0,7- 0,4	+ 0,7- 0,5	–

Продолжение табл. 6.10

Масса поковки, кг	Размер поковки, мм						
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	500-630
0,25–0,40	+ 0,5-0,3	+ 0,6-0,3	+ 0,7-0,3	+ 0,7-0,4	+ 0,7-0,5	+ 0,7-0,6	–
0,40–0,63	+ 0,6-0,3	+ 0,7-0,3	+ 0,7-0,4	+ 0,8-0,4	+ 0,8-0,5	+ 0,9-0,5	+ 0,9-0,6
0,63–1,00	+ 0,7-0,3	+ 0,7-0,4	+ 0,8-0,4	+ 0,9-0,4	+ 0,9-0,5	+ 0,9-0,6	+ 0,9-0,7
1,0–1,6	+ 0,7-0,4	+ 0,8-0,4	+ 0,9-0,4	+ 0,9-0,5	+ 1,0-0,5	+ 1,0-0,6	+ 1,1-0,7
1,6–2,5	+ 0,8-0,4	+ 0,9-0,4	+ 1,0-0,4	+ 1,0-0,5	+ 1,0-0,6	+ 1,1-0,7	+ 1,2-0,8
2,5–4,0	+ 0,9-0,4	+ 1,0-0,4	+ 1,0-0,5	+ 1,0-0,6	+ 1,1-0,7	+ 1,2-0,8	+ 1,3-0,9
4,0–6,3	+ 1,0-0,4	+ 1,0-0,5	+ 1,0-0,6	+ 1,1-0,7	+ 1,2-0,8	+ 1,3-0,9	+ 1,6-0,9
6,3–10,0	+ 1,0-0,5	+ 1,0-0,6	+ 1,2-0,6	+ 1,3-0,7	+ 1,4-0,8	+ 1,5-1,0	+ 1,7-1,1
10–16	+ 1,0-0,6	+ 1,2-0,6	+ 1,3-0,7	+ 1,4-0,8	+ 1,5-1,0	+ 1,8-1,0	+ 1,8-1,2
16–25	+ 1,2-0,6	+ 1,3-0,7	+ 1,4-0,8	+ 1,4-1,0	+ 1,8-1,0	+ 1,8-1,2	+ 2,0-1,2
25–40	+ 1,3-0,7	+ 1,5-0,7	+ 1,7-0,8	+ 1,8-1,0	+ 1,8-1,2	+ 2,0-1,2	+ 2,0-1,5
40–63	+ 1,5-0,7	+ 1,7-0,8	+ 1,8-1,0	+ 1,8-1,2	+ 2,0-1,2	+ 2,0-1,5	+ 2,5-1,5
63–100	+ 1,7-0,8	+ 1,8-1,0	+ 1,8-1,2	+ 2,0-1,2	+ 2,0-1,5	+ 2,5-1,5	+ 2,5-2,0
100–160	+ 1,8-1,0	+ 1,8-1,2	+ 2,0-1,2	+ 2,0-1,5	+ 2,5-2,0	+ 2,5-2,0	+ 3,0-2,0
160–250	+ 2,5-1,4	+ 2,8-1,4	+ 3,2-1,6	+ 3,6-1,8	+ 3,6-2,0	+ 3,6-2,5	+ 4,0-2,5
250–400	+ 2,8-1,4	+ 3,2-1,6	+ 3,6-1,8	+ 3,8-2,0	+ 4,0-2,2	+ 4,2-2,5	+ 4,2-2,8

Окончание табл. 6.10

Масса поковки, кг	Размер поковки, мм							
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	500-630	
Дополнительные графы	1	+ 3,2-1,6	+ 3,6-1,8	+ 3,8-2,0	+ 4,0-2,2	+ 4,2-2,5	+ 4,2-2,8	+ 4,5-3,0
	2	+ 3,6-1,8	+ 3,8-2,0	+ 4,0-2,2	+ 4,2-2,5	+ 4,2-2,8	+ 4,5-3,0	+ 4,8-3,0
	3	+ 4,0-2,0	+ 4,2-2,2	+ 4,4-2,2	+ 4,6-2,5	+ 5,0-3,0	+ 5,4-3,0	+ 5,8-3,2
	4	+ 4,2-2,2	+ 4,8-2,2	+ 5,0-2,5	+ 5,2-3,0	+ 5,4-3,0	+ 5,8-3,2	+ 6,0-3,5
	5	+ 4,8-2,2	+ 5,0-2,5	+ 5,2-3,0	+ 5,4-3,0	+ 5,8-3,2	+ 6,0-3,5	+ 6,5-4,0

Для цветных металлов и их сплавов припуски для штампованных поволоков существенно ниже, чем для стальных поволоков. Это объясняется более низкой температурой штамповки (а значит, и меньшими температурными деформациями), меньшими усилиями штамповки, а также высокой стоимостью материала. Величины этих припусков определены ГОСТ 26645–85, некоторые из них приведены в таблице 6.12.

Таблица 6.11

Допуски на штампованные поволоки нормальной точности (II класс точности, группа стали М1, сложность поковки С1), мм

Масса поковки, кг	Размер поковки, мм						
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	500-630
до 0,25	+ 0,6-0,4	+ 0,7-0,4	+ 0,8-0,4	+ 0,9-0,5	+ 1,0-0,6	+ 1,2-0,6	–
0,25–0,40	+ 0,7-0,4	+ 0,8-0,4	+ 0,9-0,5	+ 1,0-0,6	+ 1,2-0,6	+ 1,3-0,7	–
0,40–0,63	+ 0,8-0,4	+ 0,9-0,5	+ 1,1-0,5	+ 1,2-0,6	+ 1,3-0,7	+ 1,4-0,8	+ 1,4-1,0
0,63–1,00	+ 0,9-0,5	+ 1,1-0,5	+ 1,2-0,6	+ 1,3-0,7	+ 1,4-0,8	+ 1,5-0,9	+ 1,6-1,0
1,0–1,6	+ 1,1-0,5	+ 1,2-0,6	+ 1,3-0,7	+ 1,4-0,8	+ 1,6-0,8	+ 1,6-1,0	+ 1,8-1,1

Окончание табл. 6.11

Масса поковки, кг	Размер поковки, мм							
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	500-630	
1,60–2,50	+ 1,2- 0,6	+ 1,3- 0,7	+ 1,5- 0,7	+ 1,6- 0,8	+ 1,7- 0,9	+ 1,8- 1,1	+ 2,0- 1,2	
2,50–4,00	+ 1,3- 0,7	+ 1,5- 0,7	+ 1,6- 0,8	+ 1,7- 0,9	+ 1,9- 1,0	+ 2,0- 1,2	+ 2,2- 1,4	
4,00–6,30	+ 1,5- 0,7	+ 1,6- 0,8	+ 1,7- 0,9	+ 1,9- 1,0	+ 2,0- 1,2	+ 2,2- 1,4	+ 2,5- 1,5	
6,30–10,0	+ 1,6- 0,8	+ 1,7- 0,9	+ 1,9- 1,0	+ 2,1- 1,1	+ 2,2- 1,4	+ 2,5- 1,5	+ 3,0- 1,5	
10–16	+ 1,7- 0,9	+ 1,9- 1,0	+ 2,1- 1,1	+ 2,4- 1,2	+ 2,5- 1,5	+ 3,0- 1,5	+ 3,0- 2,0	
16–25	+ 1,9- 1,0	+ 2,1- 1,1	+ 2,4- 1,2	+ 2,5- 1,5	+ 3,0- 1,5	+ 3,0- 2,0	+ 3,0- 2,0	
25–40	+ 2,1- 1,1	+ 2,4- 1,2	+ 2,5- 1,5	+ 3,0- 1,5	+ 3,0- 2,0	+ 3,5- 2,0	+ 4,0- 2,0	
40–63	+ 2,4- 1,2	+ 2,5- 1,5	+ 3,0- 1,5	+ 3,5- 1,5	+ 3,5- 2,0	+ 4,0- 2,0	+ 4,0- 2,5	
63–100	+ 2,5- 1,5	+ 3,0- 1,5	+ 3,5- 1,5	+ 3,5- 2,0	+ 4,0- 2,0	+ 4,0- 2,5	+ 4,5- 2,5	
100–160	+ 3,0- 1,5	+ 3,5- 1,5	+ 3,5- 2,0	+ 4,0- 2,0	+ 4,5- 2,5	+ 4,5- 3,0	+ 5,0- 3,0	
160–250	+ 3,5- 1,5	+ 3,5- 2,0	+ 4,0- 2,0	+ 5,0- 2,5	+ 5,0- 3,0	+ 5,0- 3,5	+ 5,5- 3,5	
250–400	+ 3, - 2,0	+ 4,0- 2,0	+ 5,0- 2,5	+ 5,5- 2,5	+ 5,5- 3,0	+ 5,5- 3,5	+ 6,0- 3,5	
Дополнительные графы	1	+ 4,0- 2,0	+ 5,0- 2,5	+ 5,5- 3,0	+ 6,0- 3,0	+ 6,0- 3,5	+ 6,5- 4,0	
	2	+ 5,0- 2,5	+ 5,5- 3,0	+ 6,0- 3,0	+ 6,5- 3,0	+ 6,5- 3,5	+ 6,6- 4,0	
	3	+ 5,5- 3,0	+ 6,0- 3,0	+ 6,5- 3,5	+ 7,0- 3,5	+ 7,0- 4,0	+ 7,0- 4,5	+ 7,5- 4,5
	4	+ 6,0- 3,0	+ 6,5- 3,5	+ 7,0- 3,5	+ 7,5- 4,0	+ 8,0- 4,0	+ 8,0- 4,5	+ 8,0- 5,0
	5	+ 6,5- 3,5	+ 7,0- 3,5	+ 7,5- 4,0	+ 8,0- 4,5	+ 8,0- 4,5	+ 8,0- 5,0	+ 8,0- 5,5

Таблица 6.12

Припуски на штампованные поковки из цветных металлов и их сплавов, мм

Наибольший размер поковки, мм	Величины припусков (мм) для поверхностей деталей с параметрами шероховатости		
	$Ra \geq 10$ мкм	$Ra=10-2,5$ мкм	$Ra \leq 2,5$ мкм
до 100	1,25	1,75	2,00
100–160	1,50	2,00	2,25
160–250	1,75	2,25	2,50
250–360	2,00	2,50	2,75
360–500	2,25	2,75	3,00
500–630	2,50	3,00	3,25

Особую группу поковок по точности составляют поковки, полученные способом выдавливания *в закрытых штампах*. Этот современный способ штамповки дает большую экономию металла и снижает трудоемкость обработки заготовок деталей за счет уменьшения припусков и допусков. На поковки, полученные методом выдавливания, припуски и допуски не стандартизованы, а выбираются на основании опыта передовых предприятий (табл. 6.13).

Таблица 6.13

Припуски и допуски при выдавливании, мм

Характеристика элемента поковки		Размеры элемента, мм	Припуск на сторону	Допуск на размер поковки
Стержень	диаметр	5–25	0,2–0,3	+ 0,3– 0,1
	диаметр	25–50	0,3–0,5	+ 0,5– 0,2
Стержень	длина	20–100	3–5	+ 5,0– 0,0
		100–250	5–8	+ 10,0– 0,0
Полость	диаметр	10–50	0,8–1,0	+ 0,3– 1,0
		50–100	1,0–2,5	+ 0,5– 1,5
	глубина	10–50	1,0–2,0	+ 0,5– 1,5
		50–150	2,0–5,0	+ 0,5– 2,0
Утолщение	диаметр	25–50	0,3–0,5	+ 0,5–0,2
	высота	50–150	0,5–0,8	+ 0,7– 0,3

Заготовками деталей типа гладких и ступенчатых валиков с небольшим перепадом диаметров, особенно в мелкосерийном производстве, часто служат отрезанные *заготовки из горячекатаного проката*. В этом случае припуски назначают по таблице 6.14, в которой учтены влияние шероховатости проката, глубины дефектного поверхностного слоя и суммарное значение пространственных отклонений (кривизна проката). Порядок расчета припусков следующий: по таблице 6.14 выбирается базовый припуск, с которым затем суммируется удвоенная величина кривизны проката. Например, нужно назначить припуск на деталь диаметром 100 мм длиной 800 мм. По таблице 6.14 базовый припуск равен 1 мм, а кривизна проката –  $0,06 \cdot \frac{800}{100} = 0,48$  мм. Тогда припуск будет равен:  $P = 1 + 2 \cdot 0,48 = 1,96$  мм. Диаметр прутка для заданной детали должен быть не меньше, чем  $D_{п} \geq 100 + 2 \cdot 1,96 = 103,92$  мм. По стандарту выбираем ближайший больший прутки диаметром  $D_{ст} = 105$  мм.

Таблица 6.14

Припуски для заготовок из горячекатаных прутков, мм

Диаметр детали, мм	Базовый припуск, мм	Кривизна проката, мм, на 100 мм
до 25	0,6	0,2
св. 25 до 50	0,8	0,13
св. 50 до 75	0,8	0,09
св. 75 до 110	1,0	0,06
св. 110 до 150	1,0	0,05
св. 150 до 250	1,4	0,03

*Комбинированные методы* применяются при изготовлении сложных и крупных заготовок [1, 9]. При этом сложная заготовка расчленяется на отдельные простые элементы, изготавливаемые прогрессивными способами, с последующим соединением этих частей сваркой, пайкой или другими способами. Комбинированный метод применяют при изготовлении заготовок корпусных деталей сельскохозяйственных машин и механизмов (соединение методом сварки отдельных элементов, изготовленных из сортового проката,

гибкой, штамповкой и т. п.), станин тяжелых станков (отливки, соединенные шовной сваркой), листоштампованных элементов, соединенных точечной сваркой и др.

Наиболее прогрессивными являются сварно-литые заготовки. Применять их целесообразно, когда при изготовлении цельнолитой заготовки наблюдается большой литейный брак из-за нетехнологичности конструкции или же в случаях, когда лишь отдельные части заготовки, работающие в особо трудных условиях, требуют применения более дорогих металлов. Сварно-литые заготовки используют также для деталей с выступающими частями, когда для ее изготовления требуется крупногабаритная форма, много формовочных материалов и большие затраты рабочего времени в литейном цехе. Деление заготовки на несколько частей возможно при ее больших массах и габаритах.

Комбинированные методы обеспечивают значительный экономический эффект. При значительном упрощении технологии изготовления элементов сварной конструкции по сравнению с технологией литья иликовки цельной заготовки, сварная заготовка получается более легкой. Ее наиболее нагруженные элементы могут быть выполнены из высокопрочной стали. Трудоемкость последующей обработки резанием комбинированных заготовок сокращается на 20–40 %.

В последние десятилетия получили распространения прогрессивные технологические процессы изготовления заготовок поперечно-клиновой прокаткой и порошковой металлургией. Эти методы направлены на снижение расхода металла и получение высококачественных заготовок.

*Поперечно-клиновая прокатка (ПКП)* является одним из наиболее экономичных и производительных способов изготовления ступенчатых валов с различной конфигурацией ступеней. Коэффициент использования металла близок к единице, а точность сопоставима с токарной обработкой. Сущность процесса ПКП заключается в упругопластическом качении заготовки между двумя клиновыми инструментами, параллельно перемещающимися навстречу друг другу и установленными на плитах или вращающимися в одну сторону и установленными на валках с параллельными осями. Процесс поперечной прокатки осуществляется в следующей последовательности. Исходная заготовка подается в

рабочую зону стана на ось прокатки и располагается поперек заходных частей инструментов. Инструментам сообщается встречное поступательное или вращательное движение. Заходные части обоих инструментов внедряются в заготовку с диаметрально противоположных сторон, вызывают ее вращение и образование кольцевой канавки. В последующем кольцевая канавка расширяется за счет раскатывания металла наклонными гранями инструмента, происходит перемещение избыточных объемов металла в осевом направлении, профилирование и удлинение заготовки. В результате прокатки заготовка приобретает негативный профиль инструмента. На заключительной стадии прокатки осуществляют калибрование профиля и ножами, установленными по обе стороны инструментов, отрезают избытки металла от прокатанного изделия. Область эффективного использования ПКП – производство ступенчатых изделий с различной конфигурацией ступеней и перепадами диаметров до 4 и более раз. Если в изделии наибольшую площадь поперечного сечения имеет ступень квадратного или шестигранного профиля, то в качестве исходной заготовки используют прутки аналогичного профиля и указанная ступень при прокатке изделия сохраняется без изменений.

ПКП является наиболее рациональным способом изготовления валов коробок передач, винтовых дюбелей, элементов мебельной фурнитуры, золотников, осей, шаровых пальцев, шпинделей, буров, валов насосов и электродвигателей, корпусов резцов для горнодобывающих машин и др., а также точных профильных промежуточных заготовок для последующей безоблойной или малоотходной пластической обработки (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Фотографии заготовок-представителей, изготовленных поперечно-клиновой прокаткой

Прокатка обеспечивает по сравнению со штамповкой повышение производительности в 1,5–2 раза, уменьшение расхода металлопроката на 10–30 %, повышение точности, сокращение трудоемкости последующих операций, повышение стойкости инструмента (60–300 тыс. шт.) и значительное сокращение затрат на его изготовление. Повышение эксплуатационных характеристик прокатываемых деталей (точность, шероховатость, прочность) достигается благодаря устойчивому положению заготовки в процессе ее деформирования и совмещению операций формообразования отдельных элементов деталей поперечно-клиновой прокаткой с калиброванием исходных цилиндрических поверхностей заготовки поверхностным пластическим деформированием.

*Методы порошковой металлургии* применяют в случаях, когда необходимо обеспечить:

- возможность получения принципиально новых материалов и изделий из них со специфическими свойствами, которые невозможно получить другими процессами (детали из фрикционных и антифрикционных, пористых материалов, материалов с особыми физическими свойствами, материалов, которые не сплавляются в расплавленном виде: железо-свинец, материалов, состоящих из металлов и неметаллов: медь – графит и др.);
- изготовление деталей, не обладающих специфическими свойствами, но получение которых порошковой металлургией дает значительный эффект за счет снижения расхода металла, трудоемкости, себестоимости и других технико-экономических показателей.

Особенностью порошковой металлургии является применение исходного сырья в виде порошков, которые затем прессуют под давлением или формуют в изделия и подвергают термической обработке (спеканию) при температурах ниже температуры плавления основного компонента шихты.

Достоинства порошковой металлургии:

- возможность изготовления деталей из тугоплавких материалов, псевдосплавов (медь – вольфрам, железо – графит), пористых материалов с заранее заданной пористостью (фильтры, самосмазывающиеся подшипники);

- значительная экономия материалов в связи с возможностью прессования изделий с окончательными размерами без последующей механической обработки;

- возможность получения изделий из материалов высокой чистоты, так как исключается внесение загрязнений в материал (в отличие от литья);

- простота технологии, не требующей высокой квалификации;

- возможность автоматизации процесса.

Недостатки порошковой металлургии:

- ограниченность размеров получаемых заготовок (габариты заготовки – не более 200 мм, масса – до 5 кг);

- относительная простая форма заготовок из-за специфики формования порошков: не допускаются боковые впадины, круговые канавки, обратная конусность, отверстия, непараллельные оси прессования и др.;

- наличие остаточной пористости не позволяет получить такие же физико-механические свойства, как у отливок или поковок.

Типовыми деталями, которые изготавливают из порошковых материалов, являются шестерни, кулачки, звездочки, шайбы, храповики, гайки, фланцы и др.

**Основные рекомендации** по выбору оптимальной заготовки. Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Многообразие методов и способов получения заготовок и их сочетаний приводит к тому, что выбор способа получения заготовки становится сложной технико-экономической задачей. Это вызвано тем, что обеспечить технические требования к заготовке могут различные способы, но стоит задача выбора наиболее экономичного из них.

При выборе методов и способов получения заготовок необходимо учитывать прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения. Решение задач формообразования деталей целесообразно перенести на заготовительную стадию и тем самым снизить расход материала, уменьшить долю затрат на механическую обработку в себестоимости готовой детали.

В первую очередь при выборе заготовки следует определить, каким методом наиболее целесообразно получить заготовку для данной детали. При этом надо ориентироваться на материал и требования к нему с точки зрения обеспечения служебных свойств детали. Далее,

пользуясь качественной оценкой, наметить предварительный способ получения заготовки. Например, требуется выбрать заготовку и способ ее получения для детали типа фланец с отверстием, изготавливаемой из стали марки 40ХЛ, масса готовой детали – 25 кг, большинство поверхностей имеют шероховатость  $R_a = 10-2,5$  мкм, точность – 13–14 квалитет. Годовая программа выпуска – 50 000 шт. В данном случае метод получения заготовки – литье, так как задана литейная марка стали. Далее выберем способ литья. По годовой программе и массе детали устанавливаем, что тип производства массовый или крупносерийный. В этом случае целесообразно применить специальные способы литья, обеспечивающие максимально возможные приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали. К таким способам относятся: литье в кокиль, в оболочковые формы, по выплавляемым моделям и под давлением. Сопоставив эти способы, убеждаемся, что литье под давлением необходимо сразу исключить из-за низкой стойкости литейной оснастки, по той же причине нежелательно применение и способа литья в кокиль (стойкость кокиля при литье стали не превышает 500 заготовок). Таким образом, для сравнения остаются 2 способа: литье в оболочковые формы и литье по выплавляемым моделям. Однако литье по выплавляемым моделям – наиболее трудоемкий и дорогостоящий способ литья, его применение рационально, если отливку невозможно получить другим способом. Поэтому можно считать наиболее рациональным литье в оболочковые формы.

Такая методика выбора способа изготовления заготовки весьма неточна и ориентировочна, поскольку в основе ее лежит качественная оценка сравниваемых способов («хуже» – «лучше»), не используются точные количественные критерии. Поэтому более точным и обоснованным является проведение технико-экономического анализа сравниваемых вариантов на основе количественных критериев с учетом себестоимости ее дальнейшей механической обработки.

По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшения припусков, повышения точности размеров усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и возрастает себестоимость заготовки, но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки заготовки, повышается коэффициент использования материала.



**Построение чертежа заготовки.** За основу при разработке чертежа заготовки принимается чертеж детали. Однако заготовка будет отличаться от готовой детали как по размерам, так и по форме. Это вызвано тем, что шероховатость поверхности заготовки обычно весьма велика, а также и качество металла заготовки вблизи ее поверхности часто бывает хуже, чем требуется по техническим условиям на деталь. При обработке давлением это происходит из-за выгорания углерода с поверхности заготовки при нагреве, а при литье – из-за неоднородности процесса кристаллизации сплавов в поверхностных слоях и в объеме отливки при ее остывании в литейной форме. Поверхности заготовок имеют также погрешности формы и отклонения размеров от номинальных, вызванные смещением половин штампов и опок, температурными деформациями при остывании и т.п. Для того чтобы была возможность устранить указанные дефекты в дальнейшем при обработке резанием, назначается припуск, т.е. слой металла, подлежащий удалению механической обработкой.

На поверхностях детали могут быть расположены конструктивные элементы, которые нецелесообразно или невозможно получать при изготовлении заготовки способами пластического деформирования или литья (например, шпоночные канавки, отверстия малого диаметра и т.п.). Поэтому такие конструктивные элементы спрямляются, и образовавшийся при этом слой металла называется напуском.

Еще один элемент формы заготовки, который отличает ее от готовой детали, – это литейные, или штамповочные уклоны. Уклоны предназначены для того, чтобы модель после формовки могла легко извлекаться из литейной формы, а отштампованная поковка – из штампа. Кроме того, на заготовке не могут быть получены углы с малыми радиусами закругления, так как металл не может их заполнить, поэтому все острые кромки должны быть скруглены по радиусам.

Разработка чертежа заготовки производится по следующей схеме:

- технологический анализ детали;
- выбор разъема;
- назначение припусков, допусков, штамповочных и литейных уклонов и радиусов закруглений;
- оформление чертежа заготовки.

Технологический анализ детали на этом этапе проектирования проводится с точки зрения возможности наиболее рационального получения заготовки. При технологическом анализе рассматриваются следующие вопросы:

а) правильно ли конструктор выбрал материал для детали, а именно, имеет ли выбранный материал достаточную пластичность или литейные свойства, чтобы получить требуемую форму заготовки;

б) нельзя ли упростить форму детали (без ущерба для выполнения ее функций в узле машины), которая облегчила заполнение формы ручьев штампа или с целью упрощения литейной формы (путем уменьшения количества стержней и упрощения их формы, спрямления поверхности разъема и т.п.);

в) нельзя ли унифицировать заготовки для различных деталей, близких по форме и своим функциям;

г) возможно ли расчленить на две или более частей очень сложную по форме или слишком большую деталь с последующим их соединением сваркой или склейкой;

д) возможно ли соединение в одной поковке или отливке нескольких несимметричных и мелких деталей с последующей их разрезкой.

Поверхность разъема устанавливается таким образом, чтобы обеспечивалось беспрепятственное извлечение поковки из верхней и нижней половины окончательного ручья штампа или модели из литейной формы. Никакие поднутрения и углубления на боковых поверхностях заготовки при штамповке не могут быть получены, а при литье их изготовление вызывает необходимость часто неоправданного усложнения литейной формы путем применения специальных стержней. При выборе поверхности разъема повок нужно учесть, что форма верхней половины молотового штампа заполняется легче, чем нижней. Поэтому трудно заполняемые элементы (тонкие и высокие ребра, бобышки и т.п.) должны быть расположены в верхней половине поковки. Когда выбирается поверхность разъема отливок наиболее ответственные части детали нужно располагать в нижней части формы, так как расплавленный металл худшего качества, с различными газовыми и шлаковыми включениями, скапливается в верхней части формы.

В большинстве случаев разъем устанавливается в плоскости двух наибольших по габаритам взаимно перпендикулярных

размеров заготовки. Однако указанное правило не является абсолютным, и от него следует отступать, если иное расположение разъема обеспечивает значительное снижение массы заготовки или уменьшение трудоемкости изготовления штампа или модели.

### 6.3. Назначение технологических баз

Выбор технологических баз тесно связан с составлением технологического маршрута обработки заготовки [2, 6, 9]. Исходные данные, необходимые для решения задачи выбора технологических баз:



- рабочие чертежи детали и заготовки;
- технические условия на изготовление детали;
- классификатор способов базирования;
- методика выбора технологических баз.

*Базирование* – придание заготовке, детали или сборочной единице требуемого положения относительно выбранной системы координат. В машиностроении различают базирование при механической обработке заготовок и базирование при сборке деталей.

*Базирование при механической обработке заготовок* – придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка или приспособления.

*База* – поверхность или сочетание поверхностей, линия (ось) или точка, принадлежащие изделию и используемые для базирования.

*Опорная точка* – точка жесткого контакта изделия с определенными элементами – опорами станка или приспособления, каждая из которых лишает изделие одной степени свободы.

Для изображения опорных точек на схемах базирования используются символы  (на видах спереди и сбоку) и  (на виде сверху).

Любое твердое тело, если его рассматривать в системе трех взаимно перпендикулярных осей, имеет шесть степеней свободы: три перемещения вдоль осей X, Y, Z и три перемещения при повороте относительно этих осей. Соответственно, положение твердого тела в пространстве определяется шестью координатами или шестью опорными точками (*правило шести точек*).

*Базирующая поверхность* – поверхность изделия, участвующая в базировании по опорным точкам.

Изделие, контактируя своими базами с опорами станка или приспособления, получает требуемое для механической обработки или сборки положение, для сохранения которого в процессе обработки или сборки изделие закрепляют.

Правильный выбор баз является необходимым фактором, обеспечивающим достижение требуемой точности при осуществлении технологического процесса обработки. На различных этапах техно-

логического процесса руководствуются несколькими принципами выбора баз:

- принцип первичной (черновой) базы;
- принцип единства баз;
- принцип постоянства баз;
- принцип последовательности смены баз.

Рекомендации по последовательности действий при выборе технологических баз:

- выбор поверхностей базирования;
- выбор черновых баз для обработки поверхностей, используемых далее в качестве основной технологической базы;
- определение количества баз;
- выбор систем координат;
- построение схем базирования (определение числа связей заготовки и выбранной системы координат);
- оценка возможности выполнения принципа совмещения баз;
- оценка возможности сохранения постоянства баз;
- оценка точности и надежности базирования.

В сложных деталях часто встречаются поверхности одинакового ранга. Это иногда приводит к затруднению установления последовательности операций обработки из-за равнозначности поверхностей. В таком случае установление наиболее рациональной последовательности укрупненных операций производят на основе анализа размерных цепей, руководствуясь принципом совмещения технологических баз с конструкторскими.

Принцип совмещения баз требует, чтобы в роли технологической базы (установочной, исходной, измерительной) по отношению к каждой поверхности детали использовался тот же элемент детали, который в рабочем чертеже служит по отношению к ней конструкторской базой. Согласно этому принципу, последовательность обработки поверхностей должна быть увязана с их взаимной координацией, заданной размерными цепями и техническими требованиями. Соблюдение принципа совмещения баз при установлении последовательности операций дает возможность исключить ошибки, связанные с несовместимостью баз, а это, в свою очередь, создает предпосылки для обработки деталей с наименьшими затратами.

Черновая база должна использоваться один раз на первой операции. Выбор черновой базы является ответственным моментом в общей стратегии разработки технологического процесса, от которого

зависят не только возможность обеспечения требований по точности, но и качества поверхностей, определяющих назначение изделия.

На рисунках 6.2–6.7 приведены основные схемы базирования деталей, которые применяются в технологических процессах механической обработки заготовок деталей. При выборе баз необходимо четко представлять укрупненный план обработки заготовки, который на последующих этапах подвергается дальнейшей детализации и уточнению.

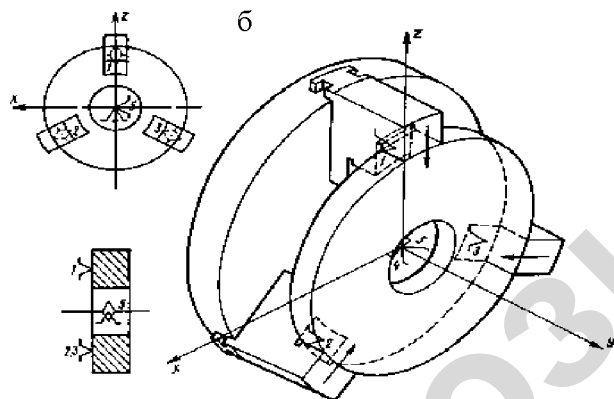
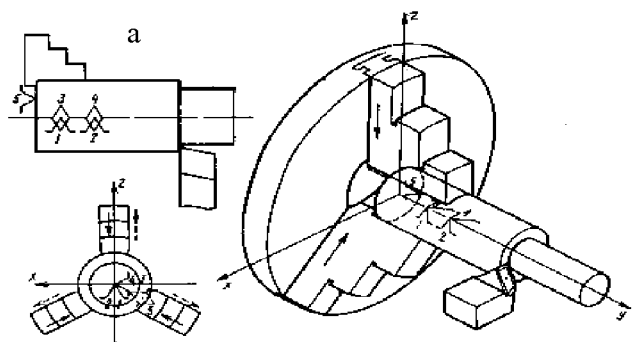


Рис. 6.2. Базирование в самоцентрирующем патроне:  
а – стержня; б – диска

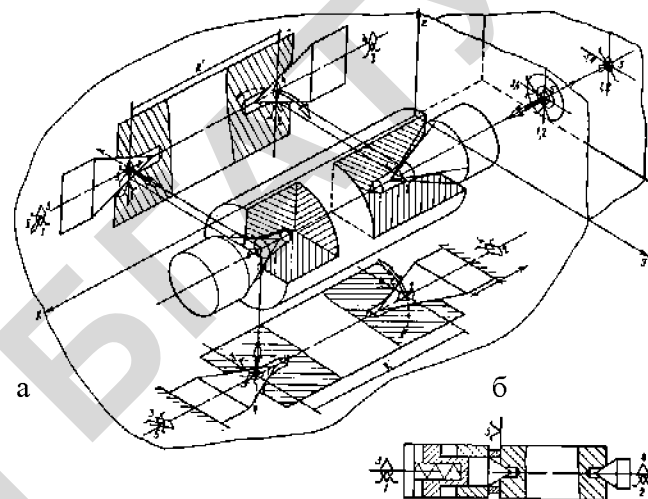


Рис. 6.3. Базирование в центрах:  
а – передний центр неподвижен; б – плавающий передний центр с упором в шайбу

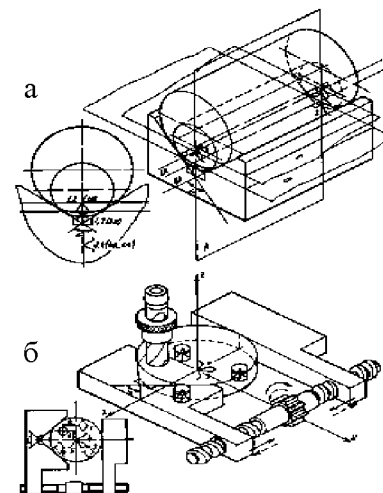


Рис. 6.4. Базирование на призме:  
а – неподвижной; б – самоцентрирующей

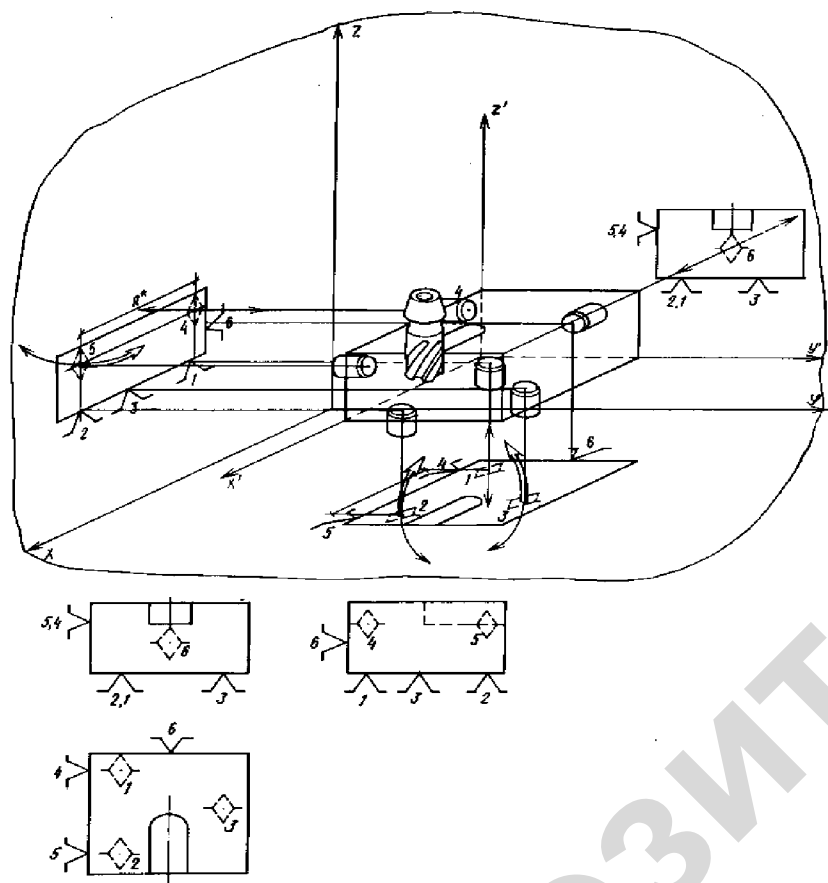


Рис. 6.5. Базирование по трем плоскостям

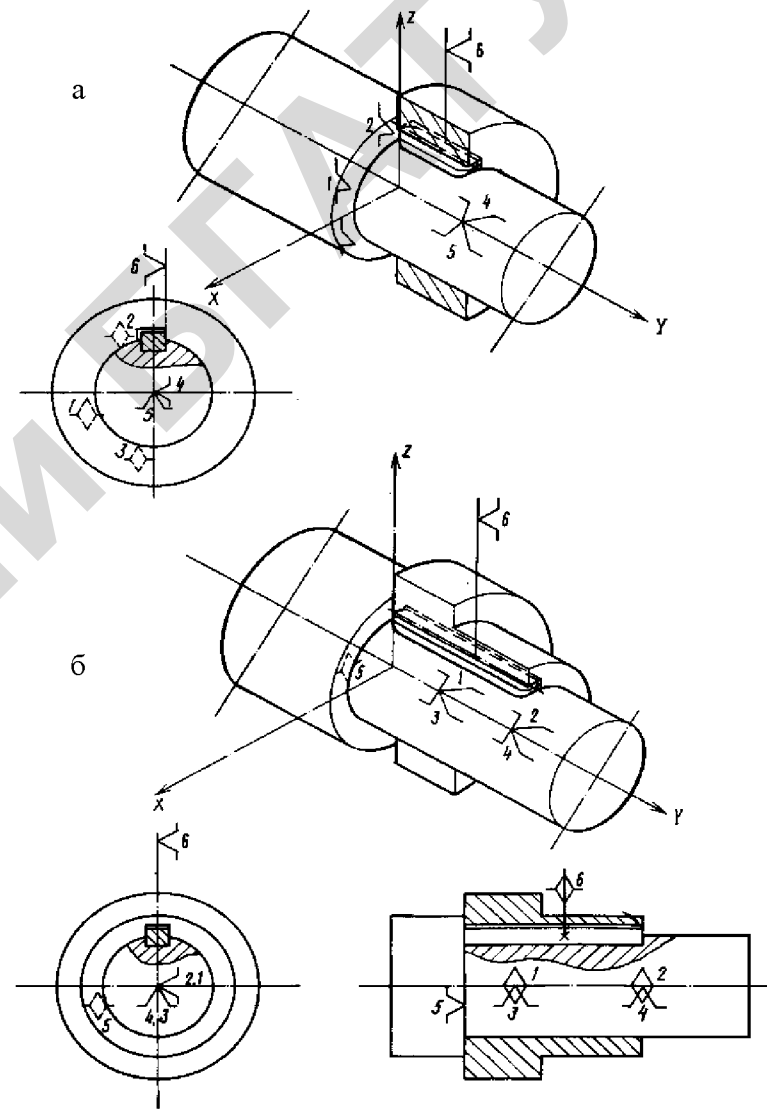


Рис. 6.6. Базирование деталей на оправках (без зазора):  
а – дискообразных; б – втулкообразных

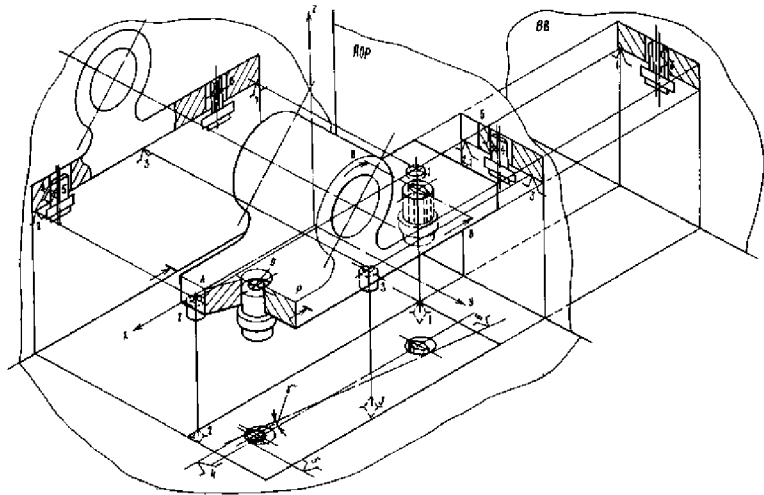


Рис. 6.7. Базирование по плоскости и двум отверстиям

Принцип базирования заготовок должен строго соответствовать ГОСТ 3.1107–81. Примеры изображения опор, зажимов и установочных устройств приведены в приложении 2.

За базы на первой операции следует принимать те поверхности заготовки, которые затем у детали определяют ресурс ее работы. Если у детали такие поверхности не явно выражены и при этом часть поверхностей не подлежит механической обработке, то за базу на первой операции следует принимать эти необрабатываемые поверхности, что обеспечивает равномерное распределение припусков относительно необрабатываемой поверхности.

На первой операции обрабатывают поверхности, которые в дальнейшем принимаются за технологические базы. В общем случае в качестве технологической базы может быть принята любая поверхность детали, но всегда следует помнить о том, что наименьшие погрешности в процессе обработки получают только тогда, когда вся обработка будет выполняться с одной установки (с одного комплекта баз). Если поверхности, выбранные в качестве технологических баз, являются одновременно и конструкторскими базами, то ошибки базирования на этапе механической обработки будут минимальными или вовсе отсутствовать. В этом и заключается принцип единства (совмещения) баз.

При *совмещении* технологических и конструкторских баз обработка детали осуществляется по размерам, проставленным на рабочем чертеже, с использованием всего поля допуска на размер. В случае несоблюдения принципа единства может возникнуть необходимость пересчета размеров и допусков, что приведет к ужесточению полей допусков на размеры, выдерживаемые при обработке, и повлечет повышение трудоемкости.

Принцип *постоянства баз* сводится к использованию одной и той же технологической базы на различных операциях. Соблюдение принципа постоянства баз способствует обеспечению точности взаимного положения поверхностей детали. Смена технологических баз без особой необходимости не допускается. Это требование не распространяется на смену черновой базы. Часто на деталях предусматривают искусственные базы в виде бобышек, платиков, центровых отверстий, установочных поясков и других элементов, которые позволяют в более полной мере выдерживать принцип постоянства баз.

При вынужденной смене баз необходимо руководствоваться принципом последовательности смены баз, который заключается в том, что последующая база должна быть точнее предыдущей. Примером многократной смены баз может служить предварительное и чистовое шлифование планки или поршневого кольца на магнитной плите с последовательной переустановкой заготовки для обработки каждой плоскости.

Известно, что для полной ориентировки заготовки в приспособлении на данной операции ее необходимо лишить шести степеней свободы. Это можно обеспечить комплектом из нескольких баз (как правило, тремя базами). Анализ показывает, что в комплекте баз значимость каждой из них для выполнения технических требований на данной операции неодинакова. Поэтому среди них выделяется **главная база**. Главная база обеспечивает устойчивое положение заготовки в приспособлении и позволяет выполнение самых жестких из технических требований на данной операции. Главная база лишает заготовку трех или четырех степеней свободы. Поэтому главной базой может быть либо установочная, либо двойная направляющая база. Главная база обеспечивает также одновременно два технических требования, а именно: точность размера и точность положения обрабатываемой поверхности. Для лишения заготовки остальных степеней свободы используются другие, **дополнительные базы**. От дополнительных баз обеспечивается выполнение

менее жестких технических требований. Правило выбора дополнительных баз основывается на сравнительном анализе дополнительных технических требований, и предпочтение отдается более жесткому требованию для первой дополнительной базы и менее жесткое для второй дополнительной базы.

Обобщая вышесказанное, можно рекомендовать при выборе комплекта баз на данной операции руководствоваться следующим:

- изучить технические требования по значимости и сложности их обеспечения;
- назначить главную базу для выполнения самых жестких требований, а именно обеспечение наиболее точных размеров и наименьшего отклонения расположения обрабатываемых поверхностей;
- назначить дополнительные базы.

Дополнительными базами могут быть направляющая, опорная и двойная опорная базы.

При решении вопроса о выборе той или иной базы с учетом требований точности расположения поверхностей, обрабатываемых на данной операции, необходимо принимать такую схему базирования, которая обеспечивает наименьшую погрешность.

В ряде случаев размерные цепи рабочего чертежа не обеспечивают создания достаточно удобных в конструктивном и эксплуатационном отношении установочно-зажимных элементов приспособлений. Тогда приходится отступать от принципа совмещения баз и уменьшать допуски на некоторые размеры в расчете на то, что простота приспособления и удобство работы компенсируют затраты на обеспечение более жестких допусков на эти размеры.

#### 6.4. Составление технологического маршрута обработки

Основные документы и сведения, необходимые для составления технологического маршрута обработки:

- чертеж детали, выполненный в соответствии с требованиями ЕСКД;
- программа выпуска изделия;
- сведения о форме, размерах и точности заготовки (на данном этапе принимается окончательное решение о способе получения заготовки);
- документация типового, группового или единичного технологического процесса-аналога;
- полученные на предыдущих этапах несколько наиболее рациональных вариантов принципиальных схем технологического процесса.

Постановка задачи – спроектировать и (или) выбрать наиболее рациональный вариант технологического маршрута, включающего определение состава и последовательности операций, выбор технологических баз, оборудования и зажимных приспособлений для каждой операции. Формирование структуры технологического процесса начинается с чистовых операций, а заканчивается черновыми операциями, затем заготовительными.

Последовательность действий при составлении технологического маршрута обработки:

- выбор вида проектируемого процесса (единичный, типовой, групповой) и степени его детализации;
- уточнение видов и методов обработки каждой поверхности;
- формирование состава операций;
- оценка эффективности маршрутных технологических процессов по себестоимости, трудоемкости, энергопотреблению, материалоемкости обрабатываемой детали;
- выбор типов оборудования;
- уточнение последовательности технологических операций (по типовому или групповому технологическому процессу);
- определение средств технологического оснащения.

*Техническими ограничениями* являются номенклатура имеющегося оборудования и его технические характеристики, набор технологической оснастки.

При разработке технологического маршрута руководствуются следующими *принципами*:

- каждая последующая операция должна уменьшать погрешности предыдущей обработки и улучшать качество поверхности;
- в первую очередь обрабатывают те поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке;
- после этого обрабатывают поверхности с наибольшим припуском;
- далее выполняют обработку поверхностей, снятие металла с которых в наименьшей степени влияет на жесткость заготовки;
- в начало технологического процесса следует относить те операции, на которых можно ожидать появление брака из-за скрытых дефектов металла (трещин, раковин, волосовин и т. п.);
- обработка остальных поверхностей ведется в последовательности, обратной степени их точности, т. е. чем точнее должна быть поверхность, тем позже она должна обрабатываться. Обработку менее точных поверхностей можно выполнять в виде перехода при обработке высокоточных поверхностей. При этом операция изна-

чально komponуется с целью получения высокоточной поверхности, а затем в нее по возможности добавляют переходы для обработки менее точных поверхностей (если это не повлияет на качество основной поверхности);

- заканчивается процесс изготовления детали обработкой той поверхности, которая должна быть наиболее точной и имеет наибольшее значение для эксплуатации детали. Если она была обработана ранее, до выполнения других смежных операций, может возникнуть необходимость в ее повторной обработке;

- отверстия нужно сверлить в конце технологического процесса, за исключением тех случаев, когда они служат базами;

- поверхности, которые связаны допусками относительного взаимного расположения (соосности, перпендикулярности, параллельности и т. п.), изготавливают при одной установке заготовки;

- не рекомендуется совмещение черновой и чистовой обработок немерным инструментом на одном и том же станке (за исключением станков с ЧПУ, для которых это предпочтительно), но чтобы избежать трудоемких переустановок крупногабаритных и тяжелых заготовок черновую и чистовую обработку таких заготовок иногда выполняют за одну операцию. Такое построение маршрутной технологии характерно для мелкосерийного производства. Во всех случаях совмещения черновой и чистовой обработки в одной операции рекомендуется сначала выполнить черновую обработку всех поверхностей, а затем, заменив режущий инструмент, выполнить чистовую обработку тех поверхностей, для которых она необходима;

- при выборе установочных (технологических) баз следует стремиться к соблюдению двух основных условий: совмещению технологических баз с конструкторскими базами и принципу постоянства баз. Желательно всегда выбирать такую базу, которую можно было бы использовать для обработки заготовки на всех операциях технологического процесса (например, центровые отверстия вала, оси или хвостовики режущего инструмента, штифтовые технологические отверстия у корпусных деталей);

- если деталь подвергается термической обработке по ходу технологического процесса, механическая обработка расчленяется на две части: до термической обработки и после нее;

- операции технического контроля намечают после тех этапов обработки, где вероятна повышенная доля брака перед сложными и дорогостоящими операциями, после законченного цикла обработок, а также в конце обработки детали.

Приведенные рекомендации по последовательности разработки технологического маршрута не являются обязательными и требуют творческого подхода в каждом конкретном случае. Работа по составлению маршрутов обработки существенно облегчается при использовании типовых технологических процессов на данную группу деталей.

Проектирование общего маршрута обработки детали начинается обычно с установления методов обработки отдельных ее поверхностей и их последовательности. При выборе метода обработки необходимо исходить из технологических возможностей типовых методов обработки конкретных видов поверхностей в части:

- обеспечения точности и качества поверхности;
- величины снимаемого припуска;
- затрат времени на обработку.

Выбор конкретного метода обработки производят с помощью таблиц средней экономической точности различных методов обработки [10]. Например, для наружной поверхности вращения можно выделить 6 стадий обработки: I – черновая операция, II – получистовая, III – чистовая, IV – тонкая, V – отделочная, VI – доводочная операция (табл. 6.15).

Для элементарных поверхностей обычно стадия обработки совпадает с операцией или переходом. Причем, число операций, обеспечивающих близкие по значению требования качества изготовления детали, в пределах одной стадии может быть различным (см. табл. 6.15). Анализ приведенных данных показывает, что для достижения заданной точности и шероховатости элементарной поверхности могут быть использованы различные технологические маршруты. В таких случаях удобно воспользоваться методами теории графов. Технологический маршрут обработки элементарной наружной поверхности вращения может быть представлен в виде графа, в вершинах которого отражены характеристики точности и шероховатости, а ребра сопоставлены с кодами операций (табл. 6.15). Подобные графы разрабатываются на основе общих правил построения маршрутов обработки типовых элементарных поверхностей. Так, при использовании операции накатывания (код 8) отпадает необходимость в выполнении операции тонкого шлифования (код 7), что позволяет перейти в этом случае сразу от IV к стадии VI.



Таблица 6.15

Массив операций обработки элементарных  
наружных поверхностей вращения

Стадия обработки	Операция	Код операции	Квалитет точности	Шероховатость $Ra$ , мкм
I	Токарная черновая	1	12–16	12,5–40
II	Токарная получистовая	2	10–12	5–12,5
III	Токарная чистовая	3	8–11	2,5–5
	Шлифовальная черновая	4	8–10	1,6–2,5
IV	Токарная тонкая	5	7–9	0,8–1,6
	Шлифовальная чистовая	6	7–8	0,63–1,25
V	Шлифовальная тонкая	7	6–7	0,25–0,63
VI	Накатная	8	6–7	0,16–0,25
	Суперфинишная	9	5	0,063–0,08
	Полировальная	10	6	0,04–0,063

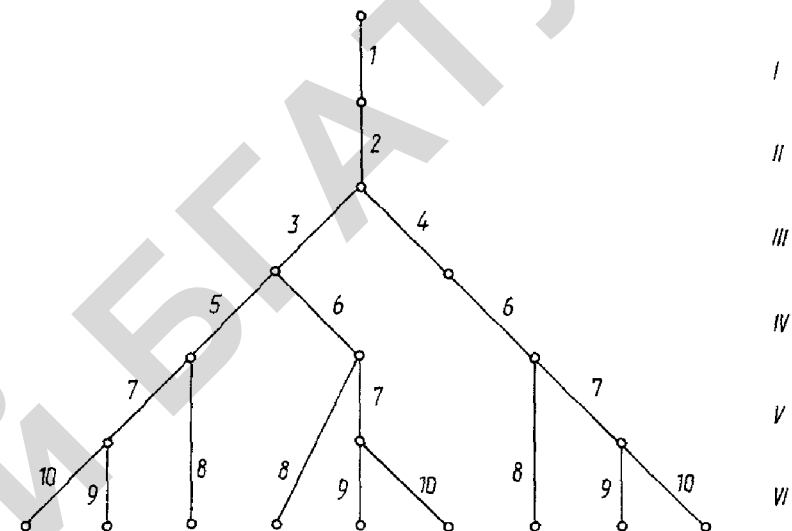


Рис. 6.8. Граф технологического маршрута обработки элементарной наружной поверхности вращения

Общее количество возможных вариантов обработки рассматриваемого типа поверхности, как видно из рис. 6.8, не превышает девяти, поэтому выбор оптимального варианта может быть получен их перебором.

При прочих равных условиях предпочтительным считается тот вариант, который содержит меньшее число переходов обработки данной поверхности.

Таким образом, для обработки каждой поверхности детали требуется совокупность методов обработки, выполняемых в определенной последовательности. Последовательность устанавливается на основе требований рабочего чертежа детали и состояния исходной заготовки. Каждый последующий метод обработки одной поверхности должен быть точнее предыдущего.

Следует стремиться к тому, чтобы в маршрутах обработки различных поверхностей, принадлежащих одной детали, повторяемость методов обработки была максимальной. Это сокращает номенклатуру необходимого режущего инструмента и позволяет проектировать технологические процессы по принципу концентрации операций с совмещением обработки различных поверхностей, уменьшает число переустановок заготовки, повышает производительность и точность обработки.

При проектировании технологических процессов изготовления детали желательно совмещать во времени обработку нескольких поверхностей заготовки, что может оказать определяющее влияние на выбор метода обработки этих поверхностей. Поэтому окончательный выбор метода обработки каждой конкретной поверхности производят в комплексе с выбором методов обработки других поверхностей детали.

При выполнении реальных дипломных проектов необходимо учитывать следующее. Если обрабатываемые поверхности не связаны жесткими допусками и техническими требованиями или их величина настолько велика, что не оказывает влияния на последовательность обработки, последняя должна учитывать имеющуюся в производстве расстановку оборудования и прогрессивные технологические традиции проектирования технологии на конкретном предприятии. Учет расстановки оборудования в цехах обеспечивает максимально возможную поточность технологического процесса, при которой сводятся к минимуму встречные потоки деталей. Например, при отсутствии в цехе станков для точной обработки зубчатых, шли-

цевых или резьбовых поверхностей их обработку необходимо вынести в конец этапа, чтобы, выполнив эти операции на другом участке, деталь не возвращали обратно, а направляли в склад или на сборку. Использование опыта проектирования технологии на конкретном предприятии дает возможность учесть влияние организационных и других факторов на последовательность операций. Например, на ряде заводов обработка наружных резьбовых поверхностей производится непосредственно перед термообработкой, а при ее отсутствии – в конце технологического процесса. Это делается для того, чтобы при установке детали на других операциях и транспортировке не повредить резьбу. На других предприятиях этот фактор не принимают во внимание, но учитывается ряд других особенностей.

Завершается этап составления технологического маршрута обработки разработкой маршрутной карты без указания переходов. Допускается в маршрутной карте указывать режимы обработки, т. е. строку со служебным символом – Р, если для условий единичного и мелкосерийного типов производств операционный технологический процесс разрабатываться не будет.

## 6.5. Разработка технологических операций

Прежде чем приступать к проектированию технологических операций, необходимо иметь окончательное решение о принятом плане обработки (технологическом маршруте) и выбранных видах обработки каждой поверхности (см. раздел 6.1), которые обеспечат заданные чертежом требования геометрической точности и параметров качества.

Основные документы, необходимые для решения задач этапа:

- технологический маршрут обработки;
- документация на типовые, групповые или единичные технологические операции;
- классификатор технологических операций;
- каталоги (альбомы) по выбору средств технологического оснащения;
- материалы по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм времени и пр.).

**Задача** заключается в том, чтобы из заданных техническими ограничениями наборов отдельных элементов технологической системы спроектировать и рассчитать наиболее рациональные пара-

метры операций, при которых требуемые размеры детали и их точность обеспечивались бы с минимальной себестоимостью.

**Исходными данными** для проектирования технологической операции служат набор переходов, выполняемых в операции, требуемая форма, межоперационные размеры и их точность. Эти сведения необходимо брать из технологического маршрута обработки, разработанного на предыдущем этапе проектирования, а также из результатов проектирования предыдущей операции.

**Техническими ограничениями**, определяющими допустимые варианты обработки детали, структуру и характеристики операции, являются:

- ограничительный набор типоразмеров оборудования (имеющегося на заводе);
- набор универсальных, групповых и специализированных установочно-зажимных приспособлений, используемых на каждом типе станков;
- технологические нормативы на припуски и напуски, время выполнения отдельных элементов операции, поправочные коэффициенты для расчета режимов резания и другие технико-экономические данные.

При проектировании технологической операции решается комплекс вопросов:

- уточняется содержание операции (намеченное при проектировании маршрута);
- определяется последовательность и содержание переходов;
- окончательно выбираются средства технологического оснащения (или составляются задания на их проектирование);
- устанавливаются режимы резания;
- определяются нормы времени;
- определяются настроечные размеры, и рассчитывается точность обработки;
- разрабатываются операционные эскизы и схемы наладок;
- подбирается состав СОТС;
- определяется разряд работы.

**Последовательность** разработки технологических операций следующая [1, 2, 4, 5, 6, 8–10].

**I. Выбор (или уточнение) моделей оборудования.**

Выбор модели станка определяется, прежде всего, возможностью обработки на нем поверхностей требуемых размеров, формы и качества. Если эти требования могут обеспечить несколько моделей, то одну из них выбирают из следующих соображений:

- соответствия его основных размеров габаритам изготавливаемых деталей, устанавливаемых по принятой схеме обработки;
- соответствия производительности заданному типу производства;
- возможности работы с оптимальными режимами резания;
- соответствия станка требуемой мощности;
- возможности механизации и автоматизации выполняемой обработки;
- обеспечения наименьшей себестоимости обработки;
- в условиях массового производства нужно стремиться к тому, чтобы количество станков на одной операции не превышало двух. Если это условие не выполняется, следует выбрать более производительную модель станка (например, многошпиндельного, многопозиционного или агрегатного).

**II. Назначение (или уточнение) типоразмера установочно-зажимного приспособления.** На первом этапе уточняют схему базирования и установки детали. Затем осуществляется поиск информации о существующих приспособлениях. При отсутствии готовых приспособлений и (или) технической документации на них выполняют поиск информации об аналогичных приспособлениях. При отсутствии приспособлений-аналогов осуществляют разработку принципиальных схем оригинальных приспособлений.

Выбор приспособлений осуществляется одновременно с выбором оборудования. Если требуемое приспособление является принадлежностью станка, то указывается только его наименование. При использовании универсально-сборного приспособления (УСП) делается соответствующее указание. В случае, когда требуется специальное приспособление, технолог дает лишь его принципиальную схему, по которой затем конструктор разрабатывает рабочие чертежи.

Прежде чем приступить к проектированию приспособления в единичном и мелкосерийном производстве, необходимо произвести экономический расчет и определить целесообразность применения намечаемого приспособления.

При проектировании приспособления для конкретной операции должен быть определен метод базирования детали, сделан расчет режимов резания и определены все составляющие усилий резания. Затем необходимо ознакомиться с имеющимися типовыми конструкциями приспособлений для подобных условий обработки и выбрать конкретный вид приспособления.

**III. Проектирование структуры технологических переходов в операции.**

Структура перехода для одной и той же поверхности может быть различной. Например, точение торца может производиться с помощью продольной, поперечной подачи или комбинированным способом на предварительно настроенном станке или методом пробных проходов. В зависимости от выбранного способа выполнения перехода будут различными тип режущего инструмента, характер основных и вспомогательных приемов и их последовательность, т. е. структура перехода. В связи с этим при обработке каждой поверхности возникает задача проектирования и выбора наиболее рационального варианта структуры и параметров перехода.

Исходные данные для проектирования структуры перехода:

- схема установки детали, сведения о жесткости основных узлов технологической системы, ряды частот вращения шпинделя и величин подач станка, мощность главного привода, допустимое усилие подачи, размеры посадочных мест для режущих инструментов;
- сведения о промежуточном состоянии заготовки, описывающие форму, размеры, точность и механические свойства обрабатываемых поверхностей к моменту выполнения перехода;
- требуемая форма, размеры, точность и шероховатость поверхности после выполнения перехода.

Установлена следующая типовая последовательность проектирования перехода:

- анализ допустимых способов выполнения перехода и выбор одного из них;
- определение типоразмеров режущего инструмента;
- выбор вспомогательного инструмента;
- выбор мерительного инструмента;
- определение допустимых вариантов структуры перехода;
- расчет режимов резания и определение основного времени для каждого варианта структуры перехода;
- определение времени выполнения вспомогательных приемов для каждого варианта структуры перехода;
- анализ вариантов и выбор наиболее рациональной структуры перехода;
- формирование описаний перехода для записи в технологическую карту.

**IV. Выбор режущего, вспомогательного и измерительного инструментов.**

При выборе режущего инструмента также стремятся обеспечить наибольшую производительность, требуемую точность и парамет-

ры шероховатости обработанной поверхности. В операционной карте указывают краткую характеристику инструмента (наименование и размер, марку материала и номер стандарта или нормали, если инструмент стандартный или нормализованный). Если требуется применить специальный режущий инструмент, то разрабатывают задание на проектирование его конструкции.

Поскольку затраты на инструмент входят в себестоимость обработки (по статье накладных расходов), то необходимо полнее использовать его режущие свойства.

Особое влияние на повышение производительности и снижение себестоимости имеет материал режущей части инструмента. Он должен иметь большую твердость (значительно выше твердости материала обрабатываемой заготовки), высокие допускаемые напряжения на изгиб, растяжение, сжатие и кручение. Важнейшими характеристиками инструментальных материалов являются красностойкость и износостойкость. Их выбирают в зависимости от принятого метода обработки, вида обрабатываемого материала и условий работы. В настоящее время для изготовления режущей части инструмента применяют следующие инструментальные материалы: твердые сплавы, быстрорежущие, углеродистые и легированные инструментальные стали, минералокерамические сплавы, сверхтвердые, абразивные и алмазы.

Инструментальные углеродистые и легированные стали применяются для фасонных инструментов и в случае работы на низких скоростях резания (чаще всего на универсальных станках с ручным управлением).

Легированные инструментальные стали (9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС, 9ХС и др.) используют для изготовления протяжек, сверл, метчиков, плашек, разверток. Они имеют красностойкость 250–300 °С и допускают скорость резания 15–25 м/мин.

Минералокерамические сплавы применяются для чистовой и получистовой обработки без ударной нагрузки и при достаточно жесткой системе СПИД.

Алмазы (особенно синтетические) применяются для чистовой отделочной обработки при высоких скоростях резания.

Более широкое применение находят быстрорежущие стали. Самыми распространенными являются: P9, P12, P18, P6M3, P6M5, P9Ф5, P14Ф4, P18Ф2, P9K5, P9K10, P10K5Ф2, P10K5Ф5. Твердость таких сталей составляет HRC 62–65, красностойкость 600–630 °С. Обладая повышенной износостойкостью, они могут работать со скоростями до 100 м/мин.

Металлокерамические твердые сплавы состоят из карбидов вольфрама, титана и тантала (WC, TiC, TaC), находящимися в металлическом кобальте (Co). Они применяются в виде пластинок, изготавливаемых методом порошковой металлургии, закрепляемых на державках режущего инструмента. Металлокерамический твердосплавный инструмент обладает высокими твердостью (HRA 80–92), износостойкостью и красностойкостью (800–10 000 °С). Это позволяет вести обработку со скоростями до 800 м/мин. Твердые сплавы делятся на следующие группы: однокарбидные (вольфрамовые) – BK2, BK3, BK3M, BK4, BK6M, BK6 и т. д.; двухкарбидные (титано-вольфрамовые) – T30K4, T15K6, T5K10, T5K12 и т. др.; трехкарбидные (титанотанталовольфрамовые) – TT7K12, TT10K8, TT8K6 и др.

В таблице 6.16 приведены рекомендуемые области применения некоторых марок быстрорежущих сталей.

Таблица 6.16

Области применения некоторых марок быстрорежущих сталей

Марка стали	Характеристика свойств	Области применения
P9	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при средних и повышенных скоростях резания, повышенная пластичность при температурах горячей деформации	Инструмент простой формы с малым объемом шлифованных поверхностей (резцы, сверла, зенкеры и др.) для обработки обычных конструкционных материалов
P18	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при малых и средних скоростях резания	Режущий инструмент всех видов, в том числе и для обработки конструкционных материалов в условиях динамических нагрузок. Для фасонных и сложных инструментов, для которых основным требованием является высокая износостойкость

Окончание табл. 6.16

Марка стали	Свойства	Области применения
P6M5, P9M4, P6M3, P8M3	Повышенная прочность, повышенная склонность к обезуглероживанию и выгоранию молибдена	То же, что и стали P18
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5M, 10P8M3, P12Ф3	Повышенные вторичная твердость и износостойкость	Для обработки высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки
P18K5Ф2, P6M5K5, P10Ф5K5, P8M3K6C, P12M3Ф2K8	Повышенные вторичная твердость и износостойкость	Для обработки высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки

Твердые сплавы группы ВК используются для обработки твердых и хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов. Двухкарбидные сплавы рекомендуются для обработки изделий из пластичных и вязких металлов и сплавов. Трехкарбидные сплавы отличаются от первых двух повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью и применяются для обработки деталей из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса.

В последние годы все более широко используются безвольфрамовые твердые сплавы ТМ1, ТМ3, ТН-20, ТН-30, ТН-40, КТН-16 и др. на основе карбидов или других соединений титана с добавками молибдена, никеля и других тугоплавких металлов.

Области рационального использования некоторых марок вольфрамовых твердых сплавов приведены в таблице 6.17.

Производительность обработки резанием существенно возрастает при использовании инструментов, оснащенных поликристаллами сверхтвердых материалов (СТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ) и синтетических алмазов (СА).

Инструментальная промышленность выпускает две группы СТМ на основе нитрида бора (композиты) и углерода (поликристаллические алмазы).

Твердость поликристаллических алмазов выше, чем твердость композитов, однако теплостойкость в 1,5–2 раза ниже. Композиты практически инертны к черным металлам, а алмазы проявляют к ним значительную активность при высоких температурах. Это приводит к тому, что инструмент из СТМ наиболее выгодно использовать на автоматических линиях, станках с ЧПУ, в гибких производственных модулях и др., т. е. там, где обеспечивается оптимальный режим резания, имеется возможность плавного ввода и вывода инструмента из контакта с обрабатываемой заготовкой, высокоэффективный контроль за его эксплуатацией.

Значительную роль при обработке резанием играют тип и геометрия режущей части инструмента, а также период стойкости, т. е. время работы в мин до затупления и необходимости заточки. При назначении указанных параметров следует пользоваться справочной литературой.

При назначении вспомогательного и измерительного инструментов указывают их наименование, тип, размер, обозначение, ГОСТ и другие необходимые сведения. При этом необходимо руководствоваться требованиями точности, быстродействия, удобства пользования, универсальности.

В единичном и мелкосерийном производствах следует применять инструмент общего назначения. В крупносерийном и массовом производствах для повышения производительности обработки и контроля размеров и технических требований предпочтительно использовать специальный инструмент (калибры, шаблоны, измерительные приспособления, приборы и автоматические устройства). Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида измеряемой поверхности и требуемой точности.

V. Проектирование инструментальных наладок.

На основные технологические операции проектируют карты наладки инструментов. После окончательного выбора инструментов оформляют схему наладки станка с вычерчиванием взаимного размещения инструментов, указанием их шифров, рабочих и холостых движений. Карта наладки инструментов должна содержать сведения о настроенных размерах режущих инструментов, траектории их движения, параметры необходимых копиров, сменных шестерен, а для станков с ЧПУ – текст управляющей программы (УП).

## Области применения для некоторых марок быстрорежущих сталей

Вид обработки	Обрабатываемый материал								
	Стали				Сплавы			Чугуны	
	углеродистые	легированные	инструментальные	коррозионно-стойкие	жаропрочные	тугоплавкие	цветные	с НВ до 240	с НВ более 240
Точение, фрезерование, строгание:									
чистовое	T30K4 T15K6 T5K10	T30K4 T14K8 T5K10	BK3M BK3	BK6M T15K6	BK6M	BK3M BK6M	BK6M T18K6	BK6M BK8	BK3M BK3 BK6M
черновое	T5K10 T5K12 TT7K12 TT10K8	T14K8 T5K10 TT10K8 T6K12	BK6 T14K8 BK8 T5K10	BK6M BK8 BK10M TT7K12	BK4 BK6 BK8 BK15M	BK8 BK10M BK15M BK6M	BK6 BK8 TT8K6 BK6M	BK6 BK6M BK8	BK6 BK8 T18K6 BK10M
Сверление:									
$l < 5D$	T5K10 BK8 T14K8	T5K10 BK10M BK8	BK8 BK10M	T5K12 BK8 BK10M	BK8 BK10M BK10M	BK8 BK6M BK10M	BK4 BK6M	BK4 BK6 BK8	BK8 BK10 BK6M
$l > 5D$	T5K12 BK8	T5K12 BK8	T5K12 BK8	T5K12 BK8	BK8 BK10M	BK6M BK8	BK4 BK6M	BK6 TT8K6	BK8 TT8K6

Проектирование инструментальных наладок осуществляют в следующем порядке:

- рассчитывают точность настройки станка на настроечные размеры, для чего определяют средний настроечный размер и величину допуска на настройку или устанавливают предельные настроечные размеры;

- намечают предварительный план размещения инструментов в суппортах и инструментальных головках по отдельным переходам. При этом нужно стремиться обеспечить одновременную работу инструментов, размещенных в разных суппортах и многолезцовых державках. Желательно предусмотреть взаимное уравнивание возникающих усилий резания. Например, обтачивание ступенчатых валов следует начинать с меньшего диаметра, а снятие фасок и подрезка торцов должны производиться одновременно с обтачиванием. Необходимо учитывать степень концентрации наладки станка, т. е. определять оптимальное количество инструментов в одной наладке. Известно, что очень большое количество инструментов усложняет процесс настройки и увеличивает время простоя под настройкой, что может привести к снижению производительности обработки.

**VI.** Выбор средств механизации и автоматизации технологического процесса и внутрицеховых транспортных средств (устройств механизированной или автоматизированной загрузки заготовок на станки и разгрузки их, межоперационных транспортных средств, средств автоматического контроля и др.).

Целесообразность использования средств механизации и автоматизации определяется на основе расчета технико-экономических показателей.

**VII.** Уточнение технологического маршрута.

После проектирования операционных карт механической обработки производят уточнение технологического маршрута.

При разработке технологического процесса наряду с отдельными операциями контроля необходимо предусматривать также элементы контроля, входящие в операции механической обработки заготовки, а также вспомогательные операции зачистки острых кромок, промывки деталей перед контролем.

При назначении операций контроля следует руководствоваться техническими требованиями чертежа детали и производственными условиями обработки заготовки.

Различают следующие формы контроля:

- 100 %-ный контроль готовых изделий;
- выборочный контроль готовых изделий;
- статистический контроль;
- активный контроль.

Необходимо отметить, что проектирование операции – многовариантная задача. Поэтому требуется оценивать возможные варианты построения операций по производительности и себестоимости, то есть руководствоваться технико-экономическими принципами проектирования.

### 6.6. Расчет и назначение припусков на обработку

Установление рациональных припусков является ответственной технико-экономической задачей. Завышение припусков ведет к непроизводительным потерям материала, превращаемого в стружку, к увеличению трудо- и энергоемкости обработки, расхода режущего инструмента и другим непроизводительным потерям. Занижение припусков сопряжено с риском повышенного брака по причине оставшейся черноты на обработанных поверхностях.

Основные документы, необходимые для решения задач расчета и назначения припусков на обработку:

- набор технологических операций и переходов обработки;
- документация на типовые, групповые или единичные технологические операции;
- нормативные материалы (справочники) по выбору припусков.

**Задача** заключается в том, чтобы для каждого технологического перехода назначить номинальное (минимальная себестоимость обработки) значение припуска, обеспечивающее заданные чертежом требования точности и шероховатости поверхностей, а также точность их взаимного расположения [7, 8].

**Исходными данными** для назначения припусков на обработку являются структура технологических переходов, выполняемых в операции, требования чертежа по точности и шероховатости обрабатываемой поверхности, точности ее расположения.

Припуски подразделяются на общие, которые указываются на чертеже заготовки, и промежуточные (переходные и операционные).

**Переходный припуск** – толщина слоя материала, удаляемого с заготовки при выполнении одного технологического перехода. Пе-

реходный припуск на обработку равен разности размеров заготовки, полученных при выполнении данного и предшествующего переходов.

**Операционный припуск** – толщина слоя материала, удаляемого с заготовки при выполнении одной технологической операции; определяется как сумма припусков на все переходы, выполняемые в данной операции. Операционный припуск на обработку равен разности размеров заготовки, полученных при выполнении данной и предшествующей операций.

**Общий припуск** – толщина слоя материала, удаляемого с заготовки при выполнении технологического процесса; определяется как сумма припусков на все операции, выполняемые в рамках данного технологического процесса.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n Z_i,$$

где  $Z_i$  – припуск на обработку для  $i$ -ой операции;  
 $n$  – количество операций.

Общий припуск на обработку равен разности между исходным размером заготовки  $A_{\text{заг}}$  и размером обработанной детали  $A_{\text{дет}}$ :

$$Z_o = A_{\text{заг}} - A_{\text{дет}}.$$

Общий припуск зависит от ряда факторов: типа производства, размеров и формы заготовки, свойств ее материала, способа ее получения (поковка, отливка и т. д.), ее жесткости, толщины дефектного поверхностного слоя, состояния оборудования, на котором ведут обработку и др.

Различают номинальные, минимальные и максимальные припуски.

**Номинальный припуск**  $Z_{i \text{ ном}}$  – разность между номинальным размером до обработки  $A_{(i-1) \text{ ном}}$  и номинальным размером после обработки на данной операции (переходе)  $A_{i \text{ ном}}$ :

$$Z_{i \text{ ном}} = A_{(i-1) \text{ ном}} - A_{i \text{ ном}}.$$

**Минимальный припуск**  $Z_{i \text{ мин}}$  – разность между минимальным предельным размером до обработки  $A_{(i-1) \text{ мин}}$  и максимальным предельным размером после обработки на данной операции (переходе)  $A_{i \text{ макс}}$ :

$$Z_{i \text{ мин}} = A_{(i-1) \text{ мин}} - A_{i \text{ макс}}.$$

**Максимальный припуск**  $Z_{i \text{ макс}}$  – разность между максимальным предельным размером до обработки  $A_{(i-1) \text{ макс}}$  и минимальным предельным размером после обработки на данной операции (переходе)  $A_{i \text{ мин}}$ :

$$Z_{i \text{ макс}} = A_{(i-1) \text{ макс}} - A_{i \text{ мин}}.$$

**Допуск припуска**  $TZ$  – разность между максимальным и минимальными значениями припуска, которая равна сумме допусков на обработку заготовки для предшествующей ( $TA_{i-1}$ ) и последующей ( $TA_i$ ) операции (перехода):

$$TZ = Z_{i \text{ макс}} - Z_{i \text{ мин}} = (A_{(i-1) \text{ макс}} - A_{(i-1) \text{ мин}}) + (A_{i \text{ макс}} - A_{i \text{ мин}}) = TA_{i-1} + TA_i.$$

Величина максимального припуска:

$$Z_{i \text{ макс}} = Z_{i \text{ мин}} + TA_{i-1} + TA_i. \quad (6.1)$$

В дипломном проекте студент использует два метода определения припусков: опытно-статистический и расчетно-аналитический.

**Опытно-статистический метод** назначения припусков предусматривает назначение общих и промежуточных припусков по справочным таблицам, составленным на основе обобщения и систематизации производственных данных. Основное преимущество метода заключается в сокращении времени проектирования технологического процесса. Существенные недостатки метода заключаются в том, что припуски назначаются без учета конкретных особенностей технологических процессов, например, общие припуски назначают без учета схемы установки заготовки и погрешностей предшествующей обработки. Как следствие, припуски оказываются завышенными.

**Расчетно-аналитический метод** определения припусков основан [8] на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующей и выполняемой операций технологического процесса обработки. К таким факторам относятся:

- высота шероховатости  $Rz_{i-1}$ , полученная на предшествующей операции (переходе) обработки данной поверхности (при выполнении первой операции (перехода), величину  $Rz_{i-1}$  принимают по исходной заготовке) (рис. 6.9);
- глубина дефектного поверхностного слоя  $h_{i-1}$ , полученная на предшествующей операции (переходе) обработки данной поверхности (рис. 6.9);
- суммарное (пространственное) отклонение  $\rho_{i-1}$  расположения обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки, полученное на предшествующей операции (переходе) обработки данной поверхности (рис. 6.10–6.12);
- погрешность  $\epsilon_i$  установки заготовки, возникающая на  $i$ -ой операции (рис. 6.13).



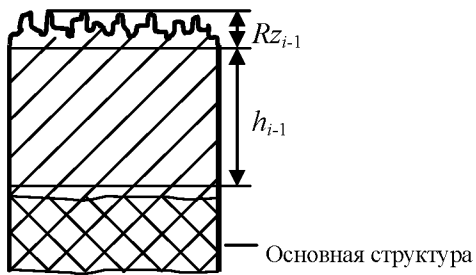


Рис. 6.9. Параметры поверхностного слоя заготовки  $Rz_{i-1}$  и  $h_{i-1}$

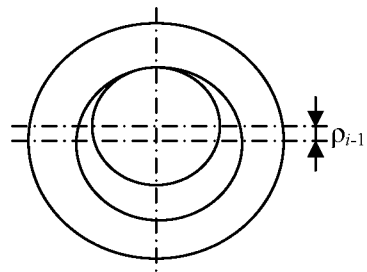


Рис. 6.10. Несоосность  $\rho_{i-1}$  наружной поверхности и отверстия во втулке

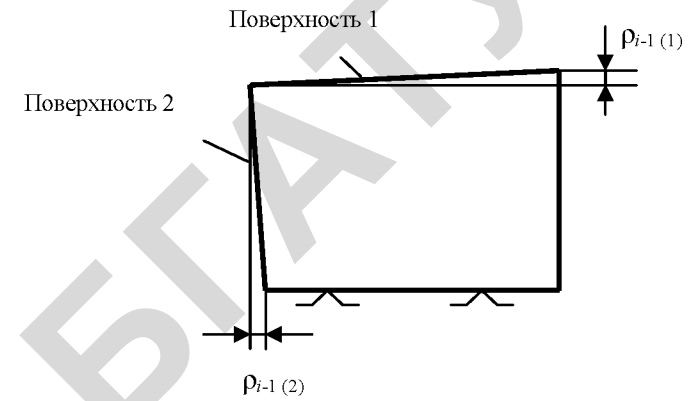


Рис. 6.12. Непараллельность  $\rho_{i-1(1)}$  обрабатываемой поверхности 1 к базовой поверхности и неперпендикулярность  $\rho_{i-1(2)}$  обрабатываемой поверхности 2 к базовой поверхности

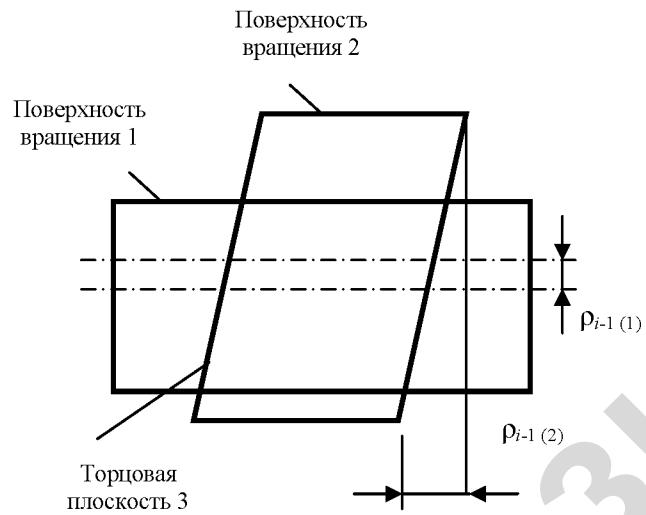


Рис. 6.11. Несоосность наружных поверхностей вращения 1 и 2 ступенчатого вала  $\rho_{i-1(1)}$  и неперпендикулярность торцевой поверхности 3 оси базовых центровочных отверстий  $\rho_{i-1(2)}$

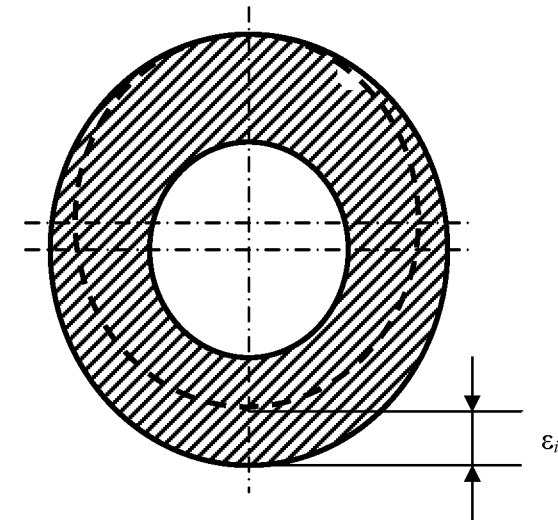


Рис. 6.13. Смещение обрабатываемой поверхности относительно базовой  $\epsilon_i$ , происходящее при обработке заготовки из-за неточности ее установки на оправке

Расчет припусков на обработку начинается с определения минимального припуска, который вычисляется путем суммирования факторов  $Rz_{i-1}$ ,  $h_{i-1}$ ,  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$ . Факторы  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$  являются векторными величинами, поэтому при их суммировании следует учитывать правило сложения векторов.

При обработке отдельно расположенных плоскостей или при последовательной обработке противоположных плоскостей векторы  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$  суммируются арифметически, т. к. они коллинеарны (параллельны) и направлены перпендикулярно обрабатываемой поверхности, соответственно, припуск на одну сторону рассчитывается по формуле

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (6.2)$$

При параллельной обработке двух противоположных плоскостей припуск на две стороны рассчитывается по формуле

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i). \quad (6.3)$$

При обработке наружных и внутренних поверхностей вращения векторы  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$  могут принимать любое угловое положение, поэтому их суммирование выполняется по правилу квадратного корня.

$$\rho_{i-1} + \varepsilon_i = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}.$$

Следовательно, припуск на диаметр при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения рассчитывается по формуле

$$2Z_{i\min} = 2\left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right). \quad (6.4)$$

На основе приведенных общих формул (6.2) – (6.4) можно рассчитать припуски для ряда отдельных случаев обработки, когда некоторые составляющие могут быть исключены из этих формул, в частности:

- при обтачивании цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, слагаемое  $\varepsilon_i$  в формуле (6.4) можно принять равным нулю, соответственно

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}); \quad (6.5)$$

- при шлифовании заготовок после поверхностной упрочняющей обработки поверхностный слой необходимо по возможности сохранить и, следовательно, необходимо 2 исключить из расчетных формул (6.2) и (6.4), соответственно:

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (6.6)$$

$$2Z_{i\min} = 2\left(Rz_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right); \quad (6.7)$$

- при развертывании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещения оси не устраняются, т. е.  $\rho_{i-1} = 0$  и в этом случае погрешности установки нет ( $\varepsilon_i = 0$ ); соответственно, формула (6.4) принимает вид

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1}); \quad (6.8)$$

- при суперфинишировании и полировании цилиндрической поверхности, когда уменьшается лишь шероховатость поверхности, припуск определяется лишь высотой шероховатости обрабатываемой поверхности и, соответственно, формула (6.4) сводится к виду

$$2Z_{i\min} = 2Rz_{i-1}. \quad (6.9)$$

При расчете минимальных припусков следует руководствоваться следующими положениями:

- припуск  $Z_{i\min}$  для валов всегда отсчитывается от их наименьших размеров, а для отверстий – от наибольших;

- погрешности размеров и формы заготовок (конусность, бочкообразность, выпуклость и т. п.), полученные на предшествующих технологических операциях (переходах) и находящиеся не всегда в пределах допуска, припуском  $Z_{i\min}$  не учитываются, так как сами способствуют увеличению его значения;

- принятое для дальнейших расчетов значение припуска  $Z_{i\min}$  не должно быть меньше такого, при котором процесс резания становится неустойчивым.

После расчета величин припусков необходимо построить схему их расположения. Пример построения схемы для варианта обработки наружной цилиндрической поверхности точением и шлифованием приведен на рисунке 6.14.

В дипломном проекте расчет припусков расчетно-аналитическим методом выполняется для одной поверхности (по согласованию с руководителем проекта), а для остальных поверхностей припуски необходимо назначить опытно-статистическим методом, руководствуясь соответствующими таблицами их значений для различных видов и условий обработки. Значения припусков для некоторых условий приведены в таблицах приложения 3.

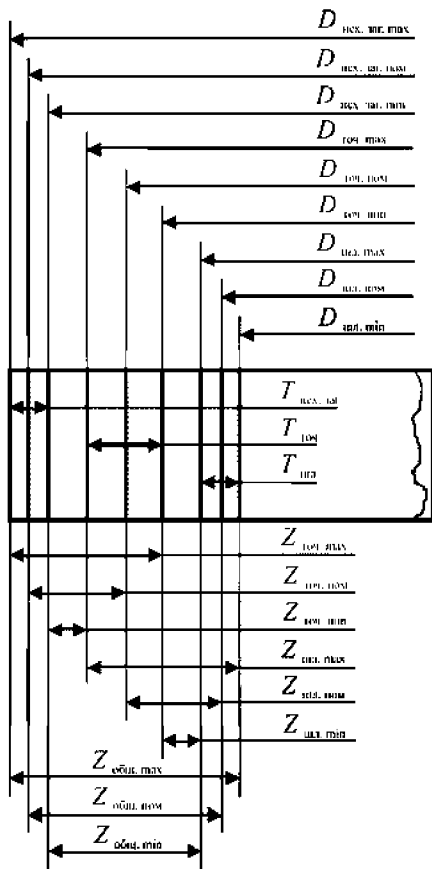


Рис. 6.14. Схема расположения припусков и допусков на обработку заготовки вала точением и шлифованием:

$D_{исх. заг. max}$ ,  $D_{исх. заг. ном}$ ,  $D_{исх. заг. min}$  – исходные максимальный, номинальный и минимальный диаметры заготовки;

$D_{точ. max}$ ,  $D_{точ. ном}$ ,  $D_{точ. min}$  – максимальный, номинальный и минимальный диаметры после точения;

$D_{шл. max}$ ,  $D_{шл. ном}$ ,  $D_{шл. min}$  – максимальный, номинальный и минимальный диаметры после шлифования;

$Z_{точ. max}$ ,  $Z_{точ. ном}$ ,  $Z_{точ. min}$  – максимальный, номинальный и минимальный припуски на точение;

$Z_{шл. max}$ ,  $Z_{шл. ном}$ ,  $Z_{шл. min}$  – максимальный, номинальный и минимальный припуски на шлифование;

$Z_{общ. max}$ ,  $Z_{общ. ном}$ ,  $Z_{общ. min}$  – общие максимальный, номинальный и минимальный припуски;

$T_{исх. заг}$  – допуск исходных размеров заготовки;

$T_{точ.}$ ,  $T_{шл.}$  – допуск размеров заготовки при точении и шлифовании

Для снижения себестоимости заготовок и удобства изготовления деталей часто на отдельных поверхностях заготовок кроме припуска оставляется дополнительный слой материала – *напуск* (рис. 6.15).

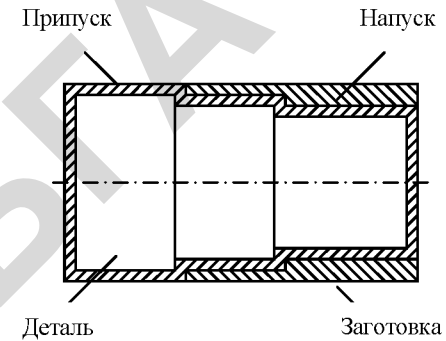


Рис. 6.15. Схематическое изображение припуска и напуска

Припуски могут быть симметричными (двухсторонними) и несимметричными (односторонними).

**Симметричный припуск** устанавливается для параллельно обрабатываемых поверхностей, подлежащих одинаковой обработке по числу и характеру операций, например, припуск на наружные и внутренние поверхности тел вращения (вал и отверстие) или припуск на две противоположные параллельные плоские поверхности.

**Несимметричный припуск** устанавливается для отдельно расположенных плоскостей или для последовательно обрабатываемых противоположных плоскостей.

Результаты расчета и назначения припусков сводятся в таблицу (по форме табл. 6.18).

Таблица 6.18

Форма таблицы расчета припусков на обработку цилиндрической поверхности

Технологическая операция обработки	Элемент припуска, мкм			Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска, мм	
	$Rz$	$h$	$P$			$Z_{min}$	$Z_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
						$d_{min}$	$d_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$

## 6.7. РАСЧЕТ И НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

### 6.7.1. Общие положения по расчету режимов резания

Аналитический расчет режимов резания по эмпирическим формулам с учетом всех справочных коэффициентов производят по указанию руководителя проекта только для одного-двух переходов. Для остальных операций технологического процесса режимы резания устанавливают по таблицам нормативных справочников с учетом всех поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные (отличающиеся от указанных в таблицах) условия резания. При расчете режимов резания следует пользоваться литературой [3–6, 8, 13].

Режимы резания металлов определяются следующими основными элементами: глубиной резания  $t$ , мм; подачей  $S$ , мм/зуб, мм/об или мм/мин; скоростью резания  $v$ , м/мин или м/с. В этом же порядке и назначают режимы резания.

**Глубина резания  $t$ :** при черновой (предварительной) обработке назначают по возможности максимальную  $t$ , равную всему припуску на обработку или большей части его; при чистовой (окончательной) обработке – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

**Подача  $S$ :** при черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из жесткости и прочности системы станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД), мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке – в зависимости от требуемых степени точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.

**Скорость резания  $V$**  рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки, которые имеют общий вид

$$V_{10} = \frac{C_v}{T^m t^x s^y}. \quad (6.10)$$

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей инструмента, применяемого для данного вида обработки, приведены в таблицах для каждого вида обработки. Вычисленная с использованием табличных данных скорость резания  $V_{10}$  учитывает конкретные значения глубины резания  $t$ , подачи  $s$ , стойкости  $T$  и действительна при определен-

ных табличных значениях ряда других факторов. Поэтому для получения действительного значения скорости резания с учетом конкретных значений упомянутых факторов вводится поправочный коэффициент  $K_V$ . Тогда действительная скорость резания  $V = V_{10} K_V$ , где  $K_V$  – произведение ряда коэффициентов. Важнейшими из них, общими для различных видов обработки, являются показатели степени, содержащиеся в этих формулах, также как и для периода стойкости  $T$ .

$K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 6.19–6.22);

$K_{ПВ}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 6.23);

$K_{ИВ}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента (табл. 6.24).

Таблица 6.19

Поправочный коэффициент  $K_{MV}$ , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$
Серый чугун	$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v}$
Ковкий чугун	$K_{MV} = \left(\frac{150}{HB}\right)^{n_v}$
<p><i>Примечание:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>\sigma_B</math> и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания.</li> <li>Коэффициент <math>K_{\Gamma}</math>, характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени <math>n_v</math>, см. в табл. 6.20.</li> </ol>	

Значения коэффициента  $K_T$  и показателей степени  $n_v$  в формуле для расчета коэффициента обрабатываемости стали  $K_{Mv}$ , приведенные в табл. 6.19

Обрабатываемый материал	Коэффициент $K_T$ для материала инструмента		Показатели степени $n_v$ , при обработке							
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами			
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава		
Сталь: углеродистая ( $C \leq 0,6\%$ ), $\sigma_B$ , МПа:										
< 450	1,0	1,0	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0		
450 – 550	1,0	1,0	1,75		-0,9		-0,9			
> 550	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9			
повышенной и высокой обрабатываемости резанием хромистая	1,2	1,1	1,75		1,05		1,0		–	1,0
	0,85	0,95							1,45	
углеродистая ( $C > 0,6\%$ )	0,8	0,9	1,5	0,9	1,35					
хромистоникелевая	0,7	0,8	1,25	1,0	0,9	1,0	1,35	1,0		

103

Продолжение табл. 6.20

Обрабатываемый материал	Коэффициент $K_T$ для материала инструмента		Показатели степени $n_v$ , при обработке					
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
хромомолибденованадиевая	0,7	0,8	1,25	1,0	0,9	1,0	1,35	1,0
хромомарганцовистая							1,0	
хромокремнистая							1,0	
хромокремнемарганцовистая	0,85	0,8	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромоникельмолибденовая							1,0	
хромомолибденоалюминиевая							1,0	
хромованадиевая	0,75	0,9	1,5	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
марганцовистая							1,0	

104

Обрабатываемый материал	Коэффициент $K_T$ для материала инструмента		Показатели степени $n$ , при обработке					
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
хромоникельвольфрамовая	0,8	0,95	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромомолибденовая								
хромоалюминиевая	0,75	0,8	1,25					
хромоникельванадиевая	0,75	0,85	1,25					
быстрорежущая	0,6	0,7	1,25					
Чугун:								
серый	–	–	1,7	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
ковкий	–	–	1,7	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Таблица 6.21

Поправочный коэффициент  $K_{MF}$ , учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов на скорость резания

Марка стали или сплава	$\sigma_B$ , МПа	Среднее значение коэффициента $K_{Mv}$	Марка стали или сплава	$\sigma_B$ , МПа	Среднее значение коэффициента $K_{Mv}$
12X18H9T	550	1,0	ХН60ВТ	750	0,48
13X11H2B2MФ	1100–1460	0,8–0,3	ХН77ТЮ	850–1000	0,40
14X17H2	800–1300	1,0–0,75	ХН77ТЮР		0,26
13X14H3B2ФР	700–1200	0,5–0,4	ХН35ВТ	950	0,50
37X12H8Г8МФ	–	0,95–0,72	ХН70ВМТЮ	1000–	0,25
45X14H14B2М	700	1,06	ХН55ВМТКЮ	1000–1250	0,25
10X11H20ТЗР	720–800	0,85	ХН65ВМТЮ	900–1000	0,20
12X21H5Т	820–10000	0,65	ХН35ВТЮ	900–950	0,22
20X23H18	600–620	0,80	ВТ3-1; ВТ3	950–	0,40
31X19H9МВБТ		0,40	ВТ5; ВТ4	750–950	0,70
15X18H12C4ТЮ	730	0,50	ВТ6; ВТ8	900–1200	0,35
ХН78Т	780	0,75	ВТ14	900–1400	0,53–0,43
ХН75МБТЮ	–	0,53	12X13	600–1100	1,5–1,2
			30X13; 40X13	850–1100	1,3–0,9

Таблица 6.22

Поправочный коэффициент  $K_{MV}$ , учитывающий влияние физико-механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания

Медные сплавы	$K_{MV}$	Алюминиевые сплавы	$K_{MV}$
Гетерогенные:		Силумин и литейные сплавы (закаленные), $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа, НВ > 60.	0,8
НВ > 140	0,7		
НВ 100–140	1,0		
Свинцовистые при основной гетерогенной структуре	1,7	Дуралюмин (закаленный), $\sigma_B = 400 \div 500$ МПа, НВ > 100	
Гомогенные	2,0	Силумин и литейные сплавы, $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, НВ < 65. Дуралюмин, $\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, НВ ≤ 100 НВ < 100	1,0
Сплавы с содержанием свинца < 10 % при основной гомогенной структуре	4,0		
Медь	8		
Сплавы с содержанием свинца > 15 %	12,0	Дуралюмин, $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа	1,2

Таблица 6.23

Поправочный коэффициент  $K_{PV}$ , учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания

Состояние поверхности заготовки					
Без литейной корки	С литейной коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминиевые сплавы
			нормальной	сильно загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6	0,9

Таблица 6.24

Поправочный коэффициент  $K_{ИВ}$ , учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента $K_{ИВ}$ в зависимости от марки инструментального материала						
	Сталь конструкционная	T5K12 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6 1,15	T30K4 1,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	–		
Сталь закаленная	HRC 35–50			HRC 51–62			
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	BK3 1,25	–	
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	–

**Стойкость  $T$**  – период работы инструмента до затупления, приводимый для различных видов обработки, соответствует условиям одноинструментной обработки. При многоинструментной обработке период стойкости  $T$  следует увеличивать. Он зависит, прежде всего, от числа одновременно работающих инструментов, отношения времени резания к времени рабочего хода, материала инструмента, вида оборудования. Ориентировочно можно считать, что период стойкости при многоинструментной обработке

$$T_{МИ} = TK_{Тн}, \quad (6.11)$$

а при многостаночном обслуживании

$$T_{МС} = TK_{Тс}, \quad (6.12)$$

где  $T$  – стойкость лимитирующего инструмента;

$K_{Тн}$  – коэффициент изменения периода стойкости при многостаночном обслуживании (табл. 6.25);

$K_{Тс}$  – коэффициент изменения периода стойкости при многостаночном обслуживании (табл. 6.26).

Таблица 6.25

Коэффициент изменения стойкости  $K_{Тн}$  в зависимости от числа одновременно работающих инструментов при равномерной их нагрузке

Число работающих инструментов	1	3	5	8	10	15
$K_{Тн}$	1	1,7	2	2,5	3	4

*Примечания:*  
 1. При равномерной нагрузке инструментов коэффициент  $K_{Тн}$  увеличивать в 2 раза.  
 2. При нагрузке инструментов с большой неравномерностью коэффициент  $K_{Тн}$  уменьшать на 25–30 %.

Таблица 6.26

Коэффициент изменения стойкости  $K_{Тс}$  в зависимости от числа одновременно обслуживаемых станков

Число обслуживаемых станков	1	2	3	4	5	6	7 и более
$K_{Тс}$	1,0	1,4	1,9	2,2	2,6	2,8	3,1

**Сила резания.** Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую  $P_z$ , определяющую расходуемую на резание мощность  $N_e$  и крутящий момент  $M$  на шпинделе станка. Силовые зависимости рассчитывают по эмпирическим формулам, значения коэффициентов и показателей степени в которых для различных видов обработки приведены в соответствующих таблицах.

Рассчитанные с использованием табличных данных силовые зависимости учитывают конкретные технологические параметры (глубину резания, подачу, ширину фрезерования и др.) и действи-



тельны при определенных значениях ряда других факторов. Их значения, соответствующие фактическим условиям резания, получают умножением на коэффициент  $K_P$  – общий поправочный коэффициент, учитывающий измененные по сравнению с табличными условия резания, представляющий собой произведение из ряда коэффициентов.

Важнейшим из них является коэффициент  $K_{MP}$ , учитывающий качество обрабатываемого материала, значения которого для стали и чугуна приведены в таблице 6.27, а для медных и алюминиевых сплавов – в таблице 6.28.

Таблица 6.27

Поправочный коэффициент  $K_{MP}$  для стали чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени $n$ при определении		
		составляющей $P_z$ силы резания при обработке резцами	крутящего момента $M$ и осевой силы $P_o$ при сверлении, рассверливании и зенкеро-вании	окружной силы резания $P_z$ при фрезеровании
Конструкционная, углеродистая и легированная сталь $\sigma_B$ , МПа: $\leq 600$ $> 600$	$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$	0,75/0,35	0,75/0,35	0,3/0,3
		0,75/0,75	0,75/0,75	0,3/0,3
Серый чугун	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чугун	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150}\right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55

*Примечание.* В числителе приведены значения показателя  $n$  для твердого сплава; в знаменателе – для быстрорежущей стали.

Таблица 6.28

Поправочный коэффициент  $K_{MP}$ , учитывающий влияние качества медных и алюминиевых сплавов на силовые зависимости

Медные сплавы	$K_{MP}$
Гетерогенные:	
НВ 120	1,0
НВ > 120	0,75
Свинцовистые при основной гетерогенной структуре и свинцовистые с содержанием свинца 10 % при основной гомогенной структуре	0,65–0,70 1,8–2,2
Гомогенные:	
Медь	1,7–2,1
С содержанием свинца > 15 %	0,25–0,45
Алюминиевые сплавы:	
Алюминий и силумин	1,0
Дуралюмин, $\sigma_B$ при МПа 250/350/350 соответственно	1,5/2,0/2,75

### 6.7.2. Точение

*Глубина резания  $t$*  при черновом точении и отсутствии ограничений по мощности оборудования, жесткости системы СПИД принимается равной припуску на обработку; при чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем. Если шероховатость обработанной поверхности  $Ra \geq 3,2$  мкм, то принимается  $t = 0,5 \div 2,0$  мм, а при  $Ra = 3,2 \dots 0,8$  мкм –  $t = 0,1 \div 0,4$  мм.

*Подача  $s$*  при черновом точении принимается [5] максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИД, прочности режущей пластины и прочности державки. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в таблице 6.29, а при черновом растачивании – в таблице 6.30. Максимальные величины подач при точении стали 45, допустимые прочностью пластины из твердого сплава, приведены в таблице 6.31. Поддачи при чистовом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца (табл. 6.32).

Таблица 6.29

Величины подач при черновом наружном точении резцами из быстрорежущей стали и с твердосплавными пластинами

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал										
		Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная					Чугун и медные сплавы					
		Подача $s$ , мм/об, при глубине резания $t$ , мм										
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12	До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
до 20	от 16×25 до 25×25	0,3–0,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20–40	от 16×25 до 25×25	0,4–0,5	0,3–0,4	–	–	–	0,4–0,5	–	–	–	–	–
40–60	от 16×25 до 25×40	0,5–0,9	0,4–0,8	0,3–0,7	–	–	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,7	–	–	–
60–100	от 16×25 до 25×40	0,6–1,2	0,5–1,1	0,5–0,9	0,4–0,8	–	0,8–1,4	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5–0,9	–	–
100–400	от 16×25 до 25×40	0,8–1,3	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5–0,9	–	1,0–1,5	0,8–1,9	0,8–1,1	0,6–0,9	–	–
400–500	от 20×30 до 40×60	1,1–1,4	1,0–1,3	0,7–1,2	0,6–1,2	0,4–1,1	1,3–1,6	1,2–1,5	1,0–1,2	0,7–0,9	–	–
500–600	от 20×30 до 40×60	1,2–1,5	1,0–1,4	0,8–1,3	0,6–1,3	0,1–1,2	1,5–1,8	1,2–1,6	1,0–1,4	0,9–1,2	0,8–1,0	–

112

Окончание табл. 6.29

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал										
		Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная					Чугун и медные сплавы					
		Подача $s$ , мм/об, при глубине резания $t$ , мм										
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12	До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
600–1000	от 25×40 до 40×60	1,2–1,8	1,1–1,5	0,9–1,4	0,8–1,4	0,7–1,3	1,5–2,0	1,3–1,8	1,0–1,4	1,0–1,3	0,9–1,2	–
1000–2500	от 30×45 до 40×60	1,3–2,0	1,3–1,8	1,2–1,6	1,1–1,5	1,0–1,5	1,6–2,4	1,6–2,0	1,4–1,8	1,3–1,7	1,2–1,7	–

113

**Примечания:**

1. Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.
2. При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.
3. При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударами табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,75–0,85.
4. При обработке закаленных сталей табличные значения подачи уменьшать, умножая на коэффициент 0,8 для стали с HRC 44 ÷ 56 и на 0,5 для стали с HRC 57 ÷ 62.

Величины подач при черновом растачивании  
резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали, мм/об

Резец или оправка		Обрабатываемый материал									
Диаметр или размеры сечения резца (оправки), мм	Вылет резца (оправки), мм	Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная					Чугун и медные сплавы				
		Подача $s$ , мм/об, при глубине резания $t$ , мм									
		2	3	5	8	12	2	3	5	8	12
Токарные и токарно-револьверные станки											
10	50	0,08					0,12–0,16	–			
12	60	0,1	0,08				0,12–0,20	0,12–0,18			–
16	80	0,1–0,2	0,15	0,1			0,20–0,30	0,15–0,25	0,1–0,18		
20	100	0,5–0,3	0,15–0,25	0,12			0,20–0,30	0,25–0,35	0,12–0,25		
25	125	0,25–0,5	0,15–0,4	0,12–0,2			0,4–0,6	0,3–0,5	0,25–0,35		
30	150	0,4–0,7	0,2–0,5	0,12–0,3			0,5–0,8	0,4–0,6	0,25–0,45		
40	200		0,25–0,6	0,15–0,4				0,6–0,8	0,3–0,8		

114

Продолжение табл. 6.30

Резец или оправка		Обрабатываемый материал									
Диаметр или размеры сечения резца (оправки), мм	Вылет резца (оправки), мм	Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная					Чугун и медные сплавы				
		Подача $s$ , мм/об, при глубине резания $t$ , мм									
		2	3	5	8	12	2	3	5	8	12
Токарные и токарно-револьверные станки											
40×40	150		0,6–1,0	0,5–0,7				0,7–1,2	0,5–0,9	0,4–0,5	
	300		0,4–0,7	0,3–0,6				0,6–0,9	0,4–0,7	0,3–0,4	
60×60	150		0,9–1,2	0,8–1,0	0,6–0,8			1,0–1,5	0,8–1,2	0,6–0,9	
	300		0,7–1,0	0,5–0,8	0,4–0,7			0,9–1,2	0,7–0,9	0,5–0,7	
75×75	300		0,9–1,3	0,8–1,1	0,7–0,9			1,1–1,6	0,9–1,3	0,7–1,0	
	500		0,7–1,0	0,6–0,9	0,5–0,7				0,7–1,1	0,6–0,8	
	800			0,4–0,7					0,6–0,8		

115

Резец или оправка		Обрабатываемый материал									
Диаметр или размеры сечения резца (оправки), мм	Вылет резца (оправки), мм	Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная					Чугун и медные сплавы				
		Подача $s$ , мм/об, при глубине резания $t$ , мм									
		3	5	8	12	20	3	5	8	12	20
Карусельные станки											
—	200	1,3– 1,7	1,2– 1,5	1,1– 1,3	0,9– 1,2	0,8– 1,0	1,5– 2,0	1,4– 2,0	1,2– 1,6	1,0– 1,4	0,9– 1,2
	300	1,2– 1,4	1,0– 1,3	0,9– 1,1	0,8– 1,0	0,6– 0,8	1,4– 1,8	1,2– 1,7	1,0– 1,3	0,8– 1,1	0,7– 0,9
	500	1,0– 1,2	0,9– 1,1	0,7– 0,9	0,6– 0,7	0,5– 0,6	1,2– 1,6	1,1– 1,5	0,8– 1,1	0,7– 0,9	0,6– 0,7
	700	0,8– 1,0	0,7– 0,8	0,5– 0,6			1,0– 1,4	0,9– 1,2	0,7– 0,9	–	–

Таблица 6.31

Величины подач, допускаемые прочностью пластины из твердого сплава, при точении конструкционной стали резцами с углом в плане  $\varphi = 45^\circ$ , мм/об

Толщина пластины, мм	Глубина резания $t$ , мм, до			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8
6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,6	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

*Примечания:*

1. В зависимости от механических свойств стали на табличные значения подачи вводить поправочный коэффициент 1,2 при  $\sigma_B = 480 \div 640$  МПа; 1,0 – при  $\sigma_B = 650 \div 870$  МПа и при  $\sigma_B = 870 \div 1170$  МПа.
2. При обработке чугуна табличное значение подачи умножать на коэффициент 1,6.
3. Табличное значение подачи умножать на поправочный коэффициент 1,4 при  $\varphi = 30^\circ$ ; 1,0 при  $\varphi = 45^\circ$ ; 0,6 при  $\varphi = 60^\circ$  и 0,4 при  $\varphi = 90^\circ$ .
4. При обработке с ударами подачу уменьшать на 20 %.

Таблица 6.32

Величины подач при чистовом точении, мм/об

Параметр шероховатости поверхности, мкм		Радиус при вершине резца $r$ , мм					
$Ra$	$Rz$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	–	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	–	0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,50	–	0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
–	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

*Примечание.* Поддачи даны для обработки сталей  $\sigma_B = 700 \div 900$  МПа и чугунов; для сталей с  $\sigma_B = 500 \div 700$  МПа значения подач умножать на коэффициент  $K_s = 0,45$ ; для сталей с  $\sigma_B = 900 \div 1000$  МПа значения подач умножать на коэффициент  $K_s = 1,25$ .

Рекомендуемые подачи при фасонном точении приведены в таблице 6.33.

Таблица 6.33

Величины подач при фасонном точении, мм/об

Ширина резца, мм	Диаметр обработки, мм			
	20	25	40	60 и более
8	0,03–0,09	0,04–0,09	0,04–0,09	0,04–0,09
10	0,03–0,07	0,04–0,085	0,04–0,085	0,04–0,085
15	0,02–0,05	0,035–0,075	0,04–0,08	0,04–0,08
20	–	0,03–0,06	0,035–0,07	0,04–0,08
30	–	–	0,03–0,06	0,035–0,07
40	–	–	–	0,03–0,06
50 и более	–	–	–	0,025–0,055

*Примечание.* Меньшие подачи брать для более сложных и глубоких профилей и твердых металлов, большие – для простых профилей и мягких металлов.

При точении канавок и отрезании заготовок величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров канавки и диаметра обработки (табл. 6.34).

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

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x s^y} \quad (6.13)$$

Величины коэффициентов  $C_V$  и показателей степени  $m$ ,  $x$ ,  $y$  приведены в таблице 6.35.

Коэффициент  $K_V$  является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки  $K_{Mz}$  (см. табл. 6.19–6.22), состояния поверхности  $K_{Mv}$  (см. табл. 6.23), материала инструмента  $K_{Mn}$  (см. табл. 6.24). При многоинструментной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно коэффициенты (см. табл. 6.25) и (см. табл. 6.26) с учетом углов в плане резцов  $K_\varphi$  и радиуса при вершине резца  $K_r$  (табл. 6.36). Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые ре-

жимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках приведены отдельно в таблице 6.37. Режимы резания при точении закаленной стали резцами из твердого сплава приведены в таблице 6.38. Режимы резания при точении и растачивании чугунов, закаленных сталей и твердых сплавов резцами, оснащенными поликристаллами композитов 01 (эльбор-Р), 05, 10 (гексанит-Р) и 10Д (двухслойные пластины с рабочим слоем из гексанита-Р) приведены в таблице 6.39.

Таблица 6.34

Величины подач при точении канавок и отрезании заготовок, мм/об

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье	Чугун, медные и алюминиевые сплавы
Токарно-револьверные станки			
до 20	3	0,06–0,08	0,11–0,14
от 20 до 40	3–4	0,1–0,12	0,16–0,19
от 40 до 60	4–5	0,13–0,16	0,20–0,24
от 60 до 100	5–8	0,16–0,23	0,24–0,32
от 100 до 150	6–10	0,18–0,26	0,3–0,4
свыше 150	10–15	0,28–0,36	0,4–0,55
Карусельные станки			
до 2500	10–15	0,35–0,45	0,55–0,60
свыше 2500	16–20	0,45–0,60	0,60–0,70
<b>Примечания:</b>			
1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм при приближении резца к оси детали до 0,5 радиуса табличные значения подачи следует уменьшить на 40–50%.			
2. Для закаленной конструкционной стали табличные значения подачи уменьшать на 30 % при HRC < 50 и на 50 % при HRC > 50.			
3. При работе резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения умножать на коэффициент 0,8.			

Таблица 6.35

Значения коэффициентов  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости резания при обработке резцами

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			$C_v$	$x$	$y$	$m$
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_b = 750$ МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	T15K6*	$s$ до 0,3	420	0,15	0,20	0,20
		$s$ св. 0,3 до 0,7	350		0,35	
		$s > 0,7$	340		0,45	
То же, резцами с дополнительным лезвием	T15K6*	$s \leq t$ $s > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Отрезание	T5K10* P18**	–	47	–	0,80	0,20
			23,7		0,66	0,25
Фасонное точение	P18**	–	22,7		0,50	0,30
Нарезание крепежной резьбы	T15K6*	–	244	0,23	0,30	0,20
	P6M5	Черновые проходы: $s \leq 2$ мм $s > 2$ мм	14,8	0,70	0,30	0,11
			30	0,60	0,25	0,08
		Чистовые проходы	41,8	0,45	0,30	0,13
Вихревое нарезание резьбы	T15K6*	–	2330	0,50	0,50	0,50
Обработка серого чугуна, HB 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK6*	$s \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	243		0,40	
Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	BK6**	$s \geq t$	324	0,40	0,20	0,28
		$s < t$	324	0,20	0,40	0,28

Окончание табл. 6.35

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			$C_v$	$x$	$y$	$m$
Отрезание	BK6**	–	68,5	–	0,40	0,20
Нарезание крепежной резьбы			83	0,45	–	0,33
Обработка ковкого чугуна, HB 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK8**	$s \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Отрезание	BK6*	–	86	–	0,4	0,20
Обработка медных гетерогенных сплавов средней твердости, HB 100–140						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18*	$s \leq 0,20$ $s > 0,20$	270 182	0,12	0,25 0,30	0,23
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_b = 100–200$ МПа, HB $\leq 65$ ; дуралюмина, $\sigma_b = 300–400$ МПа, HB $\leq 100$						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18*	$s \leq 0,20$ $s > 0,20$	485 328	0,12	0,25 0,50	0,28
* Без охлаждения. ** С охлаждением.						
<i>Примечания:</i>						
1. При внутренней обработке (расточивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.						
2. При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок резцами из быстрорежущей стали вводить поправочный коэффициент на скорость резания 0,8.						
3. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами из твердого сплава T15K6 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.						
4. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.						
5. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшать, вводя поправочный коэффициент 0,95 – при нормализации, 0,9 – при отжиге, 0,8 – при улучшении.						
6. Подача $s$ в мм/об.						

Таблица 6.36

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров резца на скорость резания

Главный угол в плане $\phi$	Коэффициент $K_{rv}$	Вспомогательный угол в плане $\phi_1$	Коэффициент $K_{r1v}$	Радиус при вершине резца $r^*$ , мм	Коэффициент $K_{rv}$
20	1,4	10	1,0	1	0,94
30	1,2	15	0,97	2	1,0
45	1,0	20	0,94	3	1,03
60	0,9	30	0,91	–	–
75	0,8	45	0,87	5	1,13
90	0,7	–	–	–	–

\* Учитывают только для резцов из быстрорежущей стали.

Таблица 6.37

Режимы резания при точении закаленной стали резцами с пластинами из твердого сплава

Подача $s$ , мм/об	Ширина прорезания, мм	Твердость обрабатываемого материала, HRC									
		35	39	43	46	49	51	53	56	59	62
Скорость резания $V$ , м/мин											
Наружное продольное точение											
0,2	–	157	135	116	107	83	76	66	48	32	26
0,3		140	118	100	92	70	66	54	39	25	20
0,4		125	104	88	78	60	66	45	33	–	–
0,5		116	95	79	71	53	–	–	–	–	–
0,6		108	88	73	64	48	–	–	–	–	–
Точение канавок											
0,05	3	131	110	95	83	70	61	54	46	38	29
0,08	4	89	75	65	56	47	41	37	31	25	19
0,12	6	65	55	47	41	35	30	27	23	18	14
0,16	8	51	43	37	32	27	23	–			
0,20	12	43	36	31	27	23	20	–			
<i>Примечания:</i>											
1. В зависимости от глубины резания на табличное значение скорости резания вводить поправочный коэффициент: 1,15 – при $t = 0,4 \div 0,9$ мм, 1,0 – при $t = 1 \div 2$ мм и 0,91 – при $t = 2 \div 3$ мм.											

Окончание табл. 6.37

2. В зависимости от параметра шероховатости на табличное значение скорости резания вводить поправочный коэффициент: 1,0 – для  $Rz = 10$  мкм; 0,9 – для  $Ra = 2,5$  мкм и 0,7 – для  $Ra = 1,25$  мкм.

3. В зависимости от марки твердого сплава на скорость резания вводить поправочный коэффициент  $K_{mv}$ :

Твердость обрабатываемого материала	HRC 35–49				HRC 50–62		
Марка твердого сплава	T30K4	T15K6	В К6	ВК8	ВК4	ВК6	ВК8
Коэффициент $K_{mv}$	1,25	1,0	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74

4. В зависимости от главного угла в плане резца вводить поправочные коэффициенты: 1,2 – при  $\varphi = 30^\circ$ ; 1,0 – при  $\varphi = 45^\circ$ ; 0,9 – при  $\varphi = 60^\circ$ ; 0,8 – при  $\varphi = 75^\circ$ ; 0,7 – при  $\varphi = 90^\circ$ .

5. При работе без охлаждения вводить на скорость резания поправочный коэффициент 0,9.

Таблица 6.38

Режимы резания при тонком точении и растачивании

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части режущего инструмента	Параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	Подача $S$ , мм/об	Скорость резания $V$ , м/мин
Сталь: $\sigma_B < 650$ МПа $\sigma_B = 650 \div 800$ МПа $\sigma_B > 800$ МПа	T30K4	1,25–0,63	0,06– 0,12	250–300 150–200 120–170
Чугун: НВ 149–163 НВ 156–229 НВ 170–241	ВК3	2,5–1,25		150–200 120–150 100–120
Алюминиевые сплавы и баббит		1,25–0,32	0,04– 0,1	300–600
Бронза и латунь			0,04– 0,08	180–500
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1. Глубина резания 0,1–0,15 мм.</p> <p>2. Предварительный проход с глубиной резания 0,4 мм улучшает геометрическую форму обработанной поверхности.</p> <p>3. Меньшие значения параметра шероховатости соответствует меньшим подачам.</p>				



Режимы резания при точении и растачивании резцами, оснащенными композитом

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Марка композита	Глубина резания $t$ , мм	Подача $s$ , мм/об	Скорость резания $v$ , м/мин
Закаленные стали, HRC 40–58	Без удара	01; 05	0,05–3,00	0,03–0,2	50–160
	С ударом	10; 10Д	0,05–1,0	0,03–0,1	40–120
Закаленные стали, HRC 58–68	Без удара	01	0,05–0,8	0,03–0,1	50–120
	С ударом	10; 10Д	0,05–0,2	0,03–0,07	10–100
Серые и высокопрочные чугуны, HB 150–300	Без удара	05; 01	0,05–3,0	0,05–0,3	300–1000
	С ударом	10; 10Д; 05; 01	0,05–3,0	0,05–0,15	300–700
Отбеленные закаленные чугуны, HB 400–600	Без удара	05; 01	0,05–2,00	0,03–0,15	80–200
	С ударом	10; 10Д	0,05–1,0	0,03–0,10	50–100
Твердые сплавы BK15, BK25 и т. п., HRA 80–86	Без удара, допускается биение	10; 10Д; 01	0,05–1,0	0,03–0,1	5–20

**Сила резания.** Силу резания  $P_{z,y,x}$  (Н), принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ). Эти составляющие рассчитывают по формуле

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y V^n K_p. \quad (6.14)$$

При точении канавок, отрезании заготовок и фасонном точении величиной  $t$  является длина лезвия резца.

Постоянная  $C_p$  и показатели степени  $x$ ,  $y$ ,  $n$  для конкретных (расчетных) условий обработки для каждой из составляющих силы резания приведены в таблице 6.40.

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение ряда коэффициентов ( $K_p = K_{MP}K_{ФР}K_{ГР}K_{ГР}$ ), учитывающих фактические условия резания. Численные значения этих коэффициентов приведены в таблице 6.41.

**Мощность резания**  $N$  (кВт) рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}. \quad (6.15)$$

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

Таблица 6.40

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени в формулах силы резания при точении

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах расчета составляющих											
			тангенциальной $P_z$				радиальной $P_y$				осевой $P_x$			
			$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$
Конструкционная сталь и стальные отливки, $\sigma_b = 750$ МПа	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	300	1,0	0,75	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,04
		Наружное продольное точение резцами с доп. лезвием	384	0,90	0,90		355	0,6	0,8		241	1,05	0,2	
		Точение канавок	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	-
		Нарезание резьбы	148	-	1,7	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 6.40

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах расчета составляющих											
			тангенциальной $P_z$				радиальной $P_y$				осевой $P_x$			
			$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$
Конструкционная сталь и стальные отливки, $\sigma_b = 750$ МПа	Быстрорежущая сталь	Наружное продольное точение, подрезание и растачивание	200		0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		Точение канавок	247		1,0		-	-	-	-	-	-	-	-
		Фасонное точение	212		0,75									
Сталь жаропрочная, 12X18H9T НВ 141	Твердый сплав	Наружное точение и растачивание	204	1,0	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	
Серый чугун, НВ 190	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	92		0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах расчета составляющих											
			тангенциальной $P_z$				радиальной $P_v$				осевой $P_x$			
			$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$
Серый чугун, НВ 190	Твердый сплав	Наружное продольное точение резцами с доп. лезвием	123	1,0	0,85		61	0,6	0,5	0	24	1,05	0,2	0
		Нарезание резьбы	103	-	1,8	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-
Серый чугун, НВ 190	Быстро-режущая сталь	Отрезание заготовок и точение канавок	158	1,0	1,0		-	-	-	-	-	-	-	-
Ковкий чугун, НВ 150	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	81			0	43				38	1,0	0,4	
			100	1,0	0,75		88	0,9	0,75	0	40	1,2	0,65	0
		Отрезание заготовок и точение канавок	139		1,0									

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах расчета составляющих											
			тангенциальной $P_z$				радиальной $P_v$				осевой $P_x$			
			$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$
Медные гетерогенные сплавы, НВ 120	Быстро-режущая сталь	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	55	1,0	0,66	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Отрезание заготовок и точение канавок	75	1,0	1,0									
Алюминий и силумин	Быстро-режущая сталь	Наружное продольное и поперечное точение, растачивание, подрезание	40	1,0	0,75									
		Отрезание заготовок и точение канавок	50	1,0	1,0									

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

Параметры		Материал режущей части инструмента	Поправочные коэффициенты			
Наименование	Величина		Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
				тангенциальной $P_z$	радиальной $P_y$	осевой $P_x$
Главный угол в плане $\phi^\circ$	30	Твердый сплав	$K_{\phi p}$	1,08	1,3	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,5	1,17
	30	Быстрорежущая сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,0	1,0	1,00
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Передний угол $\gamma^\circ$	-15	Твердый сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
	12–15	Быстрорежущая сталь		1,15	1,6	1,7
	20–25			1,0	1,0	1,0

Окончание табл. 6.41

Параметры		Материал режущей части инструмента	Поправочные коэффициенты			
Наименование	Величина		Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
				тангенциальной $P_z$	радиальной $P_y$	осевой $P_x$
Угол наклона главного лезвия $\lambda^\circ$	-5	Твердый сплав	$K_{\lambda p}$		0,75	1,07
	0			1,0	1,0	
	0			1,25	0,85	
	15			1,7	0,65	
Радиус при вершине $r$ , мм	0,5	Быстрорежущая сталь	$K_{rp}$	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,10	1,33	

### 6.7.3. Стругание, долбление

**Глубина резания.** При всех видах стругания и долбления глубину резания назначают так же, как и при точении.

**Подача.** При черновом стругании подачу  $s$ , мм/дв. ход, выбирают максимальной из допустимых значений по таблицам 6.29, 6.31 в соответствии с глубиной резания, сечением державки, прочностью пластинки; при чистовом стругании (рис. 6.16) – по таблице 6.32, при отрезании заготовок и точении канавок – по таблице 6.33.

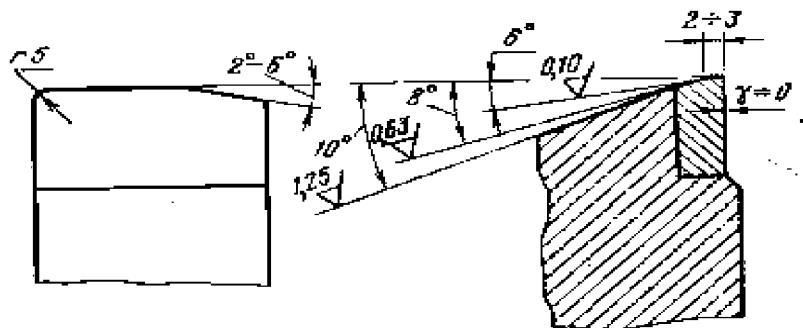


Рис. 6.16. Стругальный резец для чистовой обработки плоскостей

**Скорость резания.** При стругании плоскостей проходными резцами, при отрезании заготовок и точении канавок скорость резания рассчитывают по соответствующим формулам для точения с введением дополнительного поправочного коэффициента  $K_{ув}$ , учитывающего ударную нагрузку.

Значения коэффициента  $K_{ув}$  в зависимости от типа станка приведены в таблице 6.42.

Таблица 6.42

Значения коэффициента  $K_{ув}$  в зависимости от типа станка

Тип станка	Продольно-стругальный	Поперечно-стругальный	Долбежный
$K_{ув}$	1,0	0,8	0,6

**Сила резания.** Составляющие силы резания рассчитывают по формулам для точения.

**Мощность резания** рассчитывают по той же формуле, что и для точения при аналогичных режимах.

### 6.7.4. Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание

**Глубина резания.** При сверлении глубина резания  $t = 0,5D$  (рис. 6.17, а), при рассверливании, зенкерании и развертывании  $t = 0,5(D - d)$  (рис. 6.17, б).

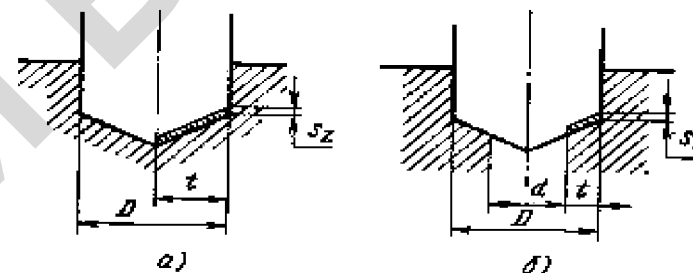


Рис. 6.17. Схема резания при сверлении (а) и рассверливании (б)

**Подача.** При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую подачу (табл. 6.43).

Таблица 6.43

Подачи при сверлении стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов сверлами из быстрорежущей стали, мм/об

Диаметр сверла D, мм	Сталь				Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	HB<160	HB 160–240	HB 240–300	HB>300	HB≤170	HB>170
2–4	0,09–0,13	0,08–0,10	0,06–0,07	0,04–0,06	0,12–0,18	0,09–0,12
4–6	0,13–0,19	0,10–0,15	0,07–0,11	0,06–0,09	0,18–0,27	0,12–0,18

Окончание табл. 6.43

Диаметр сверла D, мм	Сталь				Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	HB<160	HB 160–240	HB 240–300	HB>300	HB≤170	HB>170
6–8	0,19–0,26	0,15–0,20	0,11–0,14	0,09–0,12	0,27–0,36	0,18–0,24
8–10	0,26–0,32	0,20–0,25	0,14–0,17	0,12–0,15	0,36–0,45	0,24–0,31
10–12	0,32–0,36	0,25–0,28	0,17–0,20	0,15–0,17	0,45–0,55	0,31–0,35
12–16	0,36–0,43	0,28–0,33	0,20–0,23	0,17–0,20	0,55–0,66	0,35–0,41
16–20	0,43–0,49	0,33–0,38	0,23–0,27	0,20–0,23	0,66–0,76	0,41–0,47
20–25	0,49–0,58	0,38–0,43	0,27–0,32	0,23–0,26	0,76–0,89	0,47–0,54
25–30	0,58–0,62	0,43–0,48	0,32–0,35	0,26–0,29	0,89–0,96	0,54–0,60
30–40	0,62–0,78	0,48–0,58	0,35–0,42	0,29–0,35	0,96–1,19	0,60–0,71
40–50	0,78–0,89	0,58–0,66	0,42–0,48	0,35–0,40	1,19–1,36	0,71–0,81

*Примечание.* Приведенные подачи применяют при сверлении отверстий глубиной  $l \leq 3D$  с точностью не выше 12-го квалитета в условиях жесткой технологической системы. В противном случае вводят поправочные коэффициенты:

на глубину отверстия –  $K_{Is} = 0,9$  при  $l \leq 5D$ ;  $K_{Is} = 0,8$  при  $l \leq 7D$ ;  $K_{Is} = 0,75$  при  $l \leq 10D$ ;

на достижение более высокого качества отверстия в связи с последующей операцией развертывания или нарезания резьбы –  $K_{OS} = 0,5$ ;

на недостаточную жесткость системы СПИД: при средней жесткости  $K_{ЖС} = 0,75$ ; при малой жесткости  $K_{ЖС} = 0,5$ ;

на инструментальный материал –  $K_{ИС} = 0,6$  для сверла с режущей частью из твердого сплава.

При рассверливании отверстий подача, рекомендуемая для сверления, может быть увеличена до 2-х раз. При наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны. Их определяют умножением табличного значения подачи на соответствующий поправочный коэффициент, приведенный в примечании к таблице 6.43.

Подачи при зенкерованием приведены в таблице 6.44, а при развертывании – в таблице 6.45.

*Скорость резания* (м/мин) определяют по формулам: при сверлении –

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_V, \quad (6.16)$$

а при рассверливании, зенкерованием, развертывании –

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y} K_V. \quad (6.17)$$

Значения коэффициентов  $C_V$  и показателей степени приведены для сверления в таблице 6.46, для рассверливания, зенкерования и развертывания – в таблице 6.47, а значения периода стойкости  $T$  – в таблице 6.48.

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

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент на обрабатываемый материал (см. табл. 6.19–6.22);

$K_{IV}$  – коэффициент на инструментальный материал (см. табл. 6.24);

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 6.49).

При рассверливании и зенкерованием литых или штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент  $K_V$  (см. табл. 6.23).

*Крутящий момент*  $M_{КР}$  (Н·м) и *осевую силу*  $P_O$  (Н) рассчитывают по формулам:

при сверлении

$$M_{КР} = 10 C_M D^q s^y K_P; \quad P_O = 10 C_P D^q s^y K_P; \quad (6.18)$$

при рассверливании и зенкерованием

$$M_{КР} = 10 C_M D^q t^x s^y K_P; \quad P_O = 10 C_P D^q t^x s^y K_P. \quad (6.19)$$

Значения коэффициентов  $C_M$  и  $C_P$  и показателей степени приведены в таблице 6.52.

Таблица 6.44

Величины подач при обработке отверстий зенкерами из быстрорежущей стали и твердого сплава, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера $D$ , мм								
	До 15	Св. 15 до 20	Св. 20 до 25	Св. 25 до 30	Св. 30 до 35	Св. 35 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80
Сталь	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,9	0,8–1,0	0,9–1,1	0,9–1,2	1,0–1,3	1,1–1,3	1,2–1,5
Чугун, НВ ≤ 200 и медные сплавы	0,7–0,9	0,9–1,1	1,0–1,2	1,1–1,3	1,2–1,5	1,4–1,7	1,6–2,0	1,8–2,2	2,0–2,4
Чугун, НВ > 200	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,8	0,8–0,9	0,9–1,1	1,0–1,2	1,2–1,4	1,3–1,5	1,4–1,5

*Примечания:*  
 1. Приведенные значения подачи применять для обработки отверстий с допуском не выше 12-го качества. Для достижения более высокой точности (9–11-й качества), а также при подготовке отверстий под последующую обработку их одной разверткой или под нарезание резьбы метчиком вводить поправочный коэффициент  $K_{OS}=0,7$ .  
 2. При зенкерованием глухих отверстий подача не должна превышать 0,3–0,6 мм/об.

Таблица 6.45

Величины подач при предварительном (черновом) развертывании отверстий развертками из быстрорежущей стали, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр развертки $D$ , мм									
	До 10	Св. 10 до 15	Св. 15 до 20	Св. 20 до 25	Св. 25 до 30	Св. 30 до 35	Св. 35 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0
Чугун, НВ ≤ 200 и медные сплавы	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5,0
Чугун, НВ > 200	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8

Окончание табл. 6.45

*Примечания:*

1. Подачу следует уменьшать: а) при чистовом растачивании в один проход с точностью по 9–11-му качеству и параметром шероховатости поверхности  $Ra = 3,2 \div 6,3$  мкм или при развертывании под полирование и хонингование, умножая на коэффициент  $K_{OS} = 0,8$ ; б) при чистовом развертывании после чернового с точностью по 7-му качеству и параметром шероховатости поверхности  $Ra = 0,4 \div 0,8$  мкм, умножая на коэффициент  $K_{IS} = 0,7$ .  
 2. При развертывании глухих отверстий подача не должна превышать 0,2–0,5 мм/об.

Таблица 6.46

Значения коэффициента  $C_V$  и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача $s$ , мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			$C_V$	$q$	$y$	$m$	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B$ 750 МПа	P6M5	≤ 0,2	7,0	0,40	0,70	0,20	Есть
		> 0,2	9,8		0,50		
Сталь жаропрочная 12X18H9T, НВ 141	P6M5	–	3,5	0,50	0,45	0,12	Нет
Чугун серый, НВ 190		≤ 0,3	14,7	0,25	0,55	0,125	
	> 0,3	17,1	0,40				
Чугун серый, НВ 190	ВК8	–	34,2	0,45	0,30	0,20	Нет
Чугун ковкий, НВ 150	P6M5	≤ 0,3	21,8	0,25	0,55	0,125	Есть
		> 0,3	25,3		0,40		
Медные гетерогенные сплавы средней твердости (НВ 100–140)	ВК8	–	40,4	0,45	0,3	0,20	Нет
	P6M5	≤ 0,3	28,1	0,25	0,55	0,125	Есть
	> 0,3	32,6	0,40				



Окончание табл. 6.46

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача $s$ , мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			$C_V$	$q$	$x$	$y$	
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_b 100 \div 200$ МПа, $HB \leq 65$ ; дуралюмин, $HB < 100$	P6M5	$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,125	
		$> 0,3$	40,7		0,40		
<p>Примечание: Для сверл из быстрорежущей стали рассчитанные по приведенным данным скорости резания действительны при двойной заточке и подточенной перемычке. При одинарной заточке сверл из быстрорежущей стали рассчитанную скорость резания следует уменьшать, умножая ее на коэффициент <math>K_{зр} = 0,75</math>.</p>							

Таблица 6.47

Значения коэффициента  $C_V$  и показателей степени в формуле скорости резания при рассверливании, зенкероании и развертывании

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					Охлаждение
			$C_V$	$q$	$x$	$y$	$m$	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_b = 750$ МПа	Рассверливание	P6M5 BK8	16,2 10,8	0,4 0,6	0,2	0,5 0,3	0,2 0,25	Есть
	Зенкерование	P6M5 T15K6	16,3 18,0	0,3 0,6		0,5 0,3	0,3 0,25	
	Развертывание	P6M5 T15K6	10,5 100,6	0,3 0,3		0,2 0	0,65 0,65	
Конструкционная закаленная сталь, $\sigma_b = 800-1600$ МПа, HRC 49-54	Зенкерование	T15K6	10,0	0,6	0,3	0,6	0,45	Есть
	Развертывание		14,0	0,4	0,75	1,05	0,85	

Окончание табл. 6.47

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					Охлаждение
			$C_V$	$q$	$x$	$y$	$m$	
Серый чугун, HB 190	Рассверливание	P6M5 BK8	23,4 56,9	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	Нет
	Зенкерование	P6M5 BK8	18,8 105,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	
	Развертывание	P6M5 BK8	15,6 109,0	0,2 0,2	0,1 0	0,5 0,5	0,3 0,45	
Ковкий чугун, HB 150	Рассверливание	P6M5 BK8	34,7 77,4	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	Есть
	Зенкерование	P6M5 BK8	27,9 143,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	Есть
	Развертывание	P6M5 BK8	23,2 148,0	0,2 0,2	0,1 0	0,5 0,5	0,3 0,45	Есть Нет

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

$$K_P = K_{MP}$$

Значения коэффициента  $K_{MP}$  приведены для стали и чугуна в таблице 6.27, а для медных и алюминиевых сплавов – в таблице 6.28.

Для определения крутящего момента при развертывании каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточный резец. Тогда при диаметре инструмента  $D$  крутящий момент  $M_{кр}$  определяется по формуле

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x s_z^y D z}{2 \cdot 100}, \quad (6.20)$$

где  $S_z$  – подача, мм на один зуб инструмента, равная  $S/z$ ;

$S$  – подача, мм/об;

$Z$  – число зубьев развертки.

Значения коэффициентов и показателей степени приведены в таблице 6.50.

Средние значения периода стойкости сверл, зенкеров и разверток

Инструмент (операция)	Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость $T$ , мин, при диаметре инструмента, мм							
			До 5	6–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–80
Сверло (сверление и рассверливание)	Конструкционная углеродистая и легированная	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	–
		Твердый сплав	8	15	20	25	35	45	–	–
	Коррозионно-стойкая сталь	6	8	15	25	–	–	–	–	
	Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	20	35	60	75	105	140	170	–
		Твердый сплав	15	25	45	50	70	90	–	–
Зенкеры (зенкерование)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь, серый и ковкий чугун	Быстрорежущая сталь и твердый сплав	–	–	30	40	50	60	80	100

Окончание табл. 6.48

Инструмент (операция)	Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость $T$ , мин, при диаметре инструмента, мм							
			До 5	6–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–80
Развертки (развертывание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	–	25	40	80	80	120	120	120
		Твердый сплав	–	20	30	50	70	90	110	140
	Серый и ковкий чугун	Быстрорежущая сталь	–	–	60	120	120	180	180	180
		Твердый сплав	–	–	45	75	105	135	165	210

Таблица 6.49

Поправочный коэффициент  $K_{IV}$  на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия

Параметр	Сверление					Рассверливание, зенкерование, развертывание
	$3D$	$4D$	$5D$	$6D$	$8D$	
Глубина обрабатываемого отверстия						–
Коэффициент $K_{IV}$	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

Мощность резания  $N_e$  (кВт) определяют по формуле

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750}, \quad (6.21)$$

в которой частота вращения инструмента или заготовки  $n$  (об/мин)

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (6.22)$$

Таблица 6.50

Значения коэффициентов и показателей степени в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении, рассверливании и зенкерование

Обрабатываемый материал	Наименование операции	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени в формулах							
			крутящего момента				осевой силы			
			$C_M$	$q$	$x$	$y$	$C_P$	$q$	$x$	$y$
Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_B$ 750 МПа	Сверление	Быстро-режущая сталь	0,034 5	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
	Рассверливание и зенкерование		0,09	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
Жаропрочная сталь 12X18H9T, HB 141	Сверление		0,041	2,0	-	0,7	143	1,0	-	0,7
	Рассверливание и зенкерование		0,106	1,0	0,9	0,8	140	-	1,2	0,65
Серый чугун, HB 190	Сверление	Твердый сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	Рассверл. и зенкер.		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
	Сверление	Быстро-режущая сталь	0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
	Рассверл. и зенкер.		0,085	-	0,75	0,8	23,5	-	1,2	0,4

Окончание табл. 6.50

Обрабатываемый материал	Наименование операции	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени в формулах							
			крутящего момента				осевой силы			
			$C_M$	$q$	$x$	$y$	$C_P$	$q$	$x$	$y$
Ковкий чугун, HB 150	Сверление	Быстро-режущая сталь	0,021	2,0	-	0,8	43,3	1,0	-	0,8
	Рассверливание и зенкерование	Твердый сплав	0,01	2,2	-	0,8	32,8	1,2	-	0,75
0,17			0,8 5	0,8	0,7	38	-	1,0	0,4	
Гетерогенные медные сплавы средней твердости, HB 120	Сверление	Быстро-режущая сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
	Рассверливание и зенкерование		0,031	0,85	-	0,8	17,2	-	1,0	0,4
Силумин и дуралюмин	Сверление		0,005	2,0	-	0,8	9,8	1,0	-	0,7

*Примечание.* Рассчитанные по формуле осевые силы при сверлении действительны для сверл с подточенной перемычкой; с неподточенной перемычкой осевая сила при сверлении возрастает в 1,33 раза.

### 6.7.5. Фрезерование

Тип фрезы и ее размеры определяются габаритами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя (рис. 6.18). Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшим, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

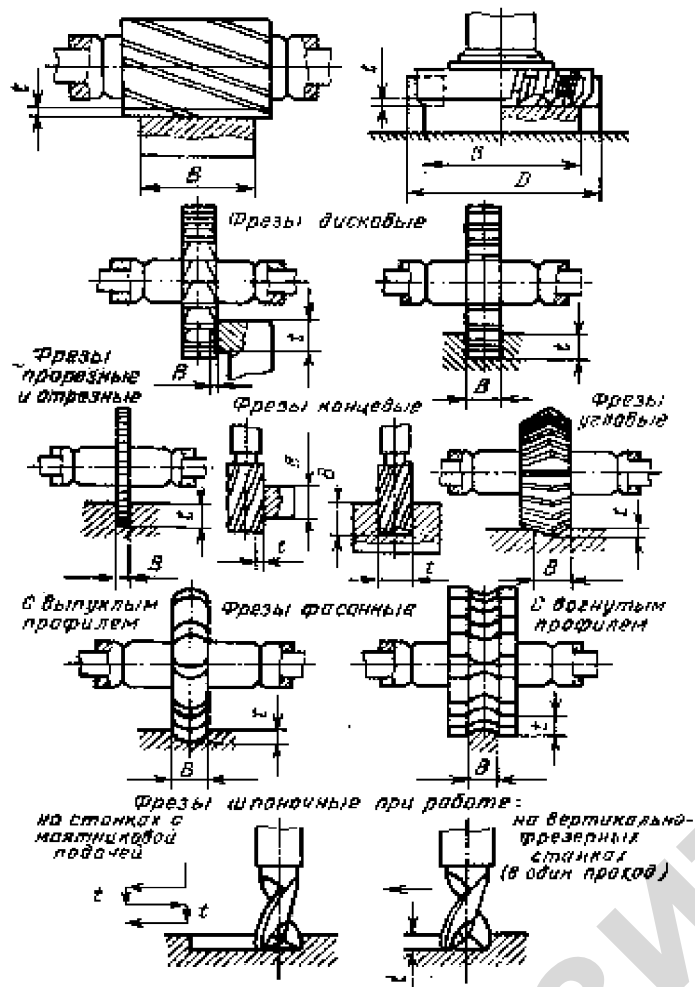


Рис. 6.18. Виды фрезерования

При торцовом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы  $D$  должен быть больше ширины фрезерования  $B$ , т. е.  $D = (1,25 \div 1,5) B$ , а при обработке стальных заготовок обязательным является их несимметричное расположение относительно фрезы: для заготовок из конструктивных углеродистых и легированных сталей – сдвиг их в направ-

лении врезания зуба фрезы, чем обеспечивается начало резания при малой толщине срезаемого слоя; для заготовок из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей – сдвиг заготовки в сторону выхода зуба фрезы из резания, чем обеспечивается выход зуба из резания с минимально возможной толщиной срезаемого слоя. Несоблюдение указанных правил приводит к значительному снижению стойкости инструмента.

Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$  определяются размерами срезаемого слоя заготовки. Во всех видах фрезерования, за исключением торцового,  $t$  измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. При фрезеровании торцовыми фрезами  $t$  измеряют в направлении, параллельном оси фрезы.

Подачу при фрезеровании различают: на один зуб фрезы  $S_z$ ; на один оборот фрезы  $S$  (мм/об); минутную  $S_M$  (мм/мин).

$$S_M = S n = S_z z n, \quad (6.21)$$

где  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин;

$z$  – число зубьев фрезы.

При черновом фрезеровании исходной является подача на один зуб  $S_z$ , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы  $S$ .

Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в таблицах 6.51–6.56.

Скорость резания – окружная скорость фрезы (м/мин) определяется по формуле

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y B^u z_p} K_V \quad (6.22)$$

Значения коэффициента  $C_V$  и показателей степени приведены в таблице 6.57, а периода стойкости  $T$  – в таблице 6.58.

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

$$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV}, \quad (6.23)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 6.19–6.22);

$K_{PV}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 6.23);

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента (табл. 6.24).

Таблица 6.51

Величины подач при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами с пластинами из твердого сплава

Мощность станка, кВт	Сталь		Чугун и медные сплавы	
	Подача на зуб фрезы $S_z$ , мм, при твердом сплаве			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5–10	0,09–0,18	0,12–0,18	0,14–0,24	0,20–0,29
Св.10	0,12–0,18	0,16–0,24	0,18–0,28	0,25–0,38

*Примечания:*

1. Приведенные значения подач для цилиндрических фрез действительны при ширине фрезерования  $B \leq 30$  мм; при  $B > 30$  мм табличные значения подач следует уменьшать на 30 %.
2. Приведенные значения подач для дисковых фрез действительны при фрезеровании плоскостей и уступов; при фрезеровании пазов табличные значения следует уменьшать в 2 раза.
3. При фрезеровании с приведенными в таблице подачами достигается параметр шероховатости поверхности  $Ra = 0,8 \div 1,6$  мкм.

Таблица 6.52

Величины подач при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали

Мощность станка или фрезерной головки, кВт	Жесткость системы заготовка-приспособление	Фрезы			
		Торцовые и дисковые		цилиндрические	
		Подача на один зуб $s_z$ , мм, при обработке			
		конструкционной стали	чугуна и медных сплавов	конструкционной стали	чугуна и медных сплавов
Фрезы с крупным зубом и фрезы со вставными ножами					
Св. 10	Повышенная	0,20–0,30	0,40–0,60	0,40–0,60	0,60–0,80
	Средняя		0,30–0,50		0,40–0,60
	Пониженная		0,10–0,15		0,20–0,30

Окончание табл. 6.52

Мощность станка или фрезерной головки, кВт	Жесткость системы заготовка-приспособление	Фрезы				
		Торцовые и дисковые		цилиндрические		
		Подача на один зуб $s_z$ , мм, при обработке				
		конструкционной стали	чугуна и медных сплавов	конструкционной стали	чугуна и медных сплавов	
5–10	Повышенная	0,12–0,20	0,30–0,50	0,25–0,40	0,30–0,50	
	Средняя		0,20–0,40		0,20–0,30	
	Пониженная		0,08–0,15		0,10–0,15	0,12–0,20
До 5	Средняя	0,06–0,07	0,15–0,30	0,08–0,12	0,10–0,18	
	Пониженная		0,10–0,20		0,08–0,15	
			0,04–0,06		0,06–0,10	0,08–0,15
Фрезы с мелким зубом						
5–10	Повышенная	0,08–0,12	0,20–0,35	0,10–0,15	0,12–0,20	
	Средняя		0,15–0,30		0,06–0,10	
	Пониженная		0,10–0,20		0,06–0,08	0,08–0,15
До 5	Средняя	0,04–0,06	0,12–0,20	0,05–0,08	0,06–0,12	
	Пониженная		0,08–0,15		0,03–0,06	0,05–0,10
			0,03–0,05			

*Примечания:*

1. Большие значения подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшие – для больших значений глубины и ширины.
2. При фрезеровании жаропрочной и коррозионностойкой стали подачи брать те же, что и для конструкционной стали, но не выше 0,3 мм/зуб.

Таблица 6.53

Величины подач при фрезеровании стальных заготовок различными фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы $D$ , мм	Тип фрезы	3	5	6	8	10	12	15
16	Концевые	0,08–0,05	0,06–0,05	–	–	–	–	–
20		0,10–0,06	0,07–0,04					
25		0,12–0,07	0,09–0,05	0,08–0,04				
35		0,16–0,10	0,12–0,07	0,10–0,05				
	Угловые и фасонные	0,08–0,04	0,07–0,05	0,06–0,04				
40	Концевые	0,20–0,12	0,14–0,08	0,12–0,07	0,08–0,05	–	–	–
	Угловые и фасонные	0,09–0,05	0,07–0,05	0,06–0,03	0,06–0,03			
	Прорезные	0,009–0,005	0,007–0,003	0,01–0,007				
50	Концевые	0,25–0,15	0,15–0,10	0,13–0,08	0,10–0,07			
	Угловые и фасонные	0,10–0,06	0,08–0,05	0,07–0,04	0,06–0,03			

Продолжение табл. 6.53

Диаметр фрезы $D$ , мм	Тип фрезы	3	5	6	8	10	12	15
50	Прорезные	0,010–0,006	0,008–0,004	0,012–0,008	0,012–0,008			
60	Угловые и фасонные	0,10–0,06	0,08–0,05	0,07–0,04	0,06–0,04	0,05–0,03		
	Прорезные	0,013–0,008	0,010–0,005	0,015–0,01	0,015–0,01	0,015–0,01		
	Отрезные	–	–	0,025–0,015	0,022–0,012	0,02–0,01		
75	Угловые и фасонные	0,12–0,08	0,10–0,06	0,09–0,05	0,07–0,05	0,06–0,04	0,06–0,03	–
	Прорезные	–	0,15–0,005	0,025–0,01	0,022–0,010	0,02–0,01	0,017–0,008	0,015–0,007
	Отрезные		0,03–0,015	0,027–0,012	0,025–0,01	0,03–0,015	0,022–0,01	0,02–0,01

Диаметр фрезы $D$ , мм	Тип фрезы	Подача на зуб $s_z$ , мм, при глубине фрезерования $t$ , мм								
		3	5	6	8	10	12	15	20	30
90	Угловые и фасонные	0,12–0,08	0,12–0,05	0,11–0,05	0,10–0,05	0,09–0,04	0,08–0,04	0,07–0,03	0,05–0,03	
	Отрезные			0,03–0,02	0,028–0,016	0,027–0,015	0,023–0,015	0,022–0,012	0,023–0,013	
110	Отрезные	–	–	0,03–0,025	0,03–0,02	0,03–0,02	0,025–0,02	0,025–0,02	0,025–0,015	
150–200				–	–	–	–	0,03–0,02	0,028–0,016	0,02–0,01

*Примечания:*

1. При фрезеровании чугуна, медных и алюминиевых сплавов подачи могут быть увеличены на 30–40 %.
2. Приведены подачи для фасонных фрез с выпуклым плавно очерченным профилем; для таких же фрез с резко очерченным или вогнутым профилем подачи должны быть уменьшены на 40 %.
3. Подачи для прорезных и отрезных фрез с мелким зубом установлены при глубине фрезерования до 5 мм, с крупным зубом – при глубине св. 5 мм.

Таблица 6.54

Величины подач при фрезеровании твердосплавными концевыми фрезами плоскостей и уступов стальных заготовок

Черновое фрезерование								
Вид элемента	$D$ фрезы, мм	Подача на зуб $s_z$ , мм, при глубине фрезерования $t$ , мм						
		1–3	5	8	12	20	30	40
Коронка	10–12	0,01–0,03	–	–	–	–	–	–
	14–16	0,02–0,06	0,02–0,04	–	–	–	–	–
	18–22	0,04–0,07	0,03–0,05	0,02–0,04	–	–	–	–
Винтовые пластинки	20	0,06–0,10	0,05–0,08	0,03–0,05	–	–	–	–
	25	0,08–0,12	0,06–0,10	0,05–0,10	0,05–0,08	–	–	–
	30	0,10–0,15	0,08–0,12	0,06–0,10	0,05–0,09	–	–	–
	40	0,10–0,18	0,08–0,13	0,06–0,11	0,05–0,10	0,04–0,07	–	–
	50	0,10–0,20	0,10–0,15	0,08–0,12	0,06–0,10	0,05–0,09	0,05–0,08	0,05–0,06
	60	0,12–0,20	0,10–0,16	0,10–0,12	0,08–0,12	0,06–0,10	0,06–0,10	0,06–0,08
Чистовое фрезерование								
Диаметр фрезы $D$ , мм		10–16		20–22		25–35		40–60
Подачи фрезы $s$ , мм/об		0,02–0,06		0,06–0,12		0,12–0,24		0,3–0,6

*Примечания:*

1. При черновом фрезеровании чугуна подачи, приведенные для чернового фрезерования стали, могут быть увеличены на 30–40 %; при чистовом фрезеровании чугуна сохраняется величина подачи, рекомендованная для чистового фрезерования стали.
2. Верхние пределы подач при черновом фрезеровании применять при малой ширине фрезерования на станках высокой жесткости, нижние пределы – при большой ширине фрезерования на станках недостаточной жесткости.
3. При работе с подачами для чистового фрезерования достигается параметр шероховатости  $Ra = 0,8 - 1,6$  мкм.

Таблица 6.55

Величины подач при чистовом фрезеровании плоскостей  
и уступов торцовыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами, мм/об

Параметр шероховатости $Ra$ , мкм	Торцовые и дисковые фрезы со вставными ножами		Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали при диаметре фрезы, мм, в зависимости от обрабатываемого материала					
	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	Конструкционная углеродистая и легированная сталь			Чугун, медные и алюминиевые сплавы		
			40–75	90–130	150–200	40–75	90–130	150–200
6,3	–	1,2–2,7	–	–	–	–	–	–
3,2	0,5–1,0	0,5–1,2	1,0–2,7	1,7–3,8	2,3–5,0	1,0–2,3	1,4–3,0	1,9–3,7
1,6	0,4–0,6	0,23–0,5	0,6–1,5	1,0–2,1	1,3–2,8	0,6–1,3	0,8–1,7	1,1–2,1
0,8	0,2–0,3	–	–	–	–	–	–	–
0,4	0,15	–	–	–	–	–	–	–

152

Таблица 6.56

Величины подач при фрезеровании стальных заготовок шпоночными фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы $D$ , мм	Фрезерование на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей при глубине фрезерования на один двойной ход, составляющий часть глубины шпоночного паза	Фрезерование на вертикально-фрезерных станках за один проход		
		Осевое врезание на глубину шпоночного паза	Продольное движение при фрезеровании шпоночного паза	
	Глубина фрезерования $t$ , мм	Подача на один зуб $s_z$ , мм		
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030
20		0,31	0,011	0,032
24		0,38	0,012	0,036
28	0,5	0,45	0,014	0,037
32		0,50	0,015	0,037
36		0,55	0,016	0,038
40		0,65	0,016	0,038

*Примечание.* Подачи даны для стали с  $\sigma_B \leq 750$  МПа; при обработке сталей более высокой прочности подачи снижают на 20–40 %.

153



Таблица 6.57

Значения коэффициента  $C_V$  и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части	Операция	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
			$B$	$t$	$s_z$	$C_V$	$q$	$x$	$y$	$u$	$p$	$m$
1	2	3	4			5						
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа												
Торцовые	T15K6* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	P6M5* <sup>2</sup>		-	-	$\leq 0,1$	64,7	0,25	0,1	0,2	0,15	0	0,2
				$> 0,1$		41	0,25	0,1	0,4	0,15	0	0,2
Цилиндрические	T15K6* <sup>1</sup>		$\leq 35$	$\leq 2$	-	390	0,17	0,19	0,28	-0,05	0,1	0,33
				$> 2$	-	443	0,17	0,38	0,28	-0,05	0,1	0,33
			$> 35$	$\leq 2$		616	0,17	0,19	0,28	0,08	0,1	0,33
			$> 2$		700	0,17	0,38	0,28	0,08	0,1	0,33	
	P6M5* <sup>2</sup>		-	-	$\leq 0,1$	55	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
					$> 0,1$	35,4	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые со вставными ножами	T15K6* <sup>1</sup>		плоскостей и уступов	-	-	$< 0,12$	1340	0,2	0,4	0,12	0	0
					$\geq 0,12$	740	0,2	0,4	0,4	0	0	0,35
		пазов	-	-	$< 0,06$	1825	0,2	0,3	0,12	0,1	0	0,35
					$\geq 0,06$	690	0,2	0,3	0,4	0,1	0	0,35

Продолжение табл. 6.57

1	2	3	4			5							
Дисковые со вставными ножами	P6M5* <sup>2</sup>	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	$\leq 0,1$	75,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
					$> 0,1$	48,5	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	
Дисковые	P6M5*		-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
Концевые с коронками	T15K6* <sup>1</sup>		-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37	
Концевые с напаянными пластинами			-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37	
Концевые			P6M5* <sup>2</sup>	-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	P6M5* <sup>2</sup>		Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

1	2	3	4			5						
Фасонные с выпуклым профилем	P6M5*2	Фасонное фрезерование	–	–	–	53	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Угловые и фасонные с вогнутым профилем		Фрезерование угловых канавок и фасонное	–	–	–	44	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Шпоночные двухперые	P6M5*2	Фрезерование шпон. пазов	–	–	–	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26
Обработка жаропрочной стали 12X18H9T в состоянии поставки												
Торцовые	BK8*1		–	–	–	108	0,2	0,06	0,3	0,2	0	0,32
	P6M5*2		–	–	–	49,6	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14
Цилиндрические	P6M5*2		–	–	–	44	0,29	0,3	0,34	0,1	0,1	0,24
Концевые	P6M5*2	Фрезерование плоскостей и уступов		–	–	22,5	0,35	0,21	0,48	0,03	0,1	0,27

1	2	3	4			5						
Обработка серого чугуна, HB 190												
Торцовые	BK6*1		–	–	–	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	P6M5*1		–	–	–	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилиндрические	BK6*1		Фрезерование плоскостей	–	<2,5	≤ 0,2	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,14
		> 0,2			588	0,47						
	P6M5*1	≥2,5		≤ 0,2	1180	0,19						
		> 0,2		750	0,37	0,40	0,47	0,23	0,14	0,42		
Дисковые со вставными ножами	P6M5*1	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	–	–	≤ 0,15	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
					> 0,15	27	0,7	0,5	0,6	0,3	0,3	0,25
Дисковые	P6M5*1					72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Концевые	P6M5*1	То же плоскостей, уступов	–	–	–	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
Прорезные и отрезные	P6M5*1	Прорезание пазов и отрезание	–	–	–	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15

1	2	3	4			5						
Обработка ковкого чугуна, HB 150												
Торцовые	ВК6* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей	-	-	≤0,18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33
					>0,18	695	0,22	0,17	0,32	0,22	0	0,33
	P6M5* <sup>2</sup>		-	-	≤0,1	90,5	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
					>0,1	57,4	0,25	0,1	0,4	0,15	0,1	0,2
Цилиндрические	P6M5* <sup>2</sup>		-	-	≤0,1	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
					>0,1	49,5	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые со вставными ножами	P6M5* <sup>2</sup>	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	≤0,1	105,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
					>0,1	68	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2
Дисковые цельные	P6M5* <sup>2</sup>	-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
Концевые	P6M5* <sup>2</sup>	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	P6M5* <sup>2</sup>	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

1	2	3	4			5							
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, HB 100–140													
Торцовые	P6M5* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей	-	-	≤0,1	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2	
					>0,1	86,2	0,25	0,1	0,4	0,15	0,1	0,2	
Цилиндрические	P6M5* <sup>1</sup>		-	-	≤0,1	115,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
					>0,1	74,3	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33	
Дисковые со вставными ножами	P6M5* <sup>1</sup>		Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	≤0,1	158,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
						>0,1	102	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2
Дисковые цельные	P6M5* <sup>1</sup>	-	-	-	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2		
Концевые	P6M5* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
Прорезные и отрезные	P6M5* <sup>1</sup>	Прорезание и отрезание	-	-	-	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	

1	2	3	4	5								
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_B = 100-200$ МПа, HB = 65 и дуралюмина, $\sigma_B = 300-400$ МПа, HB = 100												
Торцовые	P6M5* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей	-	-	>0,1	245 155	0,25 0,25	0,1 0,1	0,2 0,4	0,15 0,15	0,1 0,1	0,2 0,2
Цилиндрические	P6M5* <sup>1</sup>		-	-	>0,1	208 133,5	0,45 0,45	0,3 0,3	0,2 0,4	0,1 0,1	0,1 0,1	0,33 0,33
Дисковые со вставными ножами	P6M5* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	>0,1	285 183,4	0,25 0,25	0,3 0,3	0,2 0,4	0,1 0,1	0,1 0,1	0,2 0,2
Дисковые цельные	P6M5* <sup>1</sup>		-	-	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевые	P6M5* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей, уступов	-	-	-	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	P6M5* <sup>1</sup>	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
* <sup>1</sup> Без охлаждения. * <sup>2</sup> С охлаждением												
Примечание: Скорость резания для торцовых фрез, рассчитанная по табличным данным действительна при главном угле в плане $\varphi = 60^\circ$ . При других величинах этого угла значения скорости следует умножить на коэффициенты: при $\varphi = 15^\circ$ – на 1,6; при $\varphi = 30^\circ$ – на 1,25; при $\varphi = 45^\circ$ на 1,1; при $\varphi = 75^\circ$ – на 0,93; при $\varphi = 90^\circ$ – на 0,87.												

Таблица 6.58

Средние значения периода стойкости  $T$  фрез

Фрезы	Стойкость $T$ , мин, при диаметре фрезы, мм											
	220	225	440	660	775	990	1110	1150	2200	2250	3300	4400
Торцовые	-		120	180				240		300	400	
Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом	-			180			240	-				
Цилиндрические цельные с мелким зубом	-		120	180			-					
Дисковые	-			120		150	180	240	-			
Концевые	80	90	120	180	-							
Прорезные и отрезные	-				60	75	120	150	-			
Фасонные и угловые	-		120		180		-					

Таблица 6.59

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени в формуле окружной силы  $P_z$  при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					
		$C_p$	$x$	$y$	$u$	$q$	$w$
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа							
Торцовые	Твердый сплав Быстрорежущая сталь	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
		82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Цилиндрические	Твердый сплав Быстрорежущая сталь	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
		68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Дисковые, прорезные и отрезные	Твердый сплав Быстрорежущая сталь	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
		68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Концевые	Твердый сплав Быстрорежущая сталь	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
		68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Фасонные и угловые	Быстрорежущая сталь	47	0,86	0,72	0,1	0,86	0

Продолжение табл. 6.59

1	2	3					
Обработка жаропрочной стали 12X18H9T в состоянии поставки, HB 141							
Торцовые	Твердый сплав	218	0,92	0,78	1,0	1,15	0
Концевые	Быстрорежущая сталь	82	0,75	0,6	1,0	0,86	0
Обработка серого чугуна, HB 190							
Торцовые	Твердый сплав Быстрорежущая сталь	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
		50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Цилиндрические	Твердый сплав Быстрорежущая сталь	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
		30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Дисковые, концевые, прорезные и отрезные	Быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Обработка ковкого чугуна, HB 150							
Торцовые	Твердый сплав Быстрорежущая сталь	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
		50	0,95	0,8	1,1	1,1	0

1	2	3					
Цилиндрич., дисковые, концевые, прорезные и отрезные	Быстрорежущая сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, НВ 100-140							
Цилиндр., дисковые концевые, прорезные, и отрезные	Быстрорежущая сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0
<p>Примечания:</p> <p>1. Окружную силу <math>P_z</math> при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывать, как для стали, с введением коэффициента 0,25.</p> <p>2. Окружная сила <math>P_z</math>, рассчитанная по табличным данным, соответствует работе фрезой без затупления. При затуплении фрезы до допустимой величины износа сила возрастает: при обработке мягкой стали (<math>\sigma_B &lt; 600</math> МПа) в 1,75–1,9 раза; во всех остальных случаях – в 1,2–1,4 раза.</p>							

Таблица 6.60

Относительные значения составляющих силы резания при фрезеровании

Фрезерование	$P_H:P_z$	$P_V:P_z$	$P_Y:P_z$	$P_X:P_z$
Фрезы цилиндрические, дисковые, концевые* <sup>1</sup> , угловые и фасонные				
Встречное (против подачи)	1,1–1,2	0–0,25	0,4–0,6	$(0,2 - 0,4)tg\omega$
Попутное (в направлении подачи)	– (0,8–0,9)	0,7–0,9		
Фрезы торцевые и концевые * <sup>2</sup>				
Симметричное	0,3–0,4	0,85–0,95	0,3–0,4	0,5–0,55
Нессимметричное встречное	0,6–0,8	0,6–0,7		
Нессимметричное попутное	0,2–0,3	0,9–1,0		
* <sup>1</sup> Фрезы, работающие по схеме цилиндрического фрезерования, когда торцовые зубья в резании не участвуют.				
* <sup>2</sup> Фрезы, работающие по схеме торцового фрезерования.				
Примечание. Изменение составляющих $P_y$ и $P_x$ при торцовом фрезеровании в зависимости от главного угла в плане $\varphi$ (см. табл. 6.23).				

**Сила резания.** Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила  $P_z$  (Н):

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{MP}, \quad (6.24)$$

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

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в таблице 6.59, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала  $K_{MP}$  для стали и чугуна – в таблице 6.27, а для медных и алюминиевых сплавов – в таблице 6.28. Величины остальных составляющих силы резания: горизонтальной (сила подачи)  $P_h$ , вертикальной  $P_v$ , радиальной  $P_y$ , осевой  $P_x$  устанавливают из соотношения с главной составляющей  $P_z$  по таблице 6.60.

Составляющая, по которой рассчитывают оправку на изгиб,

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}. \quad (6.25)$$

**Крутящий момент**  $M_{кр}$  (Н·м) на шпинделе и эффективная **мощность резания**  $N_e$  (кВт) определяют соответственно

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, \quad (6.26)$$

$$N_e = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}, \quad (6.27)$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм.

### 6.7.6. Разрезание

Разрезание производят отрезными резцами, дисковыми и ленточными пилами, ножовками, абразивными кругами.

**Глубиной резания** при разрезании металла является ширина режущего инструмента.

**Подача.** Величины подач:  $S_Z$  – для дисковых пил, подача  $S_M$  – для ленточных пил и абразивных кругов приведены в таблице 6.61.

**Скорость резания.** Для дисковых пил, приводных ножовок и ленточных пил скорости резания задают в м/мин, а для абразивных кругов – в м/с. Их значения приведены в таблице 6.62.

Таблица 6.61

Величины подач при разрезании металла дисковыми и ленточными пилами, абразивными кругами

Разрезаемый металл	Подача на зуб $S_Z$ , мм, при разрезании дисковыми пилами	Подача $S_M$ при разрезании, мм/мин													
		ленточными пилами	абразивными кругами												
Сталь $\sigma_B$ , МПа: < 400 400–600 > 600	0,08–0,15	≤ 50	135–150												
	0,05–0,11														
	0,04–0,07														
Чугун	0,08–0,20	≤ 90													
Бронза		≤ 110													
Латунь		≤ 140													
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1. Подачи для дисковых пил установлены при отношении размера <math>t</math> – поперечного сечения разрезаемой заготовки, определяющего длину дуги контакта пилы с заготовкой, к окружному шагу зубьев пилы <math>q</math>, равном 10. При других значениях <math>t:q</math> на табличное значение подачи вводится поправочный коэффициент <math>K_q</math>:</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td><math>t:q \dots</math></td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>13</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td><math>K_q \dots</math></td> <td>1,5</td> <td>1,25</td> <td>1,0</td> <td>0,3</td> <td>0,6</td> </tr> </table> <p>2. Большие значения подач для дисковых пил соответствуют обработке на станках более высокой мощности.</p>				$t:q \dots$	6	8	10	13	17	$K_q \dots$	1,5	1,25	1,0	0,3	0,6
$t:q \dots$	6	8	10	13	17										
$K_q \dots$	1,5	1,25	1,0	0,3	0,6										

Таблица 6.62

Скорость резания металла дисковыми пилами, ножовками, ленточными пилами и абразивными кругами, м/мин

Разрезаемый металл	Дисковые пилы из стали		Приводные ножовки из стали		Ленточные пилы
	быстрорежущей	углеродистой	быстрорежущей	углеродистой	
Сталь конструкционная, $\sigma_B$ , МПа: < 400 400–600 > 600	26–30	18–20	38–42	28–30	16–20
	18–26	16–18	25–36	20–25	10–15
	16–22	12–16	12–21	10–15	6–12

Окончание табл. 6.62

Разрезаемый металл	Дисковые пилы из стали		Приводные ножовки из стали		Ленточные пилы
	быстрорежущей	углеродистой	быстрорежущей	углеродистой	
Инструментальная сталь	11–14	8–10	12–14	9–10	4–8
Стальное литье	14–18	10–16	–	–	–
Жаропрочная и коррозионно-стойкая сталь	8–12	8–10	–	–	–
Серый и ковкий чугун:					
НВ < 200	10–12	8–9	18–28	15–20	9–12
НВ > 200	12–13	8–9	12–14	9–10	5–8
Бронза:					
$\sigma_B < 300$ МПа	100–200	60–160	25–28	18–20	15–30
$\sigma_B > 300$ МПа	100–200	60–160	18–21	14–15	15–30
Латунь	100–200	60–160	25–36	20–25	15–40

Примечание. Скорость резания металлов абразивными кругами 50–70 м/с.

### 6.7.7. Резьбонарезание

Нарезание резьбы производят:

- наружной – резьбовыми резцами, круглыми плашками, резьбовыми головками и гребенчатыми и дисковыми фрезами;
- внутренней – резьбовыми резцами, метчиками и гребенчатыми фрезами.

**Глубина резания и подача.** При нарезании резьбы резцами различают продольную подачу  $s$ , равную шагу резьбы  $P$ , и поперечную, определяющую глубину резания  $t$ , равную высоте резьбового профиля, при нарезании резьбы за один рабочий ход или части высоты профиля, соответствующей числу рабочих ходов  $i$ , необходимых для образования резьбы. Если шаг резьбы  $P \leq 2,5$  мм, поперечная подача имеет радиальное направление  $s_p$ , и образование резьбы происходит по профильной схеме (рис. 6.19, а). Если шаг резьбы

$P > 2,5$  мм, черновые ходы выполняют по генераторной схеме с поперечной подачей  $s_5$ , параллельной боковой стороне резьбового профиля (рис. 6.19, б), оставляя припуск  $e$  на чистовые рабочие ходы, срезаемые по профильной схеме. Число рабочих ходов выбирают по таблицам 6.63, 6.64.

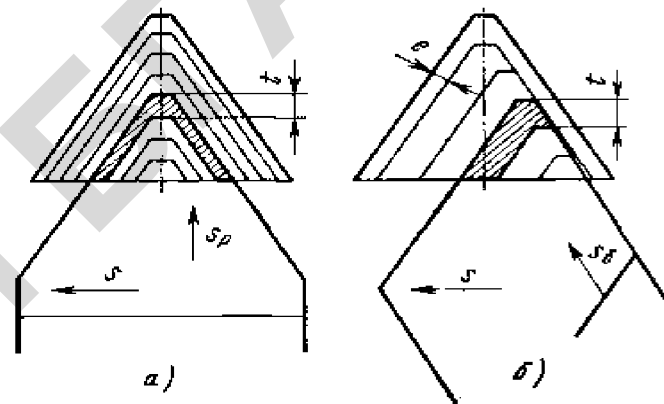


Рис. 6.19. Схемы нарезания резьбового профиля резцом

Число рабочих ходов при нарезании резьб по стали и по чугуну твердосплавными резцами

Таблица 6.63

Шаг резьбы $P$ , мм	Сталь конструкционная углеродистая и легированная				Чугун			
	Резьба наружная							
	метрическая		трапецидальная		метрическая		трапецидальная	
	Число рабочих ходов*							
	I	II	I	II	I	II	I	II
1,5	3	2	–	–	–	–	–	–
2			–	–	2	–	–	
3			5	3	3	2	4	3
4			6	4	4	5		
5			7	4	4	6		
6			8	8	5	7	4	



Окончание табл. 6.63

Шаг резьбы $P$ , мм	Сталь конструкционная углеродистая и легированная				Чугун			
	Резьба наружная							
	метрическая		трапецеидальная		метрическая		трапецеидальная	
	Число рабочих ходов*							
	I	II	I	II	I	II	I	II
8			10	5			9	
10			12				10	
12	–	–	14	6	–	–	12	5
16			18				14	
*I – черновые ходы, II – чистовые.								
<i>Примечания:</i>								
1. Число рабочих ходов указано для нарезания метрической резьбы для среднего класса точности. При нарезании точной резьбы число числовых ходов увеличивают.								
2. При нарезании внутренней метрической резьбы число черновых ходов, указанных в таблице для наружной резьбы, увеличивают на один.								
3. При нарезании метрической резьбы на жаропрочной стали 12X18H9T число ходов увеличивают на 30 %, а на закаленной стали – в 2–3 раза.								

Величины подач  $s_z$  на один резец при вихревом нарезании резцами во вращающихся головках приведены в таблице 6.65, на один зуб гребенчатой фрезы – в таблице 6.66, а на один зуб дисковой фрезы – в примечании к этой таблице. Метчики, плашки и резьбовые головки работают с самоподачей.

Таблица 6.64

Число рабочих ходов при нарезании метрической и трапецеидальной резьб резцами из быстрорежущей стали

Шаг резьбы $P$ , мм	Сталь конструкционная углеродистая		Сталь конструкционная легированная и стальные отливки		Чугун, бронза и латунь	
	Число рабочих ходов*					
	I	II	I	II	I	II
Крепежная метрическая наружная однозаходная резьба						
1,25–1,5	4	2	5	3	4	2
1,75	5	3	6	4	5	3
2,0–3,0	6		7			
3,5–4,5	7	4	9	5	6	

Окончание табл. 6.64

Шаг резьбы $P$ , мм	Сталь конструкционная углеродистая		Сталь конструкционная легированная и стальные отливки		Чугун, бронза и латунь			
	Число рабочих ходов*							
	I	II	I	II	I	II		
	Крепежная метрическая наружная однозаходная резьба							
5,0–5,5	8	4	10	5	6	4		
6,0	9		12					
Трапецеидальная наружная однозаходная резьба								
4	10	7	12	8	8	6		
6	12		14				10	9
8	14	10	17	12	12	8		
10	18		22				14	8
12	21		25				17	
16	28		33				22	
20	35		42		28			
* См. сноску к таблице 6.67.								
<i>Примечания:</i>								
1. Число ходов указано для нарезания крепежной метрической и трапецеидальной резьб средней точности. При нарезании точной метрической и трапецеидальной резьб, кроме указанного в таблице числа ходов, необходимо применять дополнительно 2–3 зачистных хода при скорости резания 4 м/мин.								
2. При нарезании многозаходных резьб указанное в таблице число ходов увеличивают на 1–2 хода для каждого захода резьбы.								
3. При нарезании внутренней резьбы число ходов увеличивают: черновых – на 20–25 %; чистовых – для метрической резьбы на один, а для трапецеидальной – на один с шагом до 8 мм и на два с шагом более 8 мм.								

Таблица 6.65

Подачи при вихревом нарезании метрической и трапецеидальной резьб резцами с пластинами из твердого сплава T15K6 на стальных деталях

Механические свойства стали		Подача на один резец $s_z$ , мм	Примечание
$\sigma_B$ , МПа	HB		
550	153–161	1,0–1,2	Бóльшие значения подачи назначать при нарезании резьбы на жестких деталях, меньшие – на деталях пониженной жесткости
650	179–192	0,8–1,0	
750	210–220	0,6–0,8	
850	235–250	0,4–0,6	

Подачи  $s_z$ , на один зуб гребенчатой резьбовой фрезы

Обрабатываемый материал	Диаметр нарезаемой резьбы, мм					
	До 30			Св. 30 до 50		
	$s_z$ , мм, при шаге нарезаемой резьбы $P$ , мм					
	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 3,5	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 4
Сталь $\sigma_b$ 800 МПа > 800 МПа	0,03–0,04	0,04–0,05	0,05–0,06	0,04–0,05	0,05–0,06	0,06–0,07
	0,02–0,03	0,02–0,03	0,03–0,04	0,03–0,04	0,03–0,04	0,04–0,05
Чугун: серый ковкий	0,05–0,06	0,06–0,07	0,07–0,08	0,06–0,07	0,07–0,08	0,08–0,09
	0,04–0,05	0,05–0,06	0,06–0,07	0,05–0,06	0,06–0,07	0,07–0,08
	Св. 50 до 76			Св. 76		
	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 4	До 2	Св. 2 до 4	
Сталь $\sigma_b$ 800 МПа > 800 МПа	0,05–0,06	0,06–0,07	0,07–0,08	0,07–0,08	0,08–0,09	
	0,03–0,04	0,04–0,05	0,05–0,06	0,04–0,05	0,05–0,06	
Чугун: серый ковкий	0,07–0,08	0,08–0,09	0,09–0,10	0,09–0,10	0,10–0,12	
	0,06–0,07	0,07–0,08	0,08–0,09	0,08–0,09	0,08–0,09	
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1. Для нарезания точных резьб подачу уменьшать на 25 %.</p> <p>2. Подачу <math>s_z</math> на один зуб дисковой фрезы при нарезании трапецеидальной резьбы принимают равной 0,3–0,6 мм в зависимости от точности резьбы.</p> <p>Метчики, плашки и резьбовые головки работают с самоподачей.</p>						

**Скорость резания.** Скорость резания (м/мин) определяется:

- при нарезании крепежной резьбы резцами с пластинами из твердого сплава – по формуле

$$V = \frac{C_V i^x}{T^m s^y} K_V; \quad (6.28)$$

- при нарезании крепежной и трапецеидальной резьб резцами из быстрорежущей стали – по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V; \quad (6.29)$$

- при вихревом нарезании метрической и трапецеидальной резьб твердосплавными резцами во вращающихся головках – по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m s^z s^y} K_V; \quad (6.30)$$

- при нарезании метрической резьбы метчиками, круглыми плашками и резьбовыми головками – по формуле

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_V; \quad (6.31)$$

- при нарезании резьбовыми гребенчатыми фрезами – по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot s_z^x \cdot s^y} \cdot K_V. \quad (6.32)$$

Значения коэффициента  $C_V$ , показателей степени и средние значения периода стойкости  $T$  для различных инструментов приведены в таблице 6.67.

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

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{CV}, \quad (6.33)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. табл. 6.19–6.23);

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий материал режущей части инструмента (см. табл. 6.24);

$K_{CV}$  – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы (принимают равным 1,0, если резьба нарезается черновым и чистовым резцами, и 0,75, если резьба нарезается одним чистовым резцом).

При нарезании резьбы с ограниченным выходом резца (в упор) и необходимости при этом ручного отвода резца скорость резания, м/мин, уменьшают, рассчитывая ее по формуле

$$V = \frac{\pi D f}{1000 \tau P}, \quad (6.34)$$

где  $D$  – номинальный диаметр резьбы, мм;

$f$  – ширина выточки для выхода резца, мм;

$P$  – шаг нарезаемой резьбы, мм;

$\tau$  – время на отвод резца и переключение станка на обратный ход, равное 0,01–0,04 мин.

Данные о стойкости для ряда инструментов ориентировочные, так как в этих случаях скорость резания не рассчитывают, а устанавливают, имея в виду, что качественная резьба при нарезании ее плашками может быть получена при скорости  $v \leq 4$  м/мин, а винторезными головками – при скорости  $V \leq 14 \div 16$  м/мин. Наиболее производительное и экономичное нарезание резьбы метчиками и гребенчатыми резьбовыми фрезами достигается при максимальных скоростях резания, допускаемых быстроходностью оборудования и мощностью его привода.

Общий поправочный коэффициент

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{TV},$$

где  $K_V$  и  $K_{IV}$  – коэффициенты, учитывающие материалы обрабатываемый и инструментальный для резьбовых резцов;

$K_{TV}$  – коэффициент, учитывающий точность нарезаемой резьбы.

Указанные коэффициенты для метчиков, плашек, резьбовых головок и резьбовых гребенчатых фрез приведены в таблице 6.68, а для остальных резьбонарезных инструментов – в таблицах 6.22 и 6.24.

**Силовые зависимости.** Тангенциальная составляющая силы резания  $P_z$  (Н) при нарезании резьбы резцами определяется

$$P_z = \frac{10 C_p P^y}{i^n} K_p, \quad (6.35)$$

крутящий момент (Н·м) при нарезании резьбы метчиками, резьбовыми головками

$$M_{KP} = 10 C_p D^q P^y K^P, \quad (6.36)$$

где  $P$  – шаг резьбы, мм;

$i$  – число рабочих ходов, устанавливаемое из таблиц 6.63, 6.64;

$D$  – номинальный диаметр резьбы, мм.

Значения коэффициентов и показателей степени в формулах скорости резания для резьбовых инструментов

Обрабатываемый материал	Метод нарезания резьбы	Материал режущей части	Условия резания или конструкции инструмента	Коэффициент и показатели степени					Период стойкости $T$ , мин
				$C_p$	$x$	$y$	$q$	$m$	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	Крепежной резцами	T15K 6	–	244,0	0,23	0,30	–	0,20	70
		P6M5	Черновые ходы $P \leq 2$ мм $P > 2$ мм	14,8 30,0	0,700 ,60	0,30 0,25	–	0,11 0,08	80
			Чистовые проходы	41,8	0,45	0,30	–	0,13	
	Трапецеидальной резцами	P6M5	Черновые проходы	32,6	0,60	0,20	–	0,14	70
			Чистовые проходы	47,8	0,50	0	–	0,18	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	Вихревое нарезание крепежной и трапецеидальной резьб	T15K6	–	2330	0,50	0,50	–	0,50	80

Окончание табл. 6.67

1	2	3	4	5					6
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	Метчиками: машинными, гаечными, гаечными автоматными	P6M5	–	64,8	–	0,5	1,2	0,90	90
				53,0		0,5	1,2	0,90	
				41,0		0,5	1,2	0,90	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	Круглыми плашками	9XC U12A	–	2,7	–	1,2	1,2	0,50	90
	Резьбонарезными головками	P6M5	Гребенки круглые и тангенци-	7,4	–	1,2	1,2	0,50	120
Серый чугун, HB 190	Гребенчатыми фрезами	P6M5	–	198,0	–	0,3	0,4	0,50	100
	Крепежными резцами	BK6	–	83,0	0,45	0	–	0,33	70
Ковкий чугун, HB 150	Гребенчатыми фрезами	P6M5	–	140,0	–	0,3	0,4	0,33	200
	Гребенчатыми фрезами	P6M5	–	245,0	–	2,0	0,5	1,0	200
Силумин	Метчиками гаечными	P6M5	–	20,0	–	0,5	1,2	0,9	90

*Примечание.* Нарезание резьбы производится с применением смазочно-охлаждающих жидкостей, рекомендованных для данного вида обработки.

Таблица 6.68

Поправочные коэффициенты на скорость резания и крутящий момент для метчиков, плашек и резьбовых головок

Обрабатываемый материал	Поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от					Поправочный коэффициент $K_{MP}$ на крутящий момент
	обрабатываемого материала, $K_{MV}$	марки инструментального материала, $K_{IV}$		класса точности резьбы, $K_{TV}$		
		Р6М5	9ХС; У10А; У12А	точный	средний	
Сталь						
Углеродистая: $\sigma_B < 600$ МПа		1,0	0,7	0,8	1,0–1,25	1,3
$\sigma_B = 600–800$ МПа	1,0					1,0
Легированная:						
$\sigma_B < 700$ МПа	0,9					1,0
$\sigma_B = 700–800$ МПа	0,8					0,85
Чугун						
Серый: HB < 140						1,0
HB 140–180	0,7					1,2
HB > 180	0,5					1,5
Ковкий	1,7					0,5

177

Таблица 6.69

Значения коэффициентов и показателей степени в формулах силовых зависимостей при нарезании резьбы

Обрабатываемый материал	Тип инструмента	Коэффициенты и показатели степени				
		$C_p$	$C_M$	$y$	$q$	$u$
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	Резцы	148	–	1,7	–	0,71
	Метчики: машинные гаечные гаечные автоматные		0,0270	1,5	1,4	–
			0,0041		1,7	
			0,0025		2,0	
	Плашки круглые		0,0450		1,1	
Резьбовые головки		0,0460				
Чугун	Резцы	103	–	1,8	–	0,82
	Метчики машинные		0,0130	1,5	1,4	–
Силумин		0,0022	1,8			

178

Коэффициенты  $C_p$  и  $C_m$  и показатели степени приведены в таблице 6.69. Поправочный коэффициент  $K_p = K_{MP}$ , учитывающий качество обрабатываемого материала, определяют для резцов по таблице 6.27, а для других инструментов – по таблице 6.68.

Мощность  $N_e$  (кВт) при нарезании резьбы определяют по формулам:  
- резцами

$$N = \frac{PV}{102 \cdot 60}, \quad (6.37)$$

- метчиками, плашками и резьбовыми головками

$$N = \frac{Mn}{975}, \quad (6.38)$$

где  $n = \frac{1000V}{\pi D}$ ;

- вихревом нарезании резьбы за один проход вращающейся головки с  $z$  резцами:

$$\text{треугольной} \quad - \quad N = \frac{0,1s^{0,5}s_z^{0,4}z^{0,5}V^{0,8}}{D^{0,7}}, \quad (6.39)$$

$$\text{трапецеидальной} \quad - \quad N = \frac{0,028s^{1,2}s_z^{0,6}z^{0,5}V^{0,8}}{D^{0,7}}. \quad (6.40)$$

При нарезании резьбы за несколько проходов, а также при нарезании нестандартной резьбы рассчитанную мощность следует умножить на отношение фактической высоты профиля, срезаемой за один проход, к высоте профиля резьбы.

### 6.7.8. Протягивание

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

**Периметр резания** зависит от формы и размеров обрабатываемой поверхности и определяется уравнением

$$\Sigma B = Bz_1/z_c,$$

где  $B$  – периметр резания, равный длине обрабатываемого контура заготовки или больше ее на величину  $1/\cos\lambda$ , при наклонном расположении зубьев под углом  $\lambda$ ;

$z_c$  – число зубьев в секции протяжки при прогрессивной схеме резания (при профильной или генераторной схемах резания  $z_c = 1$ );

$z_1$  – наибольшее число одновременно режущих зубьев, определяемое из выражения  $z_1 = l/t$ , где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм (за вычетом пазов или выточек, если таковые имеются);  $t$  – шаг режущих зубьев, мм. Вычисленное значение  $z_1$  округляют до ближайшего целого числа.

**Подача** при протягивании  $S_z$  – это подъем зуба, т. е. размерный перепад между соседними режущими зубьями протяжки (рис. 6.20).  $S_z$  определяется конструкцией протяжки.

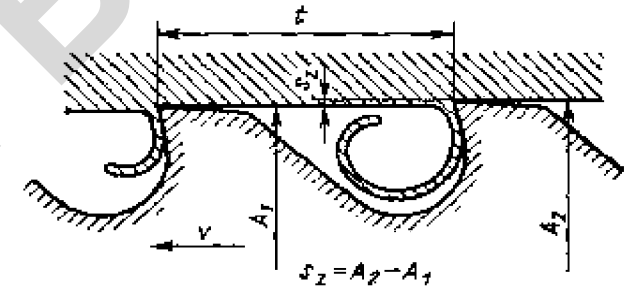


Рис. 6.20. Схема резания при протягивании

**Скорость резания** назначают в зависимости от точности и параметров шероховатости обрабатываемой поверхности. Рекомендуемые величины скорости резания выбирают по таблице 6.70 в зависимости от группы скоростей (табл. 6.71). При нормативной скорости резания заданный параметр шероховатости поверхности может быть достигнут при оптимальных значениях переднего и заднего углов, при наличии у протяжки чистовых и переходных зубьев.

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

$$V = 6120 (N/P_z) \eta, \quad (6.41)$$

где  $N$  – мощность двигателя станка, кВт;

$P_z$  – сила резания при протягивании, Н;

$\eta$  – КПД станка.

Принимают меньшее значение из сравниваемых скоростей.

Таблица 6.70

Скорости резания для протяжек из быстрорежущей стали Р6М5, м/мин

Группа скорости резания	Протяжки			
	Цилиндрические	Шлицевые	Шпоночные и для наружного протягивания	Всех типов
I	8/6	8/3	10/7	4
II	7/5	7/4,5	8/6	3
III	6/4	6/3,5	7/5	2,5
IV	4/3	4/2,5	4/3,5	2

*Примечания:*  
 1. В числителе приведены скорости резания при  $R_a = 3,2 \div 6,3$  мкм и точности 8–9-го квалитетов. В знаменателе – при  $R_a = 1,6$  мкм и точности 7-го квалитета; для протяжек всех типов – при  $R_a = 0,8 \div 0,4$  мкм.  
 2. При протягивании наружных поверхностей с допуском до 0,03 мм секциями протяжек с фасонным профилем скорость резания снижать до 4–5 м/мин.  
 3. Для протяжек из стали ХВГ табличные скорости резания снижать на 25–30 %.

Таблица 6.71

Группы скорости резания при протягивании стали и чугуна

Твердость, HB	Сталь						
	углеродистая и автоматная	марганцовистая и хромованадиевая	хромистая	хромомолибденовая	хромокремнистая и кремнемарганцовистая	хромомарганцовистая	хромокремнемарганцовистая
До 156	IV	–	–	–	–	–	–
Св. 156 до 187	III	III	II	II	–	II	–
Св. 187 до 197	II		I		I	–	–
Св. 197 до 229	I	II	II	II	II	II	II
Св. 229 до 269					II		
Св. 269 до 321	II	III	III	III	IV	III	III

181

Окончание табл. 6.71

Твердость, HB	Сталь						Чугун	
	никелевая	хромоникелевая	хромомарганцовомолибденовая	никельмолибденовая	хромомарганцовистотитановая	хромоникельмолибденовая	серый	ковкий
До 156	–	–	–	–	–	–	–	–
Св. 156 до 187	–	III	–	–	–	–	I	I
Св. 187 до 197	IV	–	–	III	–	–	–	–
Св. 197 до 229	III	II	I	III	II	–	II	–
Св. 229 до 269	III	–	II	II	–	III	–	–
Св. 269 до 321	–	III	III	III	–	IV	–	–

Сила резания (Н) при протягивании определяется по формуле

$$P_z = P \sum B,$$

где  $P$  – сила резания на 1 мм длины лезвия (Н), зависящая от обрабатываемого материала и величины подачи  $S_z$ , мм, на один зуб протяжки (табл. 6.72).

Таблица 6.72

Сила резания  $P$  (Н), приходящаяся на 1 мм длины лезвия зуба протяжки

Подача на один зуб $S_z$ , мм	Обрабатываемый материал								
	Углеродистая сталь			Легированная сталь			Чугун		
	HB 197	HB 198-229	HB > 229	HB 197	HB 198-229	HB > 229	серый		
							HB 180	HB > 180	ковкий
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75	
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89	73

182

Окончание табл. 6.72

Подача на один зуб $S_z$ , мм	Обрабатываемый материал								
	Углеродистая сталь			Легированная сталь			Чугун		
	HB 197	HB 198-229	HB>229	HB 197	HB 198-229	HB>229	серый		ковкий
							HB 180	HB>180	
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89	73
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115	94
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134	109
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166	134
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200	164
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236	192
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268	220
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303	250
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336	276
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370	302
0,20	427	473	562	576	620	685	360	402	326
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427	349
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465	376
0,30	564	615	730	785	845	933	476	522	431

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

### 6.7.9. Шлифование

Разработку режима резания при шлифовании начинают с установления характеристики абразивного инструмента. При выборе инструмента при шлифовании рекомендуется пользоваться литературой [5]: Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т.; под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 2002. – Т. 2. – с. 242–258.

На практике характеристика абразивного инструмента уточняется в процессе пробной эксплуатации с учетом конкретных технологических условий.

Основные параметры резания при шлифовании:

$v_3$  – скорость вращательного или поступательного движения заготовки (м/мин);

$t$  – глубина шлифования (мм). Это слой металла, снимаемый периферией или торцом круга в результате поперечной подачи на каждый ход или двойной ход при круглом или плоском шлифовании и в результате радиальной подачи  $s_p$  при врезном шлифовании;

$s$  – продольная подача. Это перемещение шлифовального круга в направлении его оси в миллиметрах на один оборот заготовки при круглом шлифовании или в миллиметрах на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга (табл. 6.73).

Эффективная мощность  $N_e$  (кВт) определяется по формуле:

- при шлифовании периферией круга с продольной подачей

$$N_e = C_N V_3^r t^x s^y d^q; \quad (6.42)$$

- при врезном шлифовании периферией круга

$$N_e = C_N V_3^r s_p^y d^q b^z; \quad (6.43)$$

- при шлифовании торцом круга

$$N_e = C_N V_3^r t^x b^z, \quad (6.44)$$

где  $d$  – диаметр шлифования (мм);

$b$  – ширина шлифования (мм), равная при круглом врезном шлифовании – длине шлифуемого участка заготовки, а при шлифовании торцом круга – поперечному размеру поверхности заготовки.

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени в формулах 6.38–6.40 приведены в таблице 6.74.



Параметры режимов резания при различных видах шлифования, заточки и доводки

Обрабатываемый материал	Характеристика процесса шлифования	Скорость круга $v_k$ , м/с	Скорость заготовки $v_z$ , м/мин	Глубина шлифования $t$ , мм	Продольная подача $s$	Радиальная подача $s_r$ , мм/об	
Круглое наружное шлифование							
Конструкционные металлы и инструментальные стали	С продольной подачей на каждый ход:	30–35	12–25	0,01–0,025	(0,3–0,7)В	–	
	предварительное						
	окончательное		15–55	0,005–0,015	(0,2–0,4)В		
	С продольной подачей на двойной ход:		20–30	0,015–0,05	(0,3–0,7)В		
	Врезное:		30–50	–	–		0,0025–0,075
	предварительное						
	окончательное		20–40	–	–		0,001–0,005

Продолжение табл. 6.73

1	2	3	4	5	6	7
Твердые сплавы	С продольной подачей:	20–30	10–20	0,0075–0,01	0,5–0,8	–
	предварительное					
	окончательное	30–35	20–30			
Круглое внутреннее шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные стали	на станках общего назначения:	30–35	20–40	0,005–0,02	(0,4–0,7)В	–
	предварительное					
	окончательное		0,0025–0,01	(0,25–0,4)В		
	на полуавтоматических станках:		50–150	0,0025–0,005	(0,4–0,75)В	
	предварительное					
	окончательное		0,0015–0,0025	(0,25–0,4)В		
Твердые сплавы	на полуавтоматических станках:	10–25	20–30	0,005–0,01	0,4–0,5	–
	предварительное					
	окончательное	15–30	25–50			

1	2	3	4	5	6	7
Круглое бесцентровое шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные стали	На проход: предварительное при $d \leq 20$ мм предварительное при $d > 20$ мм	30–35	20–120	0,02–0,05 0,05–0,2	0,5–3,8 м/мин	–
	окончательное		40–120	0,0025–0,01	1,2–2,0 м/мин	
	Врезное: предварительное		10–45	–	–	
	окончательное		10–30			0,001–0,005
Плоское шлифование периферией круга						
Конструкционные металлы инструментальные стали	На станках с круглым столом: предварительное	30–35	20–60	0,005–0,015	(0,3–0,6)В	–
	окончательное		40–60	0,005–0,01	(0,2–0,25)В	–

1	2	3	4	5	6	7
Конструкционные металлы и инструментальные стали	На станках с прямоугольным столом в серийном производстве: предварительное	30–35	8–30	0,015–0,04	(0,4–0,7)В	–
	окончательное		15–20	0,005–0,015	(0,2–0,3)В	
	На станках с прямоугольным столом инструментального типа:	30–35	3–8	0,05–0,15	мм/ход 1,0–2,0	
	предварительное					
окончательное			0,01–0,015	1,0–1,5		
Твердые сплавы	Те же станки: предварительное	20–30	4–5	0,03–0,04	мм/ход 0,5–1,0	–
	окончательное	25–35	2–3	0,01–0,02	0,3–0,4	

1	2	3	4	5	6	7	
Плоское шлифование торцом круга							
Конструкционные металлы и инструментальные стали	На станках с прямоугольным столом:	25–30	4–12	0,015–0,04	–	–	
	предварительное						
	окончательное						
	На станках с круглым столом с вертикальной подачей на каждый оборот стола:	25–30	10–40	0,015–0,03			
							предварительное
							окончательное
	На станках с круглым столом однопроходного шлифования с автоматической подачей заготовок:	25–30	2–3	0,1–0,15			–

681

1	2	3	4	5	6	7
	предварительное					
	окончательное			0,005		
Заточка и доводка режущих инструментов						
Инструментальные стали	Заточка	18–25	1,0–3,0	$t = 0,02–0,04$ мм/дв.ход	–	–
	Доводка	18–32	0,5–1,5	$t = 0,005–0,01$ мм/дв.ход		
	Доводка*	15	1,0–1,5	$t = 0,01$ мм/дв.ход		
Закаленные стали	Предварительная заточка	20–25	1,5–2,0	$t = 0,03$ мм/дв.ход	–	–
	Чистовая заточка	20–30	1,0–2,0	$t = 0,01–0,02$ мм/дв.ход		
	Доводка*	20–30	0,1–0,7	$t = 0,005–0,02$		
*Инструмент – алмазные круги						
Примечания:						
1. $B$ – толщина круга, мм.						
2. Для расчета мощности при круглом шлифовании, если значение продольной подачи приведено в м/мин, то продольную подачу вычисляют в мм/об заготовки по формуле: $s$ (мм/об) = $s$ (м/мин) $(\pi d / 1000 V_3)$ , где $d$ – диаметр заготовки.						

061

Значения коэффициента и показателей степени в формулах мощности при шлифовании

Вид шлифования	Обраб. материал	Шлифовальный круг		Коэффициент и показатели степени					
		Зернистость	Твердость	$C_N$	$R$	$x$	$y$	$q$	$z$
Круглое наружное:	СЗН	50–40	СМ1–СМ2	1,3	0,75	0,85	0,7	–	–
с поперечной подачей на двойной ход									
с поперечной подачей на каждый ход		50	СМ2	2,2	0,5	0,5	0,55		
		40	СМ1–С1	2,65	0,5	0,5	0,55		
врезное		50	С1	0,14	0,8	0,8	–	0,2	1,0
Круглое внутреннее	СН	40	С1	0,27	0,5	0,4	0,4	0,3	–
	СЗ	50–40	СМ1–С1	0,36	0,35				
		25	СМ1	0,3	0,35				
	Ч	40	СМ1	0,81	0,55	1,0	0,7		

Продолжение табл. 6.74

1	2	3		4					
Круглое бесцентровое:	СН	40–25	С1–СТ1	0,1	0,85	0,6	0,7	0,5	–
		25	СМ2	0,075					
на проход	СЗ	40	СМ1–С1	0,28	0,6	0,6	0,5	0,5	–
		25	СМ1–С1	0,34					
врезное	СЗН	40	СМ1–С1	0,07	0,65	0,65	–	0,5	
Плоское: периферией круга на станках: с прямоугольным столом с круглым столом	СН	50	СМ2	0,52	1,0	0,8	0,8	–	–
			С1	0,59					
	СТ2	0,68							
		50–40	М3–С1	0,53	0,8	0,65	0,7		
	СЗ	50–40	М3–СМ1	0,7	0,7	0,5	0,5		
Плоское торцом круга на станках: с прямоугольным столом	СН	125	М2	0,17* <sup>1</sup>	0,7	0,5	–	–	–
		125	С1	0,39* <sup>1</sup>					
		125	С1	0,59* <sup>1</sup>					
			80–50	М1–СМ2 М3	1,9* <sup>2</sup>	0,5			
		50	1,31* <sup>3</sup>						

1	2	3		4					
Плоское торцом круга на станках: с прямоугольным столом	СЗ	80–50	М1–СМ2 М3	5,2* <sup>2</sup> 3,8* <sup>3</sup>	0,3	0,25	–	–	0,3
	Ч	80–50	СМ1–СМ2	4,0* <sup>2</sup>	00,4	0,4			0,45
		50	СМ2	2,6* <sup>3</sup>					
<p>*<sup>1</sup> Круги на бакелитовой связке; во всех остальных случаях связка керамическая.  *<sup>2</sup> Круг кольцевой.  *<sup>6</sup> Круг сегментный.</p> <p><i>Примечания:</i>  1. СЗН – сталь закаленная и незакаленная; СЗ – сталь закаленная; СН – сталь незакаленная; Ч – чугун.  2. Абразивный материал: электрокорунд – при обработке стали, карборунд – при обработке чугуна.</p>									

## 6.8. НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

В широком смысле под техническим нормированием понимают установление технически обоснованных норм (технических норм) расхода производственных ресурсов (энергии, сырья, материалов, инструмента, рабочего времени и т. д.).

Каждая операция технологического процесса должна иметь технические нормы. Техническая норма времени – регламентированное время, необходимое для выполнения определенной операции, которое устанавливается расчетным путем для наиболее благоприятных для данного производства условий (при рациональном использовании труда рабочих и технологического оборудования с учетом передового производственного опыта). Она используется для оценки производительности и себестоимости.

Техническая норма времени на изготовление одного изделия  $T_{\text{н}}$  (обработку одной заготовки или сборку одной сборочной единицы) определяется как сумма  $T_{\text{н}} = \sum t_{\text{шт}}$ , в которой  $t_{\text{шт}}$  – норма штучного времени (или штучное время) рассчитывается по формуле

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_b + t_{o.o} + t_{т.о} + t_{\text{п}}, \quad (6.45)$$

где  $t_o$  – основное (технологическое) время, затрачиваемое непосредственно на изготовление изделия (изменение формы, размеров и качества поверхности заготовки в случае механической обработки или изменение взаимного положения деталей и их соединение в случае сборки);

$t_b$  – вспомогательное время, затрачиваемое на различные вспомогательные действия рабочего, непосредственно связанные с основной работой (установка, закрепление и снятие обрабатываемой заготовки, пуск и остановка станка, измерения, изменение режимов работы и т. п.);

$t_{o.o}$  – время организационного обслуживания рабочего места, затрачиваемое на уход за рабочим местом в течение смены (раскладка и уборка инструмента; осмотр, очистка и смазка оборудования и т. п.);

$t_{т.о}$  – время технического обслуживания рабочего места, затрачиваемое на уход за рабочим местом в процессе выполнения работы (подналадка станка; смена, правка, заточка инструмента; удаление стружки во время работы и т. п.);

$t_{\text{п}}$  – время перерывов в работе, включая перерывы на отдых (если он предусмотрен условиями работы) и личные физиологические потребности.

В структуре штучного времени доминирующим является основное (технологическое) время, для расчета которого применительно к конкретным видам обработки используются различные формулы, имеющиеся в справочной технической литературе. В частности, при механической обработке на станках основное время определяется по формуле

$$t_o = \frac{Li}{s_m} = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}})i}{ns_o}, \quad (6.46)$$

где  $L$  – расчетная длина обработки (длина перемещения заготовки или инструмента в направлении подачи), мм (рис. 6.21);

$l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{\text{вр}}$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{пер}}$  – длина перебега (схода) инструмента в направлении подачи, мм;

$i$  – число проходов;

$s_m = ns_o$  – величина относительного перемещения заготовки или инструмента в направлении подачи в одну минуту, мм/мин;

$n$  – частота вращения (шпинделя, фрезы и т. п.);

$s_o$  – подача на один оборот (заготовки, фрезы и т. п.).

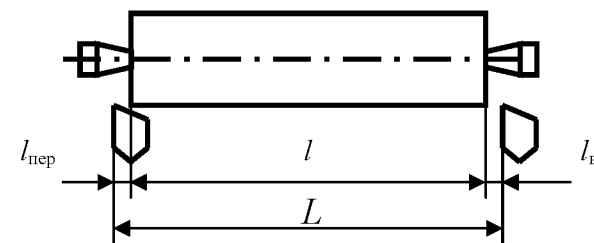


Рис. 6.21. Схема расчета длины рабочего хода инструмента

В серийном производстве, когда обработке подвергается партия заготовок, дополнительно рассчитывается подготовительно-заключительное время  $t_{\text{п.з}}$ , включающее время на подготовку к обработке партии заготовок, и время на выполнение действий, связанных с

окончанием обработки партии заготовок. Техническая норма времени на операцию, связанную с обработкой партии заготовок, с учетом подготовительно-заключительного времени, определяется по формуле

$$T_{\text{п}} = t_{\text{шт}} N_{\text{парт}} + t_{\text{п.з}}, \quad (6.47)$$

где  $N_{\text{парт}}$  – число заготовок в партии.

Тогда штучно-калькуляционное время, необходимое для обработки одной заготовки:

$$t_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п}}}{N_{\text{парт}}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{N_{\text{парт}}}. \quad (6.48)$$

Наряду с нормой времени для каждой операции устанавливается норма выработки  $H_{\text{в}}$  – регламентированное количество изделий, которое должно быть обработано или изготовлено в единицу времени (минуту, час, смену). Норма выработки за смену рассчитывается по формуле

$$H_{\text{в}} = \frac{T_{\text{см}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (6.49)$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены.

Формулы расчета основного времени ( $t_{\text{o}}$ ) для различных видов обработки приведены в таблице П4.1 (прил. 4). Значения остальных составляющих штучного времени, входящих в уравнение 6.45, назначаются на основе данных таблиц П4.2–П4.39 (прил. 4) [5, 14, 15].

## 6.9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В САПР ТП

### 6.9.1. Функции САПР ТП

Исходной информацией для системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей являются:

- сведения о составе изделия, формируемые в диалоговом режиме на базе конструкторско-технологической спецификации и представляющие собой список обозначений изделий (узлов), сборочных единиц (подузлов), деталей;
- информация о детали: общие сведения (наименование, обозначение, материал, масса и др.);
- геометрическая информация с электронного или выполненного на бумажных носителях чертежа с заданием исходных данных на входном языке САПР ТП [10, 12–15].

Рассмотрим проектирование технологических процессов с использованием системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей (САПР ТП) PRAMEN.

Компонентами системы являются:

- 1) программный комплекс для графического ввода геометрической информации, подготовки исходных данных для технологического проектирования и автоматизированного формирования операционных эскизов ПК «Техграф»;
- 2) программно-методический комплекс системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей (ПМК САПР ТП);
- 3) программный комплекс генерации форм технологических и других документов (ПК ГЕНЕРАТОР);
- 4) архив исходных данных и выходных документов;
- 5) единая база данных технологического назначения, содержащая информацию по оборудованию, технологической оснастке, материалам и другую необходимую для проектирования технологических процессов (ТП);
- 6) программа «Диспетчер», обеспечивающая функционирование системы во всех режимах, включая автономное функционирование подсистем САПР ТП и контроль состояния этапов технологического проектирования [16, 17].

Программный комплекс графической работы предназначен для подготовки исходных данных при технологическом проектировании в САПР ТП по конструкторскому чертежу обрабатываемой детали, находящейся в среде графического редактора AutoCAD, и позволяет в интерактивном режиме выполнять:

- ввод исходных данных о детали с чертежа в электронной форме;
- автоматизированное формирование комплекта карт технологических эскизов.

ПМК САПР ТП осуществляет автоматизированное проектирование технологических процессов механической обработки на все виды деталей общемашиностроительного применения в следующих режимах:

- автоматический (детали типа тел вращения и плоскостные, включая элементы сварных конструкций);
- проектирование с редактированием;
- диалоговый (детали любого типа, в т. ч. корпусные и сложной конфигурации);
- по аналогу (детали любого типа при наличии в архиве детали-аналога).

Архив исходных данных и выходных документов предназначен для автоматизированного контроля выполнения этапов технологической подготовки производства, а также для хранения, корректировки и тиражирования технологических процессов и формирования сводных документов по материальному и трудовому обеспечению производства.

ПМК «База данных» технологического назначения представляет собой централизованную базу данных нормативно-справочной информации для автоматизированных систем технологического проектирования.

ПК «Генератор» предназначен для формирования выходных стандартных технологических и других документов на основе разработанных шаблонов в формате MS Word.

Технологический алгоритм представляет собой формализованный комплексный (типовой) технологический процесс (КТП), содержащий операции, модели оборудования и переходы на определенную группу деталей с условиями их назначения.

В качестве базовых разработаны и формализованы комплексные технологические процессы на следующие группы деталей:

- 1101 – оси, шпильки, болты, штуцеры;
- 1102 – большие валы;



- 1103 – крышки, фланцы, втулки, кольца;
- 1104 – шестерни цилиндрические;
- 1105 – гильзы;
- 1106 – валы червячные;
- 1107 – колеса червячные;
- 1108 – шестерни конические;
- 1109 – звездочки;
- 1110 – детали, обрабатываемые на автоматах;
- 2101 – планки;
- 2103 – направляющие;
- 3101 – элементы сварных конструкций;
- 3102 – уголки, швеллеры, двутавры.

Функциональная информация – это нормативно-справочные данные, используемые в процессе проектирования. При автоматизированном технологическом проектировании нормативно-справочная информация охватывает данные технологического оснащения, тексты операций и переходов, технологические режимы и нормы времени, данные о материалах, заготовках, припусках, точности и качестве обработки. Нормативно-справочная база системы ориентирована на решение задач технологической подготовки машиностроительных производств. Адаптация осуществляется при работе с «Базой данных», в режимах «Материалы», «Заготовки», «Оборудование», «Нормативная база».

При запуске системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей на экране дисплея выводится основное окно системы с режимами: Архив изделий, Проектирование, База данных.

Функции режима «Архив изделий» (рис. 6.21–6.23):

- ввод, корректировка, удаление изделия, сборочной единицы (узла), детали;
- ввод (удаление) детали в рабочий список (на проектирование). Рабочий список – это перечень деталей, для которых технолог проектирует технологические процессы;
- формирование и печать технологических и сводных документов на деталь (изделие).

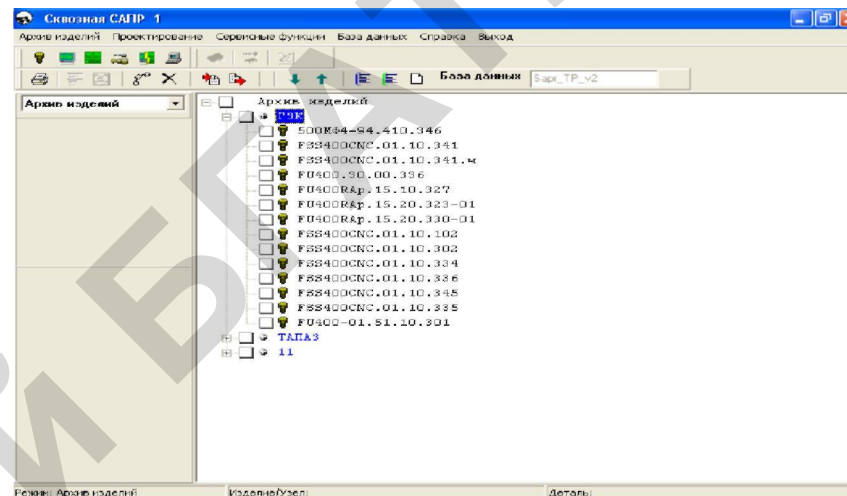


Рис. 6.21. Фрагмент интерфейса ПМК САПР ТП в режиме «Архив изделий»

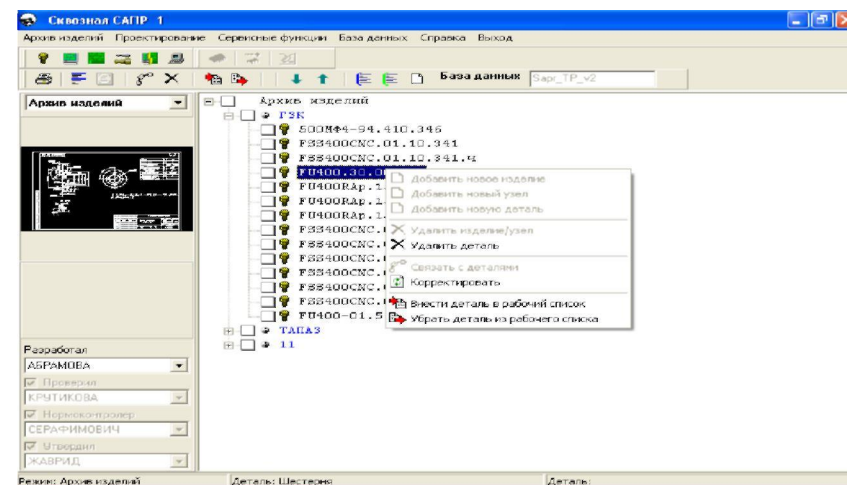


Рис. 6.22. Окно ПМК САПР ТП в режиме «Архив изделий»

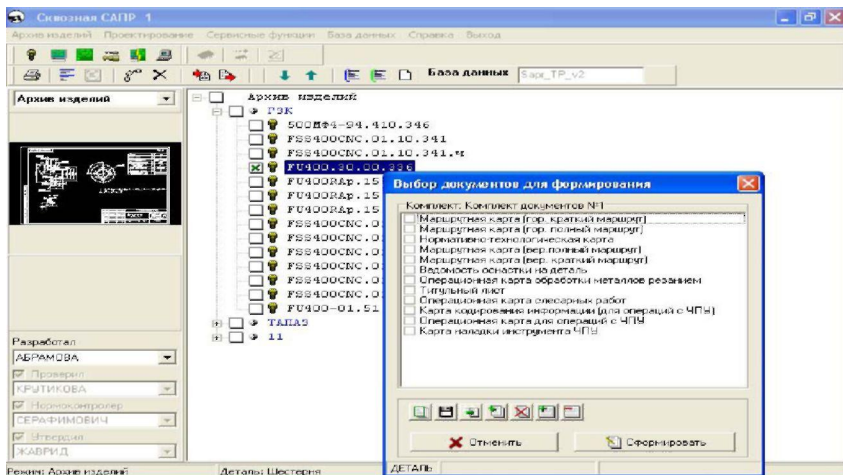


Рис. 6.23. Окно ПМК САПР ТП в режиме «Архив изделий»

Функции режима «Проектирование» (рис. 6.24, 6.25):

- механообработка;
- ввод исходных данных;
- проектирование в автоматическом режиме;
- проектирование в диалоговом режиме;
- проектирование по аналогу;
- проектирование с редактированием;
- запись в архив;
- формирование эскизов для механообработки.

Функции режима «База данных» системы (рис. 6.26):

- оборудование;
- оснастка;
- материал;
- заготовки;
- операции;
- переходы;
- пользователи и предприятие;
- КТП;
- нормативная база.

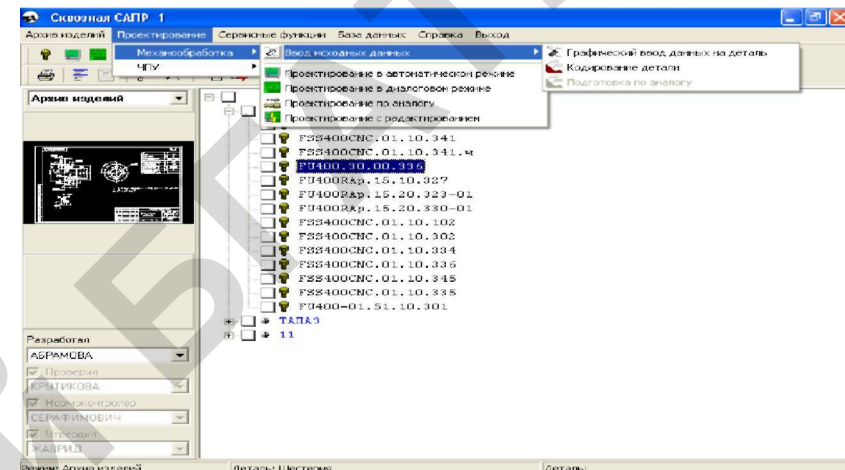


Рис. 6.24. Фрагмент интерфейса ПМК САПР ТП при выборе режима «Механообработка»

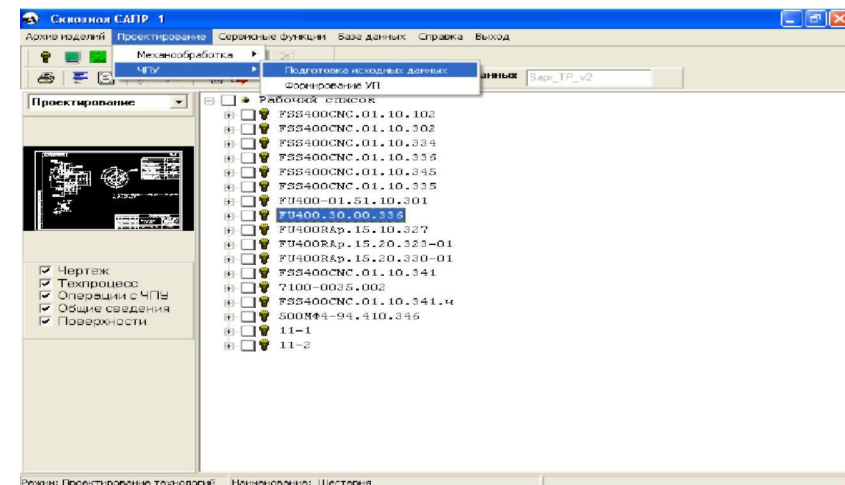


Рис. 6.25. Фрагмент интерфейса ПМК САПР ТП при выборе режима «ЧПУ»

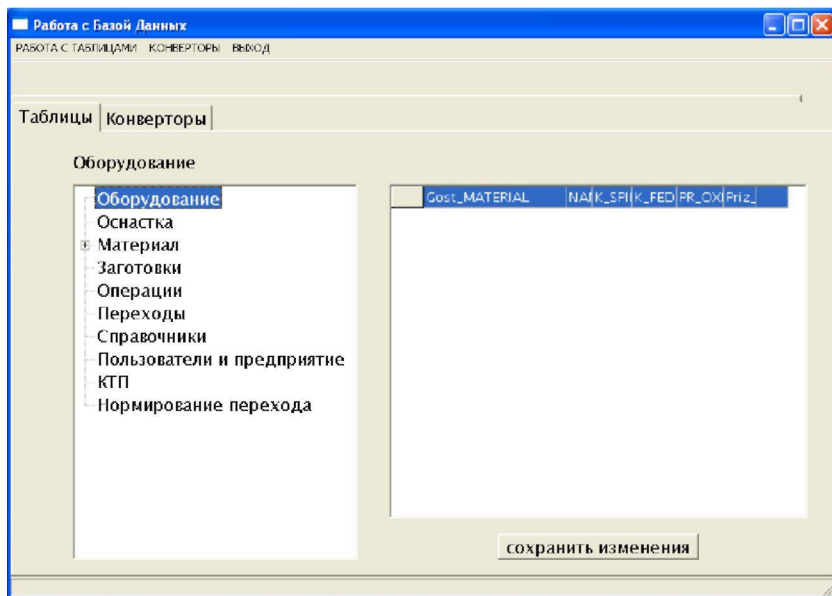


Рис. 6.26. Фрагмент интерфейса ПМК САПР ТП при работе с базой данных

## 6.9.2. Схема проектирования технологических процессов механической обработки в САПР ТП PRAMEN

Основными режимами работы системы являются: Архив изделий (ввод нового, выходная документация), Проектирование (САПР ТП, формирование карт эскизов), База данных (БД) [16].

При запуске системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей на экране дисплея выводится основное окно системы с режимами: Архив изделий, Проектирование, База данных.

Схема проектирования в системе:

«Архив изделий»

Ввод детали в изделие (узел) – формирование обозначения, наименования, применяемости;

занесение детали в «Рабочий список» – для передачи ее на проектирование;

«Проектирование»

Ввод исходных данных о детали – занесение общих сведений о детали (масса, материал, шероховатость, КТП и др.) и параметров обрабатываемых поверхностей для проектирования технологических процессов в автоматическом режиме или в режиме «Проектирование с редактированием».

## 6.9.3. Этапы проектирования

Проектирование начинается с регистрации детали в «Архиве изделий» (рис. 6.27). Для этого в режиме «Архив изделий» выполняется функция ввода нового узла (изделия), подузла (сборочной единицы) в зависимости от спецификации с помощью контекстного меню, используя функцию «Добавить новое изделие» вводится: обозначение изделия, наименование изделия, годовая программа, путь слайда изображения изделия, причем поля «обозначение изделия», «годовая программа» – обязательные реквизиты (рис. 6.28).

При наличии в спецификации узлов, подузлов ввод данных производится аналогично, с помощью контекстного меню, используя функцию «Добавить новый узел» (рис. 6.29).

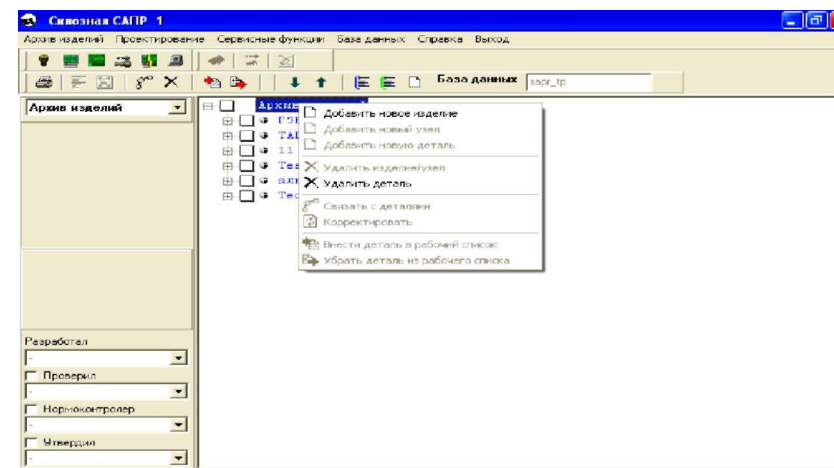


Рис. 6.27. Окно регистрации детали в режиме «Архив изделий»

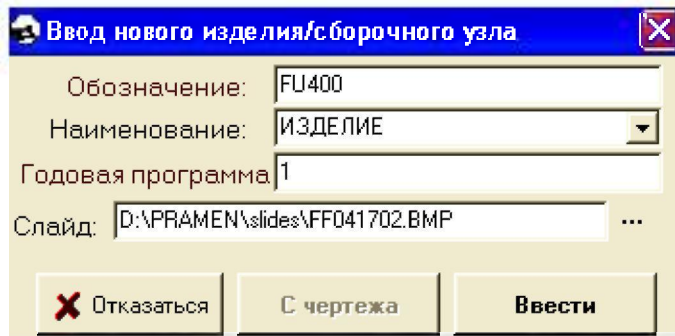


Рис. 6.28. Окно ввода исходных данных о детали

«Укажи» выбирается с чертежа наименование детали, обозначение, масса и общая шероховатость. При вводе данных о детали с чертежа, выполненного в T-Flex, автоматически вводятся данные по кнопке «Общие сведения».

Для проектирования технологического процесса с помощью контекстного меню «Внести деталь в рабочий список» происходит занесение детали в «Рабочий список» – для передачи ее на проектирование (рис. 6.31).

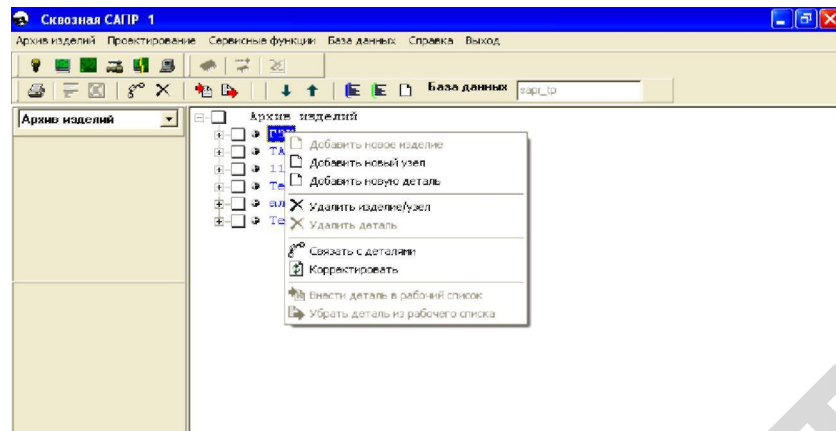


Рис. 6.29. Окно регистрации узлов, подузлов в режиме «Архив изделий»

Для ввода данных о детали в изделие/узел/подузел используется функция контекстного меню «Добавить новую деталь».

Данные о детали: обозначение, наименование, применяемость можно вводить в архив как вручную (аналогично вводу изделия, узла, подузла), так и с чертежа, при наличии его в электронной форме. Для этого используется графический пакет AutoCAD. Программа подключает его в зависимости от расширения имени файла чертежа. При этом автоматически формируется слайд чертежа для просмотра в архиве.

При вводе данных о детали с чертежа, выполненного в AutoCAD, используется меню «СОЗДАНИЕ» (рис. 6.30). По кнопке

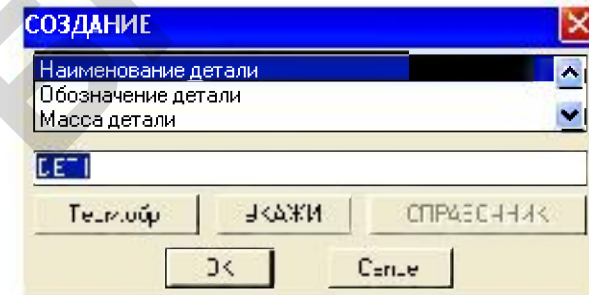


Рис. 6.30. Окно ввода исходных данных о детали в режиме «Архив изделий» с чертежа, выполненного в AutoCAD

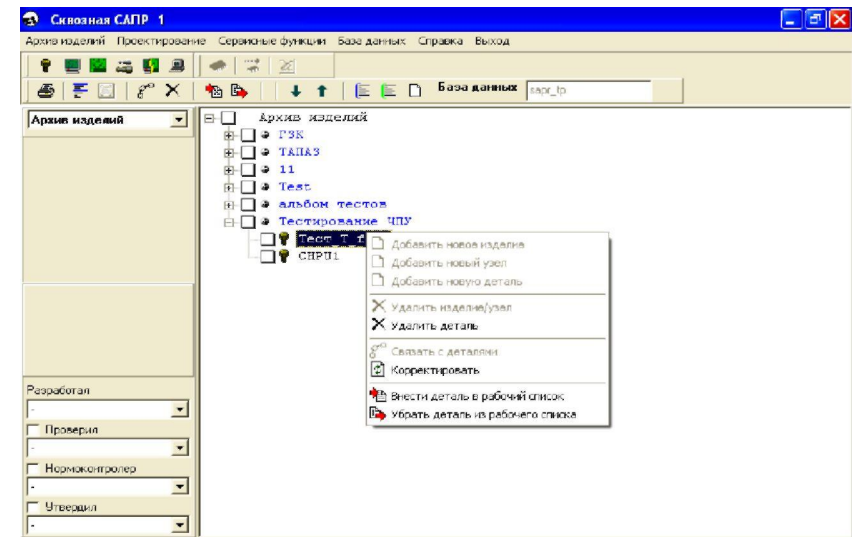



Рис. 6.31. Окно ввода детали в «Рабочий список»

Затем переходят в режим «Проектирование». В режиме проектирования открывается «Рабочий список» (рис. 6.32).

Ввод исходных данных осуществляется по пунктам меню (рис. 6.33): Механообработка/Ввод исходных данных/Графический ввод исходных данных на деталь или Кодирование (или по кнопке ).

Исходные данные о детали могут быть введены (рис. 6.34) с бумажного (кодировать деталь) или электронного чертежа (графически).

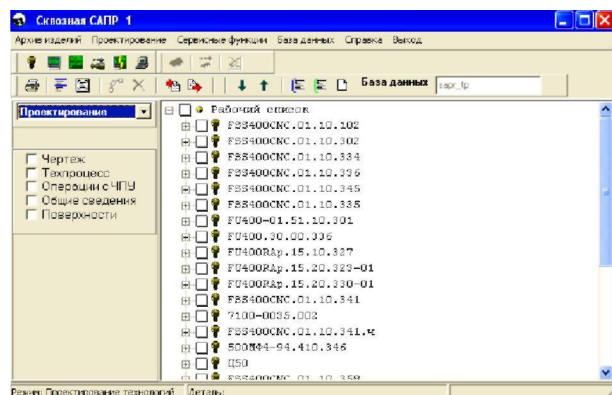


Рис. 6.32. Окно рабочего списка в режиме «Проектирование»

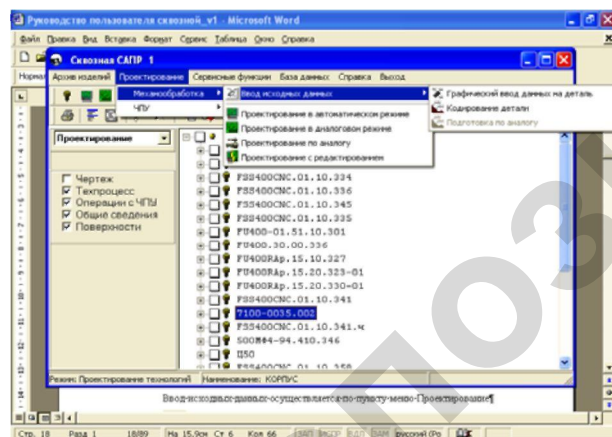


Рис. 6.33. Окно ввода исходных данных о детали в режиме «Проектирование»

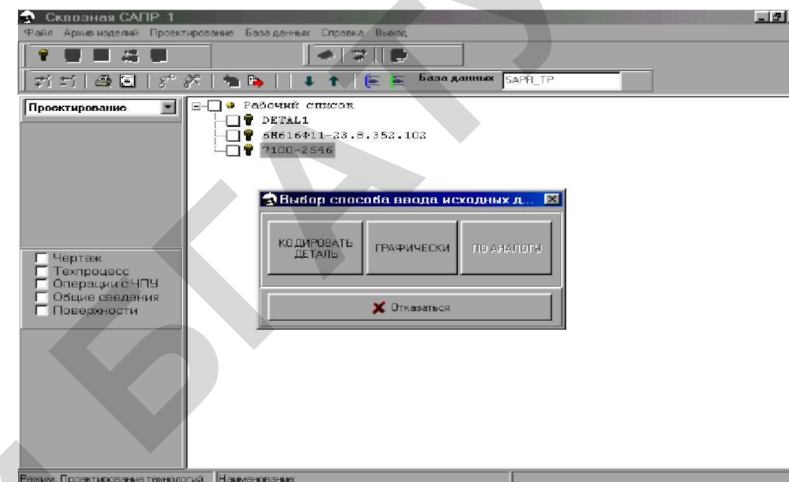


Рис. 6.34. Окно ввода исходных данных о детали

Кодирование исходных данных осуществляется на входном языке системы по:

- общим сведениям;
- основным поверхностям;
- дополнительным поверхностям;
- с помощью сценариев и графических слайдов.

Основной смысл кодирования заключается в следующем:

- на экран дисплея автоматически выводится директивный запрос (сценарий) на введение характеристик детали;
- технолог выполняет на клавиатуре терминала соответствующий набор и вводит информацию.

Кодирование общих сведений о детали осуществляется с помощью разработанных сценариев, которые представляют собой совокупность вопросов для формирования информации о детали.

Характеристики детали могут быть обязательными (красный цвет наименования поля) для заполнения и проверяются на заполненность.

При формировании сведений о поверхностях на экран дисплея выводится графическое изображение элемента и сценарий к нему (рис. 6.35). При выходе из кодирования поверхностей обязательные параметры (красный цвет наименования поля) проверяются на заполненность и, если значение параметра не заполнено, то предлагается его заполнить.

В режиме ввода исходных данных осуществляется корректировка (редактирование) исходных данных и графический контроль описанной детали (тел вращения).

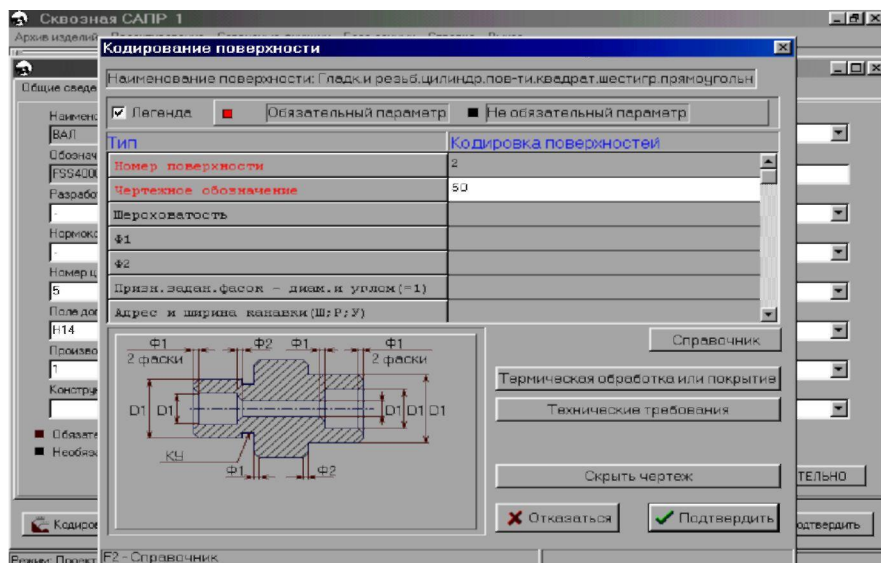


Рис. 6.35. Окно ввода сведений о поверхностях детали в режиме «Проектирование»

Диалог построен на запросах к пользователю, требующих ввод данных в отдельные поля на экране с клавиатуры или с поиском соответствующих данных в справочниках с последующим их переносом в нужное поле. Предусмотрено формирование какого-либо параметра по умолчанию, при этом в исходные данные заносится константа, указанная в соответствующей строке сценария.

Заносимая исходная информация о детали записывается в рабочий файл с именем DET00.000 и при выходе из режима «Кодирование» передается в архив конструкторско-технологической информации о детали (Архив КТИД).

В режиме «Поиск аналога» осуществляется быстрый поиск в архиве детали-аналога по приложениям. Для этого предлагается экранное меню, содержащее набор признаков и справочники-подсказки:

Наименование признака	Длина детали
Обозначение детали	Диаметр центр. отв. или толщина дет.
Наименование детали	Заготовка
Материал	Диаметр или высота заготовки
Конструкторский код детали	Диаметр отв. или толщина заготовки
Диаметр или высота детали	Разработчик

Схема реализации задачи кодирования представлена на рисунке 6.36.



Рис. 6.36. Схема кодирования чертежа детали

При кодировании основной поверхности предлагается выбрать дополнительную, если такая на ней присутствует. Для этого на экран подаются справочники № 1 или № 2 (рис. 6.37 или 6.38) в зависимости от вида основной поверхности.

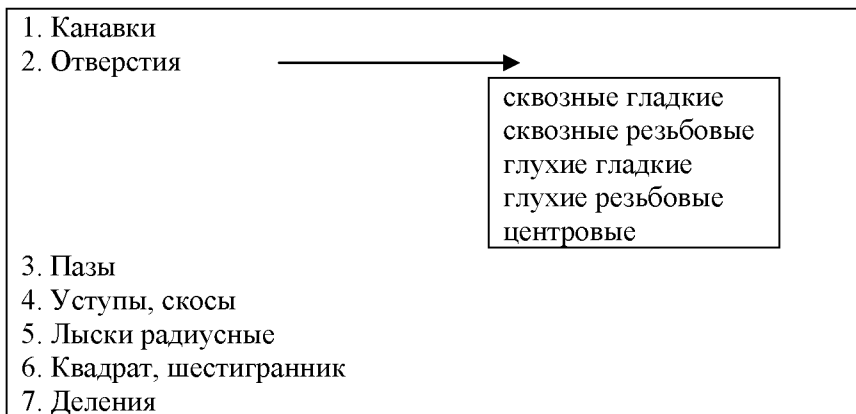


Рис. 6.37. Дополнительные поверхности на торце

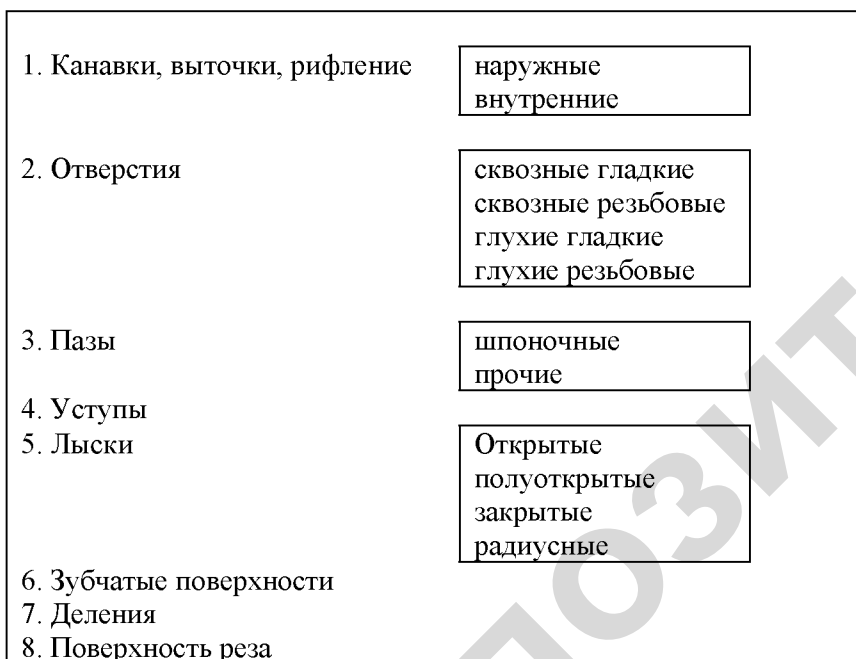


Рис. 6.38. Дополнительные поверхности на цилиндре и конусе

В режиме «Выбор» на экран подается справочник № 3 (тела вращения) со списком всех дополнительных поверхностей (рис. 6.39) и при выборе одного названия высвечиваются слайды дополнительных поверхностей. Мышкой или стрелками, выбрав нужный слайд и нажав «Enter», подается окно со списком номеров этой дополнительной поверхности, под которыми она может кодироваться. Нажатием клавиши «Ins» элемент меняет цвет и считается выбранным после нажатия «Enter». По всем помеченным номерам поверхности кодируются одна за другой.

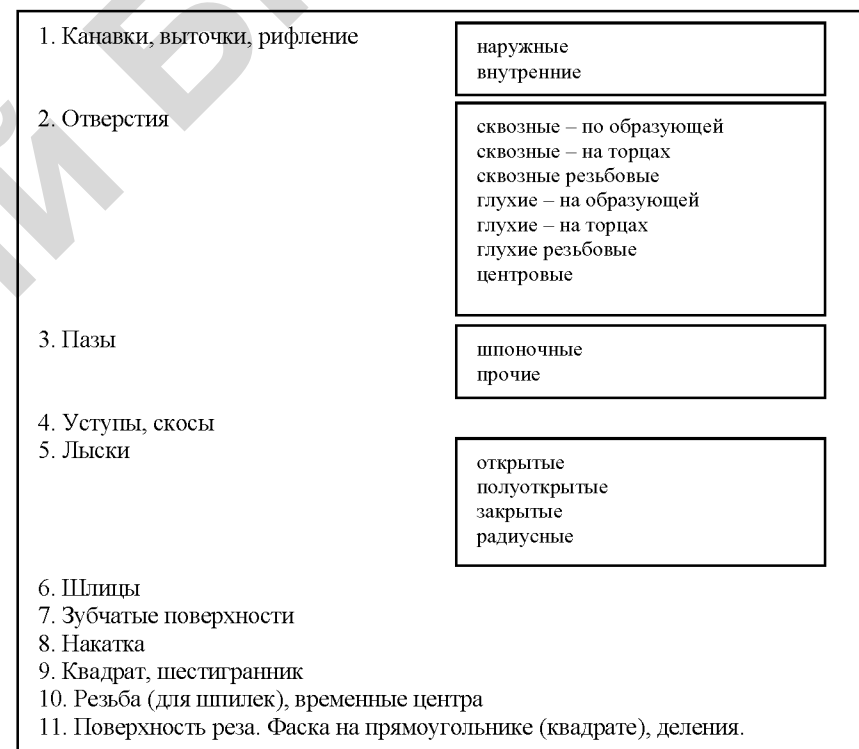


Рис. 6.39. Список дополнительных поверхностей для тел вращения

Геометрический контур детали составляют основные, вспомогательные и сопрягающие элементы.

К основным элементам контура деталей типа «тела вращения» относятся цилиндрические, торцовые, конусные и сферические по-

верхности. К вспомогательным элементам – канавки, лежащие между цилиндрическими и торцовыми поверхностями, не требующие задания привязочного размера. К сопрягающим – фаски и скругления (галтели), которые расположены между пересекающимися основными поверхностями.

Нумерация основных элементов, составляющих контур осевого сечения детали, производится цифрами от 1 до 99, начиная с левого торца по часовой стрелке.

Из вспомогательных элементов предусмотрено задание следующих типов канавок:

- канавка для выхода шлифовального круга;
- канавка для выхода резьбообразующего инструмента;
- канавка угловая.

Описание этих канавок сводится к записи соответствующего типа и ширины канавки.

Для описания плоских деталей формируются сведения о контуре детали в виде упорядоченного списка основных элементов контура в трех сечениях (рис. 6.40):

- сечение 1 (XY) – фронтальное;
- сечение 2 (YZ) – профильное;
- сечение 3 (XZ) – горизонтальное.

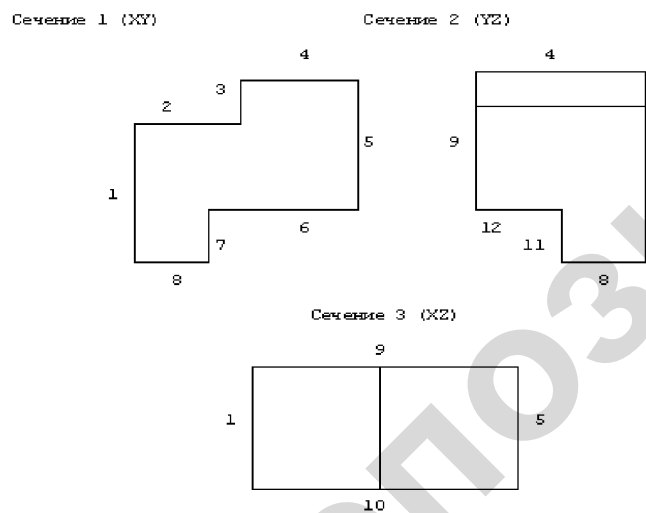


Рис. 6.40. Пример обозначения поверхностей контура плоской детали

К основным элементам контура плоских деталей относятся вертикальные и горизонтальные плоскости и скосы. Номера основным элементам, составляющим контур сечения, присваиваются последовательно цифрами от 1 до 99 в каждом сечении, начиная с крайней левой вертикальной плоскости 1-го сечения по часовой стрелке. Вертикальные и горизонтальные плоскости описываются чертежным привязочным размером и номером поверхности, от которой задан этот размер. Для открытых плоскостей привязочными размерами являются габаритные размеры детали, причем, если две параллельные открытые поверхности имеют одинаковые параметры по точности и шероховатости, то при кодировании достаточно в исходной информации описать только три из шести открытых плоскостей. К вспомогательным элементам контура относятся канавки, лежащие между вертикальной и горизонтальной плоскостями (в уступах), не требующие задания привязочного размера (для выхода шлифовального круга, угловые). К сопрягающим элементам относятся фаски и скругления (галтели), которые расположены между пересекающимися основными плоскостями. Сопрягающим элементам номера не присваиваются.

При кодировании основных поверхностей плоских деталей на экране высвечивается окно с тремя строками, где в строке «вид спереди» указываются номера основных элементов контура в сечении 1 (XY), в строке «вид слева» – в сечении 2 (YZ) и в строке «вид сверху» – в сечении 3 (XZ). Перечисление номеров производится через запятую или в диапазоне через двоеточие, а для прямоугольного сечения не указывается.

Контур сечения задается упорядоченным списком номеров поверхностей в данном сечении. Если в сечении детали – прямоугольник, то контур этого сечения можно не указывать.

## 6.10. Оформление технологических процессов

Разработка технологического процесса состоит из комплекса взаимосвязанных работ, предусмотренных Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП), и должна выполняться в полном соответствии с требованиями ГОСТ 14.301–83.

Разработка технологического процесса механической обработки заданной детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологического процесса по ГОСТ 3.1404–86.



Виды технологической документации (ГОСТ 3.1102–81), прилагаемой к дипломному проекту:

- титульный лист;
- маршрутная карта (краткий маршрут) – МК;
- карта эскизов – КЭ;
- операционная карта – ОК (графы 7–11, 14, 16–25, 29, 31 при дипломном проектировании не заполняются).

По степени детализации описания каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операции и комплектность документации.

В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается только в маршрутной карте без указания переходов (допускается включать режимы обработки, т. е. строку со служебным символом Р). Применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

В операционном технологическом процессе маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, с указанием технологического оборудования для выполнения операции и трудозатрат. Содержание операций записывают в операционных картах. Применяется в крупносерийном и массовом типах производств.

В маршрутно-операционном технологическом процессе предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте, а остальные операции оформляются на операционных картах. Для дипломного проектирования рекомендуется операционная или маршрутно-операционная степень детализации описания технологического процесса.

Дипломный проект должен содержать либо маршрутно-операционный, либо операционный технологический процесс, который прилагается к расчетно-пояснительной записке. При любом виде представления технологического процесса наличие карт эскизов является обязательным.

*Маршрутная карта (МК).* Маршрутная карта единичного технологического процесса обработки резанием оформляется по ГОСТ 3.1118–82. Пример оформления приведен в Приложении 5.

В маршрутной карте в строку с символом *МО1* записывают наименование, сортамент, размер и марку материала, обозначение стандарта.

В строку с символом *МО2* записывают следующее:

- код материала по классификатору;

- *МД* – масса детали;
- $N_{\text{расх}}$  – норма расхода материала;
- *КИМ* – коэффициент использования материала;
- Код заготовки по классификатору;
- Профиль и размеры исходной заготовки (габаритные размеры);
- *КД* – количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки;
- *МЗ* – масса заготовки;

В строку с символом *А* записывают:

- номера цеха, участка, рабочего места, операции;
- код операции, наименование операции (допускается код операции не указывать);

В строку с символом *Б* записывают:

- модель оборудования;
- *Р* – разряд работы, необходимой для выполнения операции;
- *УТ* – код условий труда (допускается не указывать);
- *КР* – количество рабочих, занятых при выполнении операции.
- $T_{\text{п.з}}$  – норма подготовительно-заключительного времени на операцию;
- $T_{\text{шт}}$  – норма штучного времени на операцию.

Маршрутная карта для технологического процесса сборки выполняется в соответствии с формой 2 по ГОСТ 3.1118–82.

Формы применяемых на различных предприятиях машиностроения маршрутных карт могут отличаться в зависимости от того, как расположено поле подшивки этих форм – вертикально или горизонтально. Однако содержание помещенной в них информации остается одинаковым.

*Операционная карта (ОК).* Операционная карта является описанием технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

Операционная карта выполняется в соответствии с ГОСТ 3.1404–86 по формам 2 (первый заглавный лист) и 2а (последующие листы) или по форме 3 с продолжением по форме 2а. Формы операционных карт приведены в приложении 4.

Операции нумеруют числами 005, 010, 015 и т. д.

Переходы нумеруются числами натурального ряда 1, 2, 3 и т. д.

Установы обозначают буквами русского алфавита А, Б, В, Г и т. д., например, «Установ А».

Позиции (при обработке на многопозиционных станках) нумеруют римскими цифрами I, II, III, IV и т. д., например, «Позиция I».

Наименование операции определяется видом оборудования, на котором она выполняется, и записывается с именем прилагательным, например, «Операция токарная».

В операционной карте под символом *O* записывается содержание операции (перехода). Запись выполняется по всей длине строки. При необходимости запись переносится на следующую строку.

Запись переходов в операционной карте может быть полной или сокращенной. Примеры обеих форм записи представлены в приложении 6. Форму записи переходов в дипломном проекте студент выбирает самостоятельно. Все операции технологического процесса должны быть оформлены по одной форме записи переходов.

В содержание операции (перехода) должно быть включено (см. прил. 6):

- ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (например, точить, сверлить, фрезеровать и т. п.);

- наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства (например, резьба, фаска, лыска, уступ, зуб, шлиц и т. п.);

- информация по размерам с их условными обозначениями (номерами);

- дополнительная информация, характеризующая количество или последовательность обрабатываемых поверхностей (например, «фрезеровать две лыски одновременно», «сверлить три отверстия последовательно»).

В строку, обозначенную символом *T*, записывают информацию о применяемой технологической оснастке на данной операции. Запись выполняется по всей длине строки с переносом при необходимости на следующую строку.

Допускается обозначение каждой составной части технологической оснастки приводить на одной строке. При этом информацию следует располагать в последовательности:

- приспособление;
- вспомогательный инструмент;
- режущий инструмент;
- средства измерения.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять знаком «;».

При записи этой строки следует использовать классификаторы и стандарты на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки (например, «Резец 2101-0647, Т15К6, ГОСТ 20872–80»).

В целях разделения информации по группам технологической оснастки и удобства поиска необходимой информации допускается перед указанием состава оснастки применять условные обозначения ее видов: приспособлений – ПР; вспомогательного инструмента – ВИ; режущего инструмента – РИ; средств измерений – СИ.

В строку с символом *P* записывают обозначения размеров детали и режимов резания (графы *D, L, t, i, s, n, v*), где *D (B)* – наибольший размер, по которому рассчитывается скорость резания (диаметр обрабатываемой поверхности или инструмента).

Значения размеров детали и режимов резания помещают в строку после записи состава применяемой технологической оснастки.

Допускается в формах документов на технологические процессы и операции обработки резанием не указывать вертикальные линии, ограничивающие ширину формата, а также не разделять строки по горизонтали.

В случае применения одношпиндельных и многошпиндельных автоматов и полуавтоматов, автоматических линий и станков с ЧПУ операционные карты и другие документы на технологические процессы имеют некоторые отличия. Формы таких документов предусмотрены ГОСТ 3.1404–86.

*Карта эскизов (КЭ).* Карта эскизов является графической иллюстрацией содержания технологической операции и является документом общего назначения.

В дипломном проекте карты эскизов выполняют по формам 7 и 7а ГОСТ 3.1105–84. На эскизах указывают:

- размеры обрабатываемых поверхностей с предельными отклонениями;
- обозначения шероховатости обрабатываемых поверхностей;
- обозначения баз, опор и зажимов.

На эскизах все размеры обрабатываемой поверхности или сами поверхности (в зависимости от принятой формы записи переходов) нумеруются арабскими цифрами. Номер размера или поверхности проставляют в окружности диаметром 6–8 мм.

Эскизы обрабатываемой детали выполняются отдельно для всех установов или позиций, выполняемых на данной операции. При этом над эскизом делается запись «Установ А» или «Позиция 1». На одном листе карты эскизов допускается размещать несколько эскизов,

относящихся к данной операции. При необходимости эскизы одной операции размещаются на нескольких листах карты эскизов.

Формы карты эскизов представлены на рисунках приложения 5 (форма 7 ГОСТ 3.1.105-84).

При разработке одной КЭ к нескольким операциям номера операций проставляют:

- при одном общем эскизе к нескольким операциям – под основной надписью;

- при нескольких эскизах – над каждым эскизом.

Для сокращения процедуры оформления допускается применять взамен первого или заглавного листа КЭ последующие листы, если КЭ и основной технологический документ разрабатывается одним исполнителем. В этом случае в соответствующей графе основной надписи следует проставлять обозначение того документа, к которому КЭ относится, с применением сквозной нумерации листов в пределах данного документа. Например, при описании операции обработки резанием на двух листах ОК эскиз был выполнен на форме 7а. При этом КЭ присваивают обозначение ОК и проставляют порядковый номер листа документа 3.

*Операционная карта технического контроля (КК).* В соответствии с ГОСТ 3.1502–85 содержание технического контроля оформляется в виде ведомости операций технического контроля (формы 1 и 1а), а также в виде операционных карт технического контроля (формы 2 и 2а). Вместе с картой контроля оформляется карта эскизов по форме 7 (ГОСТ 3.1105-84). Карта эскизов должна содержать эскиз детали, подлежащей контролю. На эскизе указываются (из чертежа детали): размеры с предельными отклонениями; шероховатость поверхностей; допуск формы и взаимного расположения поверхностей; технические требования к детали; таблицы, в которых указаны требования к точности детали (например, для зубчатых колес и шлицевых соединений); измерительные базы.

Запись переходов в карте контроля рекомендуется выполнять в такой последовательности:

- переходы по контролю наличия фасок, радиусов закруглений и т. п.;
- переходы по контролю шероховатости обработанных поверхностей;
- переходы по контролю размеров (диаметральных, линейных, угловых);
- переходы по контролю погрешностей формы (овальности, конусообразности, круглости, плоскостности, прямолинейности);

- переходы по контролю погрешностей взаимного расположения поверхностей (торцового и радиального биения, параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности);

- переходы по контролю параметров, определяющих точность зубчатых колес.

В приложении 5 приведена форма операционной карты контроля (первый лист).

*Технологическая документация для операций, выполняемых на станках с ЧПУ, полуавтоматах, автоматах и автоматических линиях.* Если обработка на станках с ЧПУ является только частью технологического процесса, то для оформления документации в технологическом процессе рекомендуется представлять:

- карту наладки инструмента (КНИ) по формам 4 и 4а ГОСТ 3.1404–86;

- карту эскизов (КЭ) по формам 7 и 7а ГОСТ 3.1105–84;

- карту кодирования информации (ККИ) по формам 5 и 5а ГОСТ 3.1404–86.

Если в технологических процессах механической обработки деталей используются полуавтоматы и автоматы, а также автоматические линии, то технологическая документация несколько отличается в части оформления операционных карт. Все другие документы остаются практически неизменными.

*Титульный лист (ТЛ) для комплекта технологических документов.* Титульный лист применяют при оформлении: технологических документов на отдельные технологические процессы (операции), специализированные по методам изготовления или ремонта; комплекта документации на технологические процессы изготовления или ремонта изделий и (или) их составных частей; отдельных технологических документов, если они имеют самостоятельное применение (ведомость материалов, ведомость оснастки и т. п.).

Допускается оформлять титульный лист на комплект документации, оформленный в альбом. При оформлении комплекта документов в нескольких альбомах ТЛ оформляют на каждый альбом.

Титульный лист является первым листом комплекта технологических документов (см. прил. 5). Обязательность применения титульного листа устанавливается на уровне отрасли или предприятия. В дипломном проекте наличие титульного листа обязательно.

Для ускорения рутинных работ по заполнению карт технологических процессов и гарантии качества их оформления *рекомендуется* оформление технологической документации выполнять с ис-

пользованием САПР ТП PRAMEN [16, 17], база данных которой содержит следующий перечень документов:

*1. Комплект документов на изделие:*

- ведомость материалов на изделие ГОСТ 3.1123–84, форма 3, 3а;
- сводная норма расхода материалов (нет ГОСТ);
- ведомость оснастки на изделие ГОСТ 3.1122–84, форма 2, 2а;
- ведомость оснастки на изделие по цехам ГОСТ 3.1122–84, форма 3, 3а;
- подетальная нормативная трудоемкость (нет ГОСТ);
- трудоемкость по видам работ по цехам ГОСТ 3.1118–82, форма 4;
- ведомость деталей к групповому техпроцессу ГОСТ 3.1121–84, форма 4, 4а;
- ведомость деталей к групповой операции ГОСТ 3.1121–84, форма 4, 4а.

Комплект документов формируется только на одно выбранное изделие.

*2. Комплект документов на деталь:*

- карта кодирования информации (для операций с ЧПУ) ГОСТ 3.1404–86, форма 5, 5а;
- ведомость технологических документов ГОСТ 3.1122–84, форма 1, 1а;
- ведомость оснастки на деталь ГОСТ 3.1122–84, форма 3, 3а;
- ведомость оснастки на операцию с ЧПУ ГОСТ 3.1122–84, форма 3, 3а;
- маршрутная карта на заготовку (нет ГОСТ);
- маршрутная карта, краткий маршрут ГОСТ 3.1118–82, форма 1, 1б гор., 3, 3б вер.;
- маршрутная карта, полный маршрут ГОСТ 3.1118–82, форма 1, 1б гор., 3, 3б вер.;
- маршрутная карта в две колонки ГОСТ 3.1118–82, форма 3, 3б;
- маршрутная карта, групповая обработка ГОСТ 3.1118–82, форма 3, 3б;
- маршрутно-операционная карта ГОСТ 3.1404–86, форма 1, 1а;
- нормативно-технологическая карта ГОСТ 3.1118–82, форма 3, 3б;
- операционная карта обработки резанием ГОСТ 3.1404–86, форма 3, 3а;
- операционная карта слесарных работ ГОСТ 3.1407–86, форма 1, 1а;
- операционная карта технического контроля ГОСТ 3.1502–85, форма 2, 2а;

- операционная карта для станков с ЧПУ ГОСТ 3.1404–86, форма 3, 2а;
- операционная карта многошпиндельной обработки ГОСТ 3.1404–86, форма 10, 10а;
- карта наладки для станков с ЧПУ ГОСТ 3.1404–86, форма 4, 4а;
- операционные эскизы AutoCAD без «Модуля отчетов».

Комплект документов может формироваться только на одну из выбранных деталей.

*3. Комплект документов на несколько деталей:*

- ведомость материалов на изделие ГОСТ 3.1123–84, форма 3, 3а;
- сводная норма расхода материалов (нет ГОСТ);
- ведомость оснастки на изделие ГОСТ 3.1122–84, форма 2, 2а;
- ведомость оснастки на изделие по цехам ГОСТ 3.1122–84, форма 3, 3а;
- подетальная нормативная трудоемкость (нет ГОСТ);
- трудоемкость по видам работ по цехам ГОСТ 3.1118–82, форма 4;
- ведомость деталей к групповому техпроцессу ГОСТ 3.1121–84, форма 4, 4а;
- ведомость деталей к групповой операции ГОСТ 3.1121–84, форма 4, 4а.

Комплект документов формируется только на выбранные детали.

С помощью системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей САПР ТП PRAMEN можно в автоматическом режиме получить любую из указанной технической документации. При этом следует руководствоваться учебно-методической литературой [18–21].

Примеры форм записи содержания технологических переходов, кодов записей информации и оформления комплекта технологических процессов механической обработки деталей приведены в приложениях 5, 6.

Комплект технологической документации может представляться отдельно, в переплетенном виде, либо совместно с расчетно-пояснительной запиской.

## 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ

Тема дипломного проектирования может быть направлена на разработку технологического процесса сборки.

Сборка – это образование разъемных или неразъемных соединений составных частей заготовки или изделия. Она может осуществляться простым соединением деталей, их запрессовкой, свинчиванием, сваркой, пайкой, клеейкой и т. д. По своему объему сборка подразделяется на общую сборку, объектом которой является изделие в целом, и на узловую сборку, объектом которой является составная часть изделия, т. е. сборочная единица или узел.

На первом этапе проектирования на основе анализа литературных источников, патентных исследований, результатов производственной и преддипломной практик студент должен представить руководителю предложения об использовании в разрабатываемом технологическом процессе тех или иных методов сборки, оборудования, оснастки и инструментов.

В условиях единичного и мелкосерийного типов производств основная часть сборочных работ выполняется на общей сборке и лишь малая их доля осуществляется над отдельными сборочными единицами. С увеличением серийности производства сборочные работы все больше раздробляются по отдельным сборочным единицам, и в условиях массового и крупносерийного типов производств объем узловой сборки становится равным или даже превосходит объем общей сборки. Это в значительной мере способствует механизации и автоматизации сборочных работ и повышению их производительности. По стадиям процесса сборка подразделяется на предварительную, промежуточную, сборку под сварку, окончательную и др.

*Предварительная* сборка, т. е. сборка заготовок, составных частей или изделия в целом, которые в последующем подлежат разборке. Например, предварительная сборка узла с целью определения размера неподвижного компенсатора.

*Промежуточная* сборка, т. е. сборка заготовок, выполняемая для их дальнейшей совместной обработки. Например, предварительная сборка корпуса редуктора с крышкой для последующей совместной обработки отверстий под подшипники; предварительная сборка шатуна с крышкой для обработки отверстия под шатунные шейки коленчатого вала и т. п.

*Сборка под сварку*, т. е. сборка заготовок для их последующей сварки. Процесс соединения деталей при помощи сварки в большинстве случаев является сборочным и может быть введен непосредственно в поток узловой или общей сборки. Большой объем сборочных работ с использованием сварки выполняется при изготовлении, например, кузовов и кабин различных транспортных машин. В процессе сварки основание, кабина и другие элементы кузова удерживаются в специальных приспособлениях фиксаторами или конвекторами, чем обеспечивается правильное положение элементов относительно друг друга.

*Окончательная* сборка, т. е. сборка изделия или его составной части, после которой не предусмотрена его последующая разборка при изготовлении.

Следует обратить внимание, что после окончательной сборки для некоторых изделий может следовать демонтаж, в состав которого входят работы по частичной разборке собранного изделия с целью подготовки его к упаковке и транспортированию к потребителю.

*Исходными данными* для проектирования технологии являются:

- сборочные чертежи изделия и узлов, спецификации деталей;
- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- годовой объем выпуска изделий и условия осуществления технологического процесса;
- технические условия сборки и испытания изделия;
- каталоги и справочники по сборочному оборудованию и технологической оснастке;
- данные о сборочном производстве, где предполагается изготовить изделие.

### 7.1. Определение организационной формы сборки

Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства [13]. При этом решающими факторами являются не только объем выпуска изделий в календарном периоде времени, но и трудоемкость сборочных работ.

Организационные формы сборки для различных типов производства представлены в таблице 7.1.

Трудоемкость сборки предварительно может быть определена сравнением с трудоемкостью сборки аналогичных машин, расчетом по нормативам [13–15] или может быть принята по базовому (заводскому) варианту.

## 7.2. Служебное назначение и конструкция сборочной единицы (изделия)

В этом разделе приводятся:

- краткая характеристика изделия, в которое входит сборочная единица;
- роль и назначение сборочной единицы в изделии;
- описание устройства сборочной единицы с указанием позиций сборочного чертежа;
- описание взаимодействия составных частей и деталей сборочной единицы;
- анализ всех технических требований к сборочной единице.

Под служебным назначением машины понимается максимально уточненная и четко сформулированная задача, для решения которой предназначена эта машина.

Структура составляющих служебного назначения машины приведена на схеме (рис. 7.1).

В создании машины наряду с конструктором активное участие принимает технолог, который несет ответственность за качество ее изготовления. В связи с этим технолог должен тщательно изучить служебное назначение объекта изготовления и вытекающие из него технические требования. При этом необходимо изучить опыт изготовления ближайших аналогов.

Одним из важных показателей качества, обеспечение которого требует наибольших затрат, является точность.

Любую машину можно представить как совокупность размерных связей отдельных узлов и деталей с учетом точности их изготовления. Этапы такого представления показаны на рисунке 7.2.

Характеристики серийности и организационной формы сборки

Единичное		Мелкосерийное		Серийное		Крупносерийное		Массовое	
Объем выпуска изделий									
Трудо-емкость сборки изделия, ч	Средне-месячный выпуск, шт.	Трудо-емкость сборки изделия, ч	Средне-месячный выпуск, шт.	Трудо-емкость сборки изделия, ч	Средне-месячный выпуск, шт.	Трудо-емкость сборки изделия, ч	Средне-месячный выпуск, шт.	Трудо-емкость сборки изделия, ч	Средне-месячный выпуск, шт.
Св. 2500	До 1	Св. 2500	2–4	Св. 2500	Св. 5	Св. 2500	–	Св. 2500	–
250–2500	До 3	250–2500	3–8	250–2500	9–60	250–2500	Св. 60	250–2500	–
25–250	До 5	25–250	8–30	25–250	31–350	25–250	351–1500	25–250	Св. 1500
2,5–25	До 8	2,5–25	9–50	2,5–25	51–600	2,5–25	601–3000	2,5–25	Св. 3000
0,25–2,5	–	0,25–2,5	До 80	0,25–2,5	81–800	0,25–2,5	801–4500	0,25–2,5	Св. 4500
До 0,25	–	До 0,25	–	До 0,25	–	До 0,25	1000–6000	До 0,25	Св. 6000

226

Окончание табл. 7.1

Единичное		Мелкосерийное		Серийное		Крупносерийное		Массовое	
Номенклатура									
Различная		Состоит из изделий, выпускаемых мелкими партиями или сериями, систематически не повторяющимися		Состоит из изделий, выпускаемых партиями или сериями, повторяющимися через определенные промежутки времени		Состоит из изделий, выпускаемых крупными партиями или сериями, систематически повторяющимися		Постоянная	
Организационная форма сборки									
Стационарная непоточная сборка без расчленения процесса		Стационарная непоточная сборка без расчленения работ и с расчленением		Стационарная непоточная сборка без расчленения процесса		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств; такт сборки строго регламентирован	

227

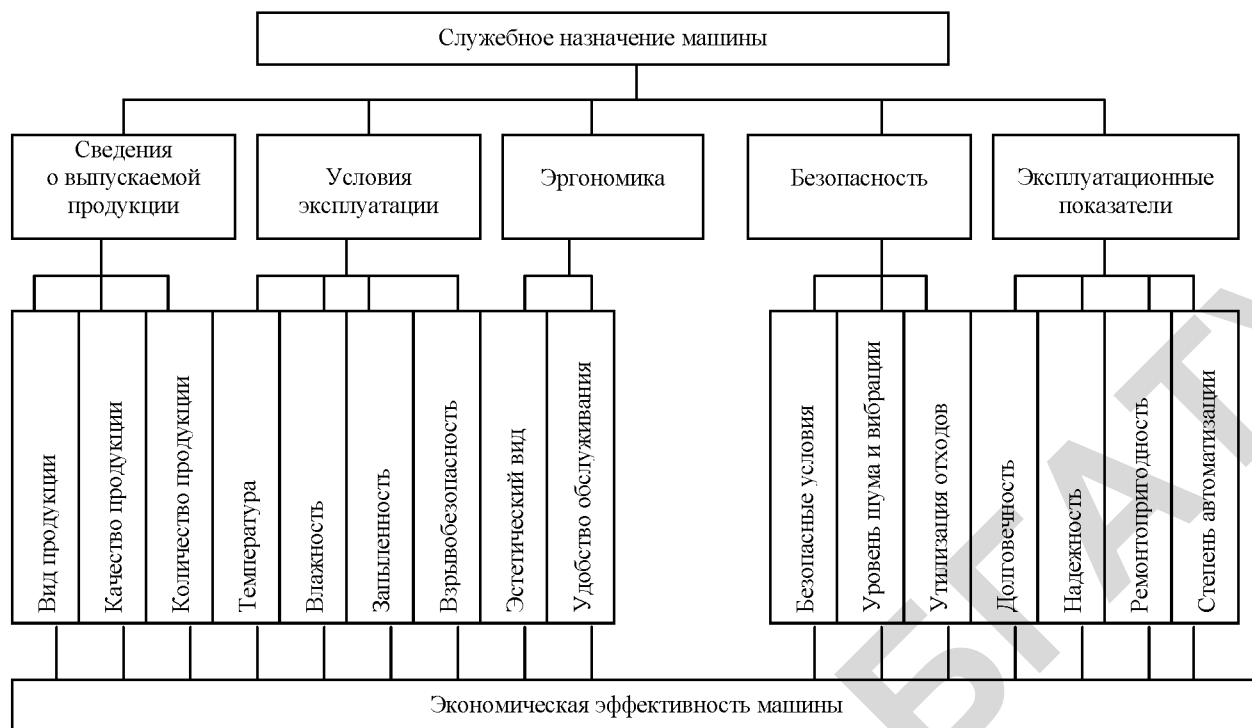


Рис. 7.1. Структура составляющих служебного назначения машины

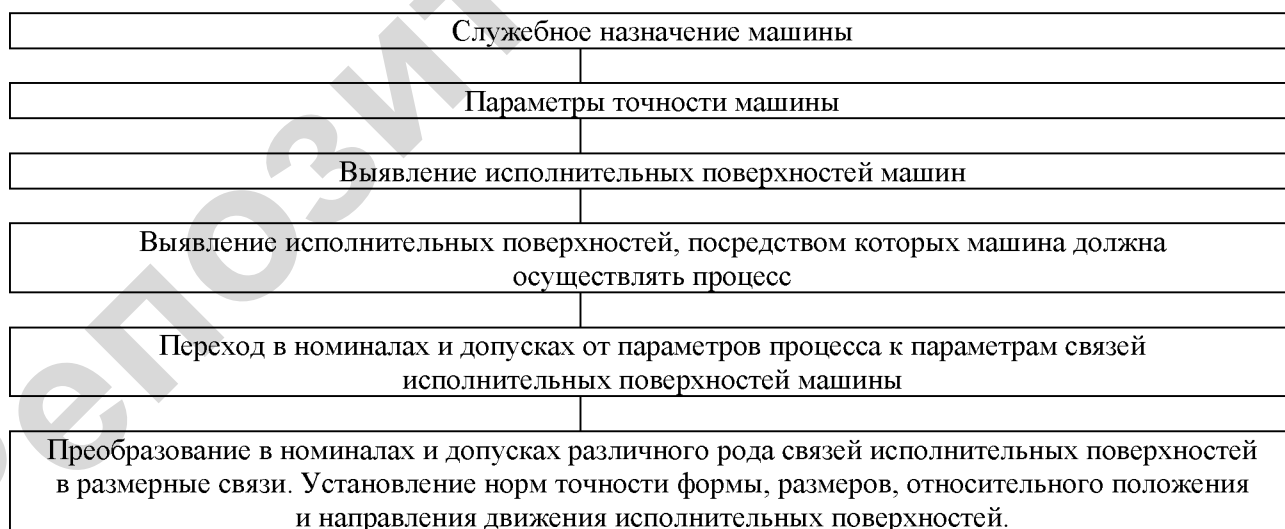


Рис. 7.2. Последовательность этапов перехода от служебного назначения машины к ее размерным параметрам



При необходимости анализ конструкции машины сопровождается расчетом соответствующих размерных цепей.

При разработке этого раздела необходимо исходить из того, что служебное назначение машины и все технические требования к ней обеспечиваются в процессе сборки, от качества которой зависят надежность и долговечность машины.

Технические требования и нормы точности являются прямым следствием служебного назначения машины и результатом преобразования качественных и количественных показателей ее служебного назначения в показатели размерных связей ее исполнительных поверхностей. В связи с тем, что технологические условия и нормы точности являются отражением служебного назначения машины, то, приступая к разработке технологического процесса, необходимо глубоко понимать смысл тех требований, которые предъявляются к качеству изготавливаемой машины, и иметь уверенность в том, что они разработаны правильно.

Разработка технических условий и норм точности на создаваемую машину является сложным делом. Нередки случаи, когда конструкторы не дают обоснования заданным нормам точности или задают технические условия в неявной форме, не выражая их цифрами. Поэтому технологам приходится уточнять и дополнять недостающие технические условия или же переводить на язык цифр те условия, которые заданы в неявной форме.

Большинство показателей качества машины обеспечивается в процессе ее изготовления, среди которых точность машины является главным показателем, достижение которого связано с наибольшими трудностями.

Выполнив переход от служебного назначения машины к техническим условиям и нормам точности, можно установить их правильность и обоснованность. Поэтому технолог, как и конструктор, должен владеть методами разработки норм точности и технических условий на машину.

### 7.3. Анализ технологичности сборочной единицы

Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств конструкции, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ре-

монте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения.

Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц предусматривают выполнение следующих требований:

- возможность сборки машин из обособленных сборочных единиц без повторной разборки;
- максимальное применение стандартных и унифицированных сборочных единиц и деталей;
- сокращение объема пригоночных работ;
- сокращение длительности цикла узловой и общей сборки и снижение ее себестоимости.

При разработке технологических процессов сборки для автоматических сборочных систем (гибких производственных систем, автоматических сборочных линий, роботизированных технологических комплексов, станков-автоматов) дополнительно проводится анализ технологичности собираемого изделия. В общем случае сборочная единица и детали должны соответствовать следующим требованиям:

- детали должны иметь простые и симметричные формы, что позволяет упростить их ориентацию;
- если деталь имеет слабовыраженные признаки асимметрии, их в ряде случаев следует усиливать, предусматривая уступы, срезы или дополнительные отверстия;
- конструкция деталей должна быть такой, чтобы при выдаче их из бункерно-ориентирующих устройств они взаимно не сцеплялись в виде двух или многозвенных цепочек, образование которых приводит к прекращению выдачи деталей из бункеров (спиральные пружины, разрезные кольца, пружинные шайбы с большим зазором в замке и др.);
- детали, сопрягающиеся с зазором или натягом, следует выполнять с увеличенной длиной фасок или направляющими участками, что обеспечивает лучшее направление сопрягаемых деталей на сборочной позиции;
- базовые детали изделий должны просто и надежно устанавливаться и закрепляться в сборочном приспособлении манипулятора (робота);
- детали изделия должны иметь точно выполненные базы для надежного захвата их рабочим органом манипулятора (робота);

- конструкция изделия в целом должна быть оформлена так, чтобы при сборке детали подавались по простым прямолинейным траекториям;

- конструкция изделия должна быть удобной для подвода и отвода сборочных инструментов, а также для выполнения сборки с одной стороны без применения поворотного приспособления;

- в конструкции изделия следует избегать таких соединений, которые трудно осуществить автоматически (заклепочных, шпоночных, шплинтуемых, штифтуемых, замыкаемых разжимными и пружинными кольцами, использующих пружины кручения и растяжения, закрепляемых проволокой), относительную неподвижность деталей целесообразно обеспечивать методами пластической деформации, точечной и холодной сваркой, склеиванием, пайкой;

- наиболее технологичными для автоматической сборки являются изделия (сборочные единицы), содержащие не менее 4 и не более 15 деталей (однотипное число деталей в сборочной единице – 4–7).

В тех случаях, когда исходная конструкция изделия недостаточна технологична для условий автоматической сборки, используют различные способы ее совершенствования. Так, для облегчения соединения цилиндрических деталей на их сопрягаемых поверхностях предусматривают возможно большие по размерам заходные фаски с малыми углами. Фаски необходимо предусматривать на базовой детали, так как ее используют для установки многих деталей изделия. Оптимальный угол заходной фаски при соединении металлических деталей составляет  $10^{\circ}$ – $15^{\circ}$ . На тонкостенных втулках, кольцах или на сопрягаемых с ними деталях заходные фаски делают ступенчатыми. В начале их выполняют с углом  $30^{\circ}$ – $45^{\circ}$  для облегчения установки детали в отверстие корпуса или на вал, а далее – с углом  $10^{\circ}$ – $15^{\circ}$  для уменьшения силы запрессовки и деформаций кольца или втулки.

Вместе с качественной оценкой технологичности сборочной единицы при проектировании технологического процесса сборки проводится также количественная оценка технологичности, которая включает расчет и сопоставление численных значений показателей технологичности с их базовыми значениями.

Базовые показатели определяются для изделия-аналога и отражают уровень технологичности, достигнутый при изготовлении аналогичных изделий на момент проектирования.

С этой целью в соответствии с ГОСТ 14.203–73 рассчитываются следующие показатели технологичности:

коэффициент сборности:

$$K_{\text{сб}} = \frac{E}{E+D}, \quad (7.1)$$

где  $E$  – число сборочных единиц в изделии;  $D$  – число деталей в изделии, не вошедших в сборочные единицы;

коэффициент применяемости унифицированных сборочных единиц в изделии:

$$K_y = \frac{E_y}{E}, \quad (7.2)$$

где  $E_y$  – число унифицированных сборочных единиц в изделии (подшипников, муфт, двигателей, переключателей и т. п.);

коэффициент применяемости унифицированных деталей в изделии (кроме крепежных):

$$K_{\text{уд}} = \frac{D_y}{D}, \quad (7.3)$$

где  $D_y$  – число унифицированных деталей (осей, пробок, рукояток, скоб, петель, опор и т.п.);  $D$  – общее число деталей;

коэффициент повторяемости составных частей изделия:

$$K_{\text{повт}} = 1 - \frac{Q}{E+D}, \quad (7.4)$$

где  $Q$  – число различных наименований составных частей в спецификации (сборочных единиц и деталей);  $(E+D)$  – общее число составных частей в изделии (сборочных единиц и деталей);

коэффициент применяемости стандартных изделий:

$$K_{\text{ст}} = \frac{D_{\text{ст}}}{D}, \quad (7.5)$$

где  $D_{\text{ст}}$  – число стандартных деталей;  $D$  – общее число деталей;

коэффициент повторяемости материалов в изделии:

$$K_{\text{мат}} = 1 - \frac{Q_{\text{м}}}{D}, \quad (7.6)$$

где  $Q_{\text{м}}$  – число различных марок материалов, применяемых в изделии.

В заключении на основе проведенного анализа технологичности формулируются предложения по совершенствованию конструкции изделия.

#### 7.4. Проектирование технологического процесса сборки

*Анализ существующего технологического процесса сборки.* Проектирование нового технологического процесса начинается с анализа существующего. Анализ включает рассмотрение построения операций, характера применяемого сборочного оборудования, приспособлений, сборочных инструментов, средств механизации и автоматизации. Особое внимание уделяется анализу методов обеспечения точности и контроля величин замыкающих звеньев, что является одним из показателей качества сборки. В заключении даются предложения по изменению существующего технологического процесса сборки.

Затем необходимо выполнить *экономическое обоснование* принятого варианта технологического процесса путем сравнения двух вариантов процесса сборки: базового и проектируемого. При оценке эффективности того или иного варианта техпроцесса наиболее выгодным признается тот, у которого сумма текущих и приведенных капитальных затрат на единицу продукции будет минимальной. Расчет приведенных затрат технологической себестоимости выполняется для всех изменяющихся операций техпроцесса.

При отсутствии базового варианта техпроцесса рассматриваются два или несколько возможных в принятых производственных условиях вариантов, из которых принимается тот, который является наиболее эффективным, т. е. обеспечивает минимум приведенных затрат на единицу продукции.

Методика расчета приведенных затрат, технологической себестоимости и экономического эффекта приведена в учебных пособиях.

Стоимость оборудования, производственных зданий и тарифные ставки рабочих принимаются действующими на момент выполнения расчетов.

*Построение и расчет размерных цепей.* Размерная цепь – это совокупность функционально связанных размеров, образующих замкнутый контур и участвующих в решении поставленной задачи обеспечения работоспособности конструкции.

Каждый из размеров, образующих размерную цепь, называют *звеном размерной цепи*. Любая размерная цепь имеет одно исходное (замыкающее) звено и два или более составляющих звеньев.

Исходным называется звено, к которому предъявляется основное требование точности, определяющее качество изделия в соответствии с техническими требованиями. Понятие исходного звена используется при решении прямой задачи, т. е. при проектном расчете.

Исходное звено в процессе сборки изделия получается обычно последним, замыкая размерную цепь. В этом случае такое звено называется *замыкающим*.

Все остальные звенья размерной цепи называются *составляющими*. Среди них различают *увеличивающие* и *уменьшающие* звенья. Увеличивающим называется звено, при увеличении которого замыкающее звено увеличивается. Уменьшающим называется звено, при увеличении которого замыкающее звено уменьшается. Звенья размерной цепи обозначают прописными буквами русского алфавита.

Обычно исходными звеньями являются расстояния между поверхностями или осями, их относительные повороты, которые требуется обеспечить при конструировании машины и достичь в процессе ее изготовления.

В качестве составляющих звеньев размерной цепи могут быть приняты:

- расстояния (относительные повороты) между поверхностями (их осями) деталей, образующими исходное звено;
- расстояния (относительные повороты) между поверхностями вспомогательных и основных баз деталей.

Соблюдая эти положения, для выявления цепи необходимо идти от поверхностей или осей деталей, образующих исходное звено, к поверхностям или осям деталей, размеры которых оказывают влияние на исходное звено, до образования замкнутого контура. Замкнутость контура размерной цепи является одним из условий правильности ее построения. Следует иметь в виду, что правильность выявленной размерной цепи зависит от четкости сформулированной задачи, а поставленную задачу можно решить с помощью только единственной правильно построенной размерной цепи. Все задачи вытекают из требований к точности машины.

*Выбор методов достижения точности сборки.* При разработке конструкции машины конструктором предполагаются методы достижения точности ее параметров. Задача технолога – выяснить воз-

возможность реализации этих методов в реальных условиях производства. Вопрос о выборе того или иного метода достижения точности машины решается на основе технико-экономических расчетов с учетом типа производства. Выбор метода начинается с тщательного изучения сборочных чертежей и установления связей и взаимодействия всех сборочных единиц и деталей, составляющих машину. При этом необходимо четко сформулировать задачи, которые требуется решать в процессе достижения ее точности. Исходя из поставленных задач, находят исходные (замыкающие) звенья и выявляют соответствующие им размерные цепи.

Заданную точность замыкающего звена достигают следующими методами:

- полной взаимозаменяемости;
- неполной взаимозаменяемости;
- групповой взаимозаменяемости;
- регулирования;
- пригонки.

*Метод полной взаимозаменяемости.*

Сущность метода состоит в том, что точность замыкающего звена обеспечивается у всех без исключения деталей, без подбора звеньев или их пригонки.

При этом прямая и обратная задачи решаются методом «максимума–минимума». Этот метод основан на том, что при расчетах учитываются максимальные и минимальные размеры составляющих звеньев и их самые неблагоприятные сочетания в одной сборочной единице.

Метод полной взаимозаменяемости основан на следующих зависимостях.

Уравнение размерной цепи в номиналах:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_{ув} - \sum_{j=1}^n A_{ум}, \quad (7.7)$$

где  $A_{\Delta}$  – номинальное значение замыкающего звена;

$\sum_{i=1}^m A_{ув}$  – сумма увеличивающих звеньев;

$\sum_{j=1}^n A_{ум}$  – сумма уменьшающих звеньев;

$m, n$  – число увеличивающих и уменьшающих звеньев соответственно.

Допуск замыкающего звена:

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^m T_{ув} + \sum_{j=1}^n T_{ум} \quad \text{или} \quad T_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m+n} T_i, \quad (7.8)$$

где  $\sum T_i$  – сумма допусков всех составляющих звеньев;

$m + n$  – число всех составляющих звеньев.

Решение прямой задачи при методе полной взаимозаменяемости выполняют в следующей последовательности:

- записывают параметры исходного (замыкающего) звена: номинальный размер  $A_{\Delta}$ , предельные отклонения  $ESA_{\Delta}$  и  $EIA_{\Delta}$ , допуск  $T_{\Delta} = ESA_{\Delta} - EIA_{\Delta}$ , координату середины поля допуска

$$E_{c\Delta} = \frac{ESA_{\Delta} + EIA_{\Delta}}{2}; \quad (7.9)$$

- по сборочному чертежу изделия выявляют составляющие звенья  $A_i$ , строят размерную цепь, определяют по ней увеличивающие и уменьшающие звенья;

- с учетом масштаба чертежа изделия определяют номинальные размеры составляющих звеньев  $A_i$ ;

- проверяют правильность определения номинальных значений составляющих звеньев по уравнению (7.7);

- определяют среднее значение допусков составляющих звеньев (существует способ назначения допусков одного качества точности):

$$T_{иср} = \frac{T_{\Delta}}{m+n}; \quad (7.10)$$

- по номинальным размерам составляющих звеньев и с учетом полученного среднего значения на все составляющие звенья, кроме одного, назначают стандартные допуски по ГОСТ 25347–82 (на одно звено может быть установлен нестандартный допуск);

- проверяют правильность определения допусков составляющих звеньев по формуле (7.8);

- задают расположение допусков составляющих звеньев, кроме одного звена (для охватываемых поверхностей допуски задают «в плюс», для охватываемых – «в минус», для остальных – симметрично);

- определяют координаты середин полей допусков составляющих звеньев, кроме одного звена:

$$E_{ci} = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}, \quad (7.11)$$

где  $ESA_i$  – верхнее отклонение размера  $A_i$ ;

$EIA_i$  – нижнее отклонение размера  $A_i$ ;

- определяют координату середины поля допуска, оставшегося неизвестным звена из уравнения:

$$E_{c\Delta} = \sum_{yв}^m Ec_{yв} - \sum_{yм}^n Ec_{yм}, \quad (7.12)$$

где  $\sum_{yв}^m Ec_{yв}$  – сумма координат середин полей допусков увеличивающих звеньев;

$\sum_{yм}^n Ec_{yм}$  – сумма координат середин полей допусков уменьшающих звеньев;

- определяют предельные отклонения оставшегося неизвестным звена:

$$ESA_i = E_{ci} + 0,5T_i, \quad EIA_i = E_{ci} - 0,5T_i; \quad (7.13)$$

- выполняют проверку правильности расчетов по формулам:

$$ESA_{\Delta} = \sum_{yв}^m Ec_{yв} - \sum_{yм}^n Ec_{yм} + 0,5 \cdot \sum_{i=1}^{m+n} T_i; \quad (7.14)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum_{yв}^m Ec_{yв} - \sum_{yм}^n Ec_{yм} - 0,5 \cdot \sum_{i=1}^{m+n} T_i.$$

Проверка правильности расчетов может быть выполнена и по другим формулам:

$$ESA_{\Delta} = \sum_{yв}^m ESA_{yв} - \sum_{yм}^n EIA_{yм}; \quad (7.15)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum_{yв}^m EIA_{yв} - \sum_{yм}^n ESA_{yм}.$$

где  $\sum_{yв}^m ESA_{yв}$  – сумма верхних отклонений увеличивающих звеньев;

$\sum_{yм}^n EIA_{yм}$  – сумма нижних отклонений уменьшающих звеньев;

$\sum_{yв}^m EIA_{yв}$  – сумма нижних отклонений увеличивающих звеньев;

$\sum_{yм}^n ESA_{yм}$  – сумма верхних отклонений уменьшающих звеньев.

Допуски составляющих звеньев могут быть назначены по одному из критериев точности вместо определения среднего допуска.

*Метод неполной взаимозаменяемости.*

Сущность метода состоит в том, что точность замыкающего звена обеспечивается не у всех изделий, а только у заранее обусловленной их части. При этом предварительно устанавливается процент риска, т. е. процент изделий, у которых может не обеспечиваться точность замыкающего звена. Следует заметить, что процент риска – это лишь вероятность получения бракованных изделий. Расчет параметров составляющих звеньев при этом выполняют теоретико-вероятностным методом, в основу которого положены следующие математические зависимости:

- уравнение размерной цепи в номиналах:

$$A_{\Delta} = \sum_{yв}^m A_{yв} - \sum_{yм}^n A_{yм}; \quad (7.16)$$

- допуск замыкающего звена

$$TA_{\Delta} = t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2 TA_i^2}, \quad (7.17)$$

где  $t$  – коэффициент, зависящий от процента риска;

$\lambda_i$  – коэффициент, характеризующий закон рассеяния размеров.

При нормальном законе распределения размеров  $\lambda_i^2 = 1/9$ , при неизвестном законе –  $\lambda_i^2 = 1/3$ , при законе равнобедренного треугольника –  $\lambda_i^2 = 1/6$ .

Значения коэффициента  $t$  приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Значения коэффициента  $t$ 

Процент риска $P, \%$	32,00	10,00	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
Коэффициент $t$	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Решение прямой задачи при методе неполной взаимозаменяемости выполняют в такой последовательности:

- записывают параметры исходного (замыкающего) звена: номинальный размер  $A_\Delta$ , предельные отклонения  $ESA_\Delta$  и  $EIA_\Delta$ , допуск  $T_\Delta$ , координату середины поля допуска  $E_{C\Delta}$ ;

- по сборочному чертежу изделия выявляют составляющие звенья  $A_i$ , строят размерную цепь, определяют по ней увеличивающие и уменьшающие звенья;

- с учетом масштаба чертежа изделия определяют номинальные размеры составляющих звеньев  $A_i$ ;

- проверяют правильность определения номинальных значений составляющих звеньев по уравнению (7.16);

- задаются процентом риска  $P$ , определяют значение коэффициента  $t$  (табл. 7.2), устанавливают законы распределения составляющих звеньев и коэффициенты  $\lambda_i$ ;

- определяют среднее значение допусков составляющих звеньев (существует способ назначения допусков одного качества точности):

$$T_{icp} = \frac{T_\Delta}{t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2}}; \quad (7.18)$$

- по номинальным размерам составляющих звеньев и с учетом полученного среднего значения на все составляющие звенья, кроме одного, назначают стандартные допуски по ГОСТ 25347-82 (на одно звено может быть установлен нестандартный допуск);

- проверяют правильность определения допусков составляющих звеньев по формуле (7.17);

- задают расположение допусков составляющих звеньев, кроме одного звена (для охватываемых поверхностей допуски задают «в плюс», а для охватываемых – «в минус», для остальных – симметрично);

- определяют координаты середин полей допусков составляющих звеньев, кроме одного звена, по формуле (7.11);

- определяют координату середины поля допуска, оставшегося неизвестным звена из уравнения (7.12);

- определяют предельные отклонения оставшегося неизвестным звена по формулам (7.13);

- выполняют проверку правильности расчетов по формулам:

$$\begin{aligned} ESA_\Delta &= \sum_{i=1}^m E_{c_{yв}} - \sum_{i=1}^n E_{c_{yм}} + t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2 (0,5TA_i)^2}; \\ EIA_\Delta &= \sum_{i=1}^m E_{c_{yв}} - \sum_{i=1}^n E_{c_{yм}} - t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2 (0,5TA_i)^2}. \end{aligned} \quad (7.19)$$

*Метод групповой взаимозаменяемости.*

Сущность метода состоит в том, что точность замыкающего звена обеспечивается у заранее установленной группы изделий, объединенных по какому-либо признаку. На все изделия группы распространяются положения метода полной взаимозаменяемости, т. е. при расчетах учитываются максимальные и минимальные размеры составляющих звеньев и их самые неблагоприятные сочетания в одной сборочной единице.

*Методы регулирования и пригонки.*

Метод регулирования – это метод, при котором точность замыкающего звена достигается изменением размера или положения компенсирующего звена без снятия слоя металла. При использовании этого метода в конструкцию изделия вводится специальная деталь – компенсатор. Компенсаторы могут быть неподвижными, подвижными, упругими.

Неподвижные компенсаторы обычно выполняют в виде прокладок, колец, втулок, плит и т. п. Собираемые детали в этом случае изготавливаются по расширенным, экономически целесообразным производственным допускам. Тогда производственный допуск замыкающего звена

$$TA'_\Delta = \sum_{i=1}^{m-2} TA'_i, \quad (7.20)$$

где  $TA'_i$  – производственные (увеличенные) допуски составляющих звеньев.

Величина компенсации определяется по формуле

$$T_k = TA'_\Delta - TA_\Delta - TA_{\text{МК}}, \quad (7.21)$$

где  $TA_\Delta$  – допуск замыкающего звена, установленный сборочным чертежом;

$TA_{\text{МК}}$  – допуск на изготовление компенсатора.

По принятым производственным допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев определяются координаты их середин полей допусков, кроме компенсирующего звена:

$$E'_{ci} = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}. \quad (7.22)$$

По полученным в соответствии с (7.22) результатам рассчитывается координата середины поля производственного допуска замыкающего звена:

$$E'_{c\Delta} = \sum^m E'_{c_{\text{УВ}}} - \sum^n E'_{c_{\text{УМ}}}. \quad (7.23)$$

Далее определяется величина компенсации координаты середины поля производственного допуска замыкающего звена:

$$E_{\text{СК}} = \pm(E_{c\Delta} - E'_{c\Delta}). \quad (7.24)$$

В формуле (7.24) знак «плюс» принимается в том случае, если компенсатор является увеличивающим звеном, а знак «минус» – уменьшающим звеном.

После этого рассчитываются предельные значения величины необходимой компенсации:

$$\begin{aligned} ES_k &= E_{\text{СК}} + \frac{T_k}{2}; \\ EI_k &= E_{\text{СК}} - \frac{T_k}{2}. \end{aligned} \quad (7.25)$$

При этом, если получено  $EI_k > 0$ , то расчет продолжается по формулам (7.27), (7.28). Если  $EI_k < 0$ , что не имеет физического смысла, то необходимо изменить координату поля допуска одного (любого) из составляющих звеньев на величину  $E''_{ci} = E'_{ci} - EI_k$  (для увеличивающего звена) или  $E''_{ci} = E'_{ci} + EI_k$  (для уменьшаю-

щего звена). После этого рассчитываются новые предельные отклонения для измененного звена:

$$\begin{aligned} ESA''_i &= E''_{ci} + 0,5TA'_i; \\ EIA''_i &= E''_{ci} - 0,5TA'_i. \end{aligned} \quad (7.26)$$

Затем устанавливают толщину одной прокладки компенсирующего звена из условия

$$S \leq TA_\Delta. \quad (7.27)$$

Необходимое количество прокладок рассчитывают по формуле

$$N = \frac{T_k}{S}. \quad (7.28)$$

Рекомендуемое значение –  $N = 5 - 7$ .

*Технологическая схема сборки.* Последовательность сборки, в основном, определяется конструкцией изделия, компоновкой деталей, методами достижения требуемой точности и может быть представлена в виде технологической схемы сборки – наглядного изображения порядка сборки машины и входящих в нее деталей сборочных единиц или комплектов. Эта схема позволяет наглядно представить весь технологический процесс, проверить правильность намеченной последовательности операций. На этих схемах каждый элемент изделия обозначают прямоугольником, в котором указывают наименование составной части, позицию на сборочном чертеже изделия, количество. Деталь или ранее собранная сборочная единица, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней другие детали и сборочные единицы, называется базовой деталью или базовой сборочной единицей. Процесс сборки изображается на схеме горизонтальной (вертикальной) линией в направлении от прямоугольника с изображением базовой детали до прямоугольника, изображающего готовое изделие. Сверху и снизу от горизонтальной или справа и слева от вертикальной линии показывают прямоугольники, условно обозначающие детали и сборочные единицы в последовательности присоединения их к базовой детали. На схеме сборки также условными обозначениями (кружками, треугольниками и буквами) показывают места регулировки, пригонки и другие операции.

Использование технологических схем сборки целесообразно в любом производстве. В массовом и серийном производствах схемы позволяют быстрее освоить сборку сложных машин, когда не налажено еще нормальное поступление деталей на сборку. При единич-

ном производстве тяжелых машин наличие схем сборки обычно достаточно для осуществления сборочного процесса. Технологическая схема сборки дает возможность мастеру и слесарю-сборщику быстро ориентироваться в последовательности сборки имеющихся деталей, не отступая от технологического процесса, а также устанавливать порядок сборки и поступления деталей.

Связь сборочного процесса с конструкцией изделий требует от технолога перед непосредственным проектированием процесса сборки тщательного изучения конструктивной связи деталей и сборочных единиц изделия. Технолог должен определить сборочные единицы изделия, выделив базовые элементы и количество разъемов, проверить возможность обеспечения требуемой точности сборки, установить шифр или индекс каждой сборочной единицы для разработки технологической документации.

При выделении сборочных единиц одним из условий является возможность сборки каждой сборочной единицы независимо от других. Кроме сборочных единиц определяют детали и составные части изделия, которые поступают в готовом виде.

Сборку любой машины и ее отдельного механизма нельзя осуществлять в произвольной последовательности. Очередность соединений деталей определяется, прежде всего, конструкцией собираемого изделия или его частей, а также степенью дифференциации сборочных работ.

Проектированию технологической схемы сборки предшествует деление изделия на ряд сборочных единиц и деталей.

Технологическая схема сборки является основной для проектирования технологического процесса сборки. Эта схема является графическим представлением последовательности выполнения сборочных операций (переходов) и позволяет наглядно представить весь технологический процесс, проверить правильность намеченной последовательности операций. Технологическая схема сборки выполняется на 1–1,5 листах формата А1. Детали на схеме сборки изображаются в виде прямоугольников, состоящих из трех частей (рис. 7.3). В первой части слева указывается позиция детали на сборочном чертеже, во второй – наименование детали по спецификации сборочного чертежа, в третьей – количество деталей. Все прямоугольники должны иметь одинаковую длину. Ширина прямоугольника зависит от наименования детали, записанного в одну или две строки.

24	Кольцо А20 ГОСТ 13942–68	1
27	Подшипник 7205 ГОСТ 333–71	4

Рис. 7.3. Порядок изображения деталей на схеме сборки

При сборке сложного изделия иногда бывает целесообразно сначала разработать общую технологическую схему сборки изделия, а после этого – схемы узловых сборок, т. е. схемы сборки узлов первого, второго и более высоких порядков.

На схеме сборки условными обозначениями (кружками, треугольниками с буквами) показывают места регулировки, пригонки и другие операции.

В качестве примера (рис. 7.4) представлена технологическая схема сборки червячного редуктора, изображенного на рис. 7.5. Наименования деталей и изделий взяты из спецификации (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Спецификация деталей червячного редуктора

Позиция	Наименование	Количество
1	2	3
	<u>Документация</u>	
	Сборочный чертеж	
	<u>Детали</u>	
1	Корпус	1
2	Крышка	1
3	Прокладка	1
4	Крышка	1
5	Прокладка	1
6	Венец колеса	1



Окончание табл. 7.3

1	2	3
7	Ступица колеса	1
8	Прокладка	2
9	Крышка	1
10	Вал червячного колеса	1
11	Кольцо	1
12	Прокладка	1
13	Крышка	1
14	Червяк	1
15	Шайба	1
16	Прокладка	1
17	Крышка	1
18	Крышка	1
19	Пробка	1
	<u>Стандартные изделия</u>	
	<u>Болты ГОСТ 7798-70</u>	
20	M6-6gx10	5
21	M8-6gx15	24
22	M8-6gx18	4
23	M8-6gx40	4
24	Кольцо А20 ГОСТ 13942-68	1
25	Манжета 1-20 x 35-3 ГОСТ 8752-70	1
26	Манжета 1-25 x 35-3 ГОСТ 8752-79	1
27	Подшипник 7205 ГОСТ 333-71	4
28	Подшипник 204 ГОСТ 8338-89	1
29	Пробка М10х1,0 ГОСТ 12202-66	1
30	Прокладка П 10х14х1 ГОСТ 3138-62	1
31	Шайба стопорная 6,5 ГОСТ 3693-81	1
32	Шайба 6. 65Г ГОСТ 6402-70	4
33	Шайба 8. 65Г ГОСТ 6402-70	32
34	Шпонка 8х7х35 ГОСТ 23360-78	1
35	Гайка М8-6Н ГОСТ 3915-10	8

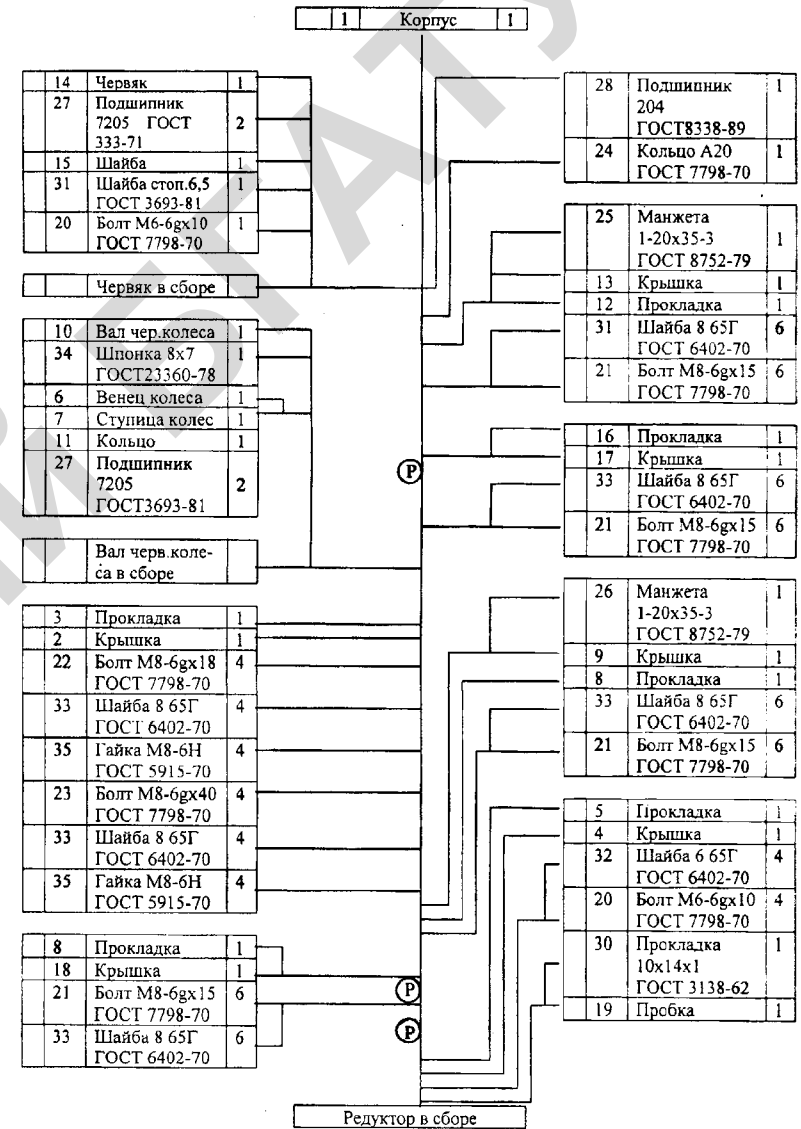


Рис. 7.4. Технологическая схема сборки червячного редуктора

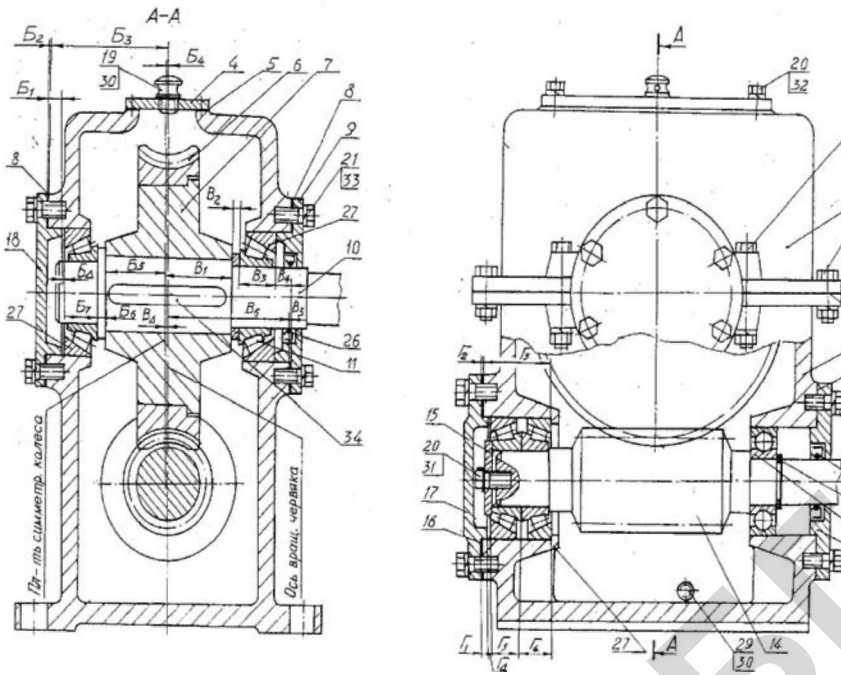


Рис. 7.5. Червячный редуктор в сборе

Разработка рационального технологического процесса сборки.

На основе анализа базового технологического процесса и составленной схемы сборки формируются сборочные операции.

Принятый технологический процесс оформляется в виде таблицы 7.4.

Таблица 7.4

Принятый вариант техпроцесса сборки

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование

Разработка технологического процесса сборки ведется на основе исходных данных с учетом основных правил, изложенных в ГОСТ 14.307–73, и включает в себя комплекс взаимосвязанных работ, осуществляемых обычно в приведенном ниже порядке.

1. В зависимости от годового объема выпуска устанавливается целесообразная организационная форма сборки. При этом общую трудоемкость сборки изделия ориентировочно можно определить методом сравнения с трудоемкостью сборки аналогичных машин.

2. Проводится технологический анализ сборочных чертежей и рабочих чертежей деталей с позиции отработки технологичности конструкций. Сборочные чертежи при этом должны содержать все необходимые виды и разрезы, спецификации, размеры, выдерживаемые при сборке, зазоры в соединениях, которые должны быть обеспечены при сборке, технические условия.

3. Проводится размерный анализ конструкций собираемых изделий с выполнением соответствующих расчетов, и устанавливаются рациональные методы достижения точности замыкающих звеньев.

4. Выполняется расчленение изделия на сборочные единицы. При этом учитывают следующие обстоятельства: выделение того или иного соединения в сборочную единицу должно быть возможным и целесообразным как в конструктивном, так и в технологическом отношении; должна быть обеспечена правильная технологическая связь и последовательность сборочных операций; на общую сборку должны подаваться в возможно большем количестве предварительно скомплектованные сборочные единицы и в возможно меньшем количестве отдельные детали; общая сборка должна быть максимально освобождена от выполнения мелких сборочных соединений и различных вспомогательных работ.

5. Устанавливается последовательность соединения всех сборочных единиц и деталей изделия, составляются схемы сборки изделия и узлов [13].

6. Определяется целесообразная в данных производственных условиях степень концентрации (дифференциации) проектируемого процесса сборки.

7. Определяются наиболее производительные, экономичные и технически целесообразные способы соединения, проверки положений и фиксации всех составляющих изделие сборочных единиц и деталей. Формируется структура и содержание технологических операций сборки, и задаются методы контроля и окончательных испытаний изделия.

8. Для каждой технологической операции выбираются требуемые слесарно-сборочные инструменты и оборудование. Разрабатывается необходимая для выполнения технологического процесса нестандартная технологическая оснастка.

9. Проводится техническое нормирование сборочных работ [14, 15], рассчитываются экономические показатели процесса сборки.

10. Оформляется технологическая документация процесса сборки.

*Расчет зазоров и натягов.* Для расчета режимов сборки и выбора сборочных инструментов и оборудования в дипломном проекте предварительно рассчитываются предельные зазоры и натяги в соединениях сборочной единицы. Для этого на сборочном чертеже обозначаются посадки соединений, выписываются предельные отклонения валов и отверстий, строятся схемы полей допусков (рис. 7.6), рассчитываются предельные зазоры и натяги по формулам:

$$\begin{aligned}
 N_{\max} &= es - EI; \\
 N_{\min} &= ei - ES; \\
 S_{\max} &= ES - ei; \\
 S_{\min} &= EI - es,
 \end{aligned}
 \tag{7.29}$$

где  $es$  и  $ei$  – верхнее и нижнее предельные отклонения размеров вала соответственно;

$ES$  и  $EI$  – верхнее и нижнее предельные отклонения размеров отверстия соответственно.

Результаты расчетов представляют в форме таблицы 7.5.

Таблица 7.5

Предельные зазоры и натяги в соединениях первичного вала

Соединение	Предельные отклонения вала, мкм		Предельные отклонения отверстия, мкм		Предельные натяги (N), Зазоры (S), мкм			
	$E_s$	$e_i$	$ES$	$EI$	$N_{max}$	$N_{min}$	$S_{max}$	$S_{min}$
$\varnothing 40 \frac{H7}{n6}$	+33	+17	+25	0	33	-	8	-
$\varnothing 62 \frac{H7}{16}$	0	-12	+30	0	-	-	42	0
$\varnothing 30 \frac{L6}{k6}$	+15	+2	0	-8	23	2	-	-
$12 \frac{N9}{h9}$	0	-43	0	-43	43	-	43	-

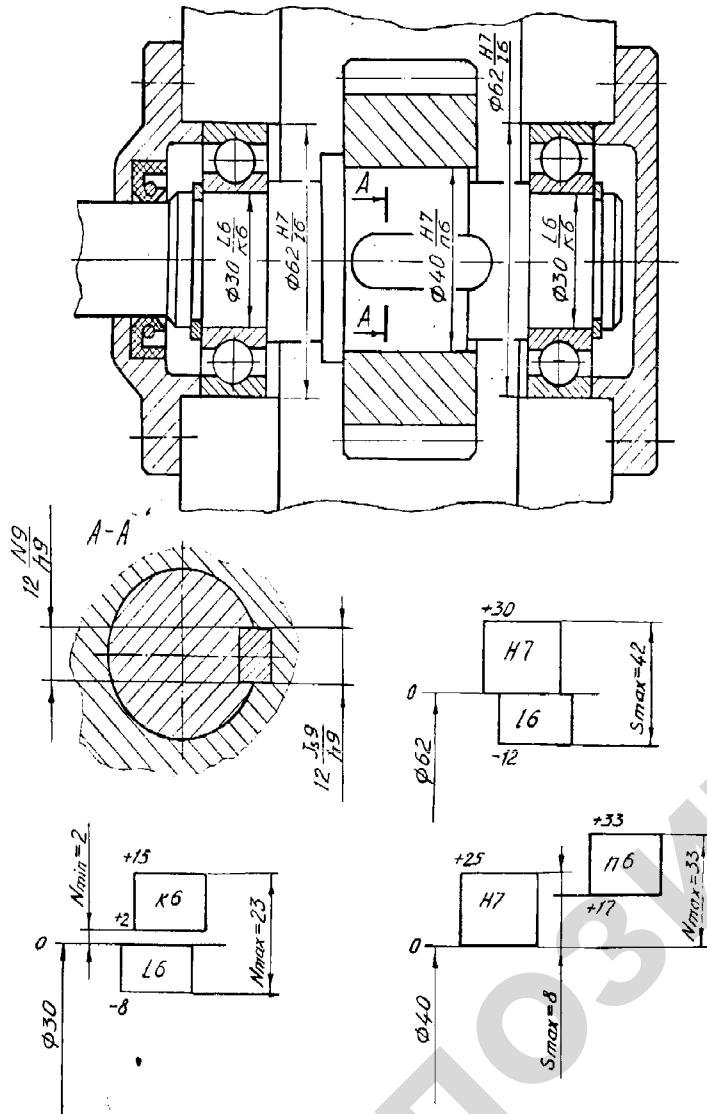


Рис. 7.6. Первичный вал редуктора в сборе и схемы полей допусков соединений

Расчет режимов сборки соединений с натягом. Для сборки соединений с натягом применяют следующие способы:

- механическая запрессовка при нормальной температуре;
- сборка с нагревом охватывающей детали (отверстия);
- сборка с охлаждением охватываемой детали (вала).

Механическая запрессовка является наиболее известным и несложным процессом, применяется при относительно небольших натягах

$$N_{max} \leq 0,001d, \quad (7.30)$$

где  $d$  – номинальный диаметр соединения.

При таком способе сборки микронеровности частично сминаются, и фактический натяг в соединении уменьшается. Поэтому шероховатость посадочных поверхностей назначают в пределах  $Ra \leq 1,25$  мкм.

Необходимое усилие запрессовки рассчитывается по формуле

$$P = f \pi d L p, \quad (7.31)$$

где  $f$  – коэффициент трения на контактных поверхностях ( $f = 0,08-0,1$ );

$d$  – номинальный диаметр соединения, м;

$L$  – длина сопрягаемых поверхностей, м;

$p$  – давление на поверхности контакта, МПа.

Давление на поверхности контакта рассчитывается по формуле

$$P = \frac{N_{\max} \cdot 10^{-6}}{d \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (7.32)$$

где  $N_{\max}$  – максимальный натяг в соединении, мкм;

$C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты для охватываемой (вала) и охватывающей (отверстия) деталей соответственно (табл. 7.6);

$E_1$  и  $E_2$  – модули упругости материалов вала и отверстия соответственно (табл. 7.7), Н/м<sup>2</sup>.

Таблица 7.6

Значения коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$

$\frac{d_1}{d}$ или $\frac{d}{d_2}$	$\mu_1 = \mu_2 = 0,3$		$\mu_1 = \mu_2 = 0,25$	
	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$
1	2	3	4	5
0,00	0,7	~1,3*	0,75	~1,25*
0,1	0,72	1,32	0,77	1,27
0,2	0,78	1,38	0,83	1,33
0,3	0,89	1,49	0,95	1,45
0,4	1,08	1,68	1,13	1,63
0,5	1,37	1,97	1,42	1,92
0,6	1,83	2,43	1,88	2,37
0,7	2,62	3,22	2,67	3,17
0,8	4,25	4,85	4,30	4,80
0,9	9,23	9,83	9,28	9,78

Примечание. \* при  $d_2 \geq d$ .

Коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$  могут быть рассчитаны по формулам:

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2} + \mu_2, \quad (7.33)$$

где  $d_1$  – диаметр отверстия вала (см. рис. 7.9);

$d_2$  – наружный диаметр втулки (см. рис. 7.9);

$\mu_1$  и  $\mu_2$  – коэффициенты Пуассона для охватываемой и охватывающей деталей соответственно (табл. 7.7).

Таблица 7.7

Значение модулей упругости  $E$  и коэффициентов Пуассона  $\mu$

Материал	$E$ , Н/м <sup>2</sup>	$\mu$
Сталь и стальное литье	$(1,96-2,00) \cdot 10^{11}$	0,3
Чугунное литье	$(0,74-1,05) \cdot 10^{11}$	0,25
Бронза	$0,84 \cdot 10^{11}$	0,35
Латунь	$0,78 \cdot 10^{11}$	0,38
Пластмассы	$(0,005-0,35) \cdot 10^{11}$	

Для сплошного вала  $d_1 = 0$  и  $C_1 = 1 - \mu_1$ . При запрессовке втулки в массивный корпус  $d_2 \rightarrow \infty$ , а  $C_2 = 1 + \mu$ .

По рассчитанному значению усилия запрессовки  $P$  подбирают модель прессы с учетом коэффициента запаса  $k = 1,5$ .

Деформации, возникающие в процессе запрессовки, вызывают увеличение диаметра охватывающей детали  $\Delta d_2$  и уменьшение внутреннего диаметра  $\Delta d_1$ :

$$\Delta d_2 = \frac{2 \cdot p \cdot d_2 \cdot d^2}{E_2 \cdot (d_2^2 - d^2)}; \quad \Delta d_1 = \frac{2 \cdot p \cdot d_1 \cdot d^2}{E_1 \cdot (d^2 - d_1^2)}. \quad (7.34)$$

Если эти изменения диаметров имеют существенные значения и размеры собранных деталей выходят за пределы установленных допусков, то в технологическом процессе необходимо предусмотреть операции по их восстановлению.

Пример расчета усилия запрессовки.

Исходные данные: втулка запрессовывается на сплошной вал (рис. 7.7). Диаметр соединения  $\varnothing 40 H7/p6$ , наружный диаметр втулки  $d_2 = 60$  мм, материал вала и втулки – сталь 45, длина соединения  $L = 30$  мм.

Справочные данные: коэффициент трения  $f = 0,1$ ; модули упругости  $E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>; коэффициент Пуассона  $\mu_1 = \mu_2 = 0,3$ ; размер вала  $d = 40p6 \left( \begin{smallmatrix} +0,042 \\ +0,026 \end{smallmatrix} \right)$ , размер отверстия  $d = 40H7 \left( \begin{smallmatrix} +0,025 \end{smallmatrix} \right)$ .

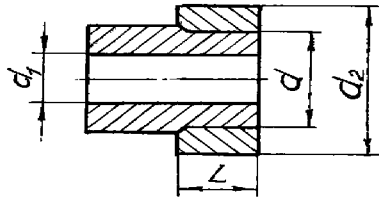


Рис. 7.7. Эскиз соединения запрессовкой

Максимальный натяг в соединении по формуле (7.29):

$$N_{\max} = 42 - 0 = 42 \text{ мкм.}$$

Коэффициент  $C_1$  при сплошном вале равен 0,7. Отношение  $d/d_2 = 40/60 = 0,66$ . Следовательно,  $C_2 = 2,9$  (см. табл. 7.6).

Давление на поверхности контакта определяют по формуле (7.32):

$$P = \frac{42 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-3} \left( \frac{0,7}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{2,9}{2 \cdot 10^{11}} \right)} = 58,3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Необходимое усилие запрессовки по формуле (7.31):

$$P = 0,1 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 58,3 \cdot 10^6 = 21967 \text{ Н} = 22 \text{ кН.}$$

Необходимое усилие прессы:

$$Q = k \cdot P = 1,5 \cdot P;$$

$$Q = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ кН.}$$

Принимаем пресс модели П6320 с номинальным усилием 100 кН.

Возможное увеличение наружного диаметра  $d_2$  втулки согласно формуле (7.34):

$$\Delta d_2 = \frac{2 \cdot 58,3 \cdot 10^6 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot (40 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 10^{11} \left( (60 \cdot 10^{-3})^2 - (40 \cdot 10^{-3})^2 \right)} = 28 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 28 \text{ мкм.}$$

Сборка соединений с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали применяется как при относительно больших, так и при небольших натягах.

Для нагрева деталей используют следующие средства: кипящую воду ( $t \leq 100^\circ\text{C}$ ), масляную ванну ( $t = 110\text{--}130^\circ\text{C}$ ), газовые горелки,

нагревательные шкафы или печи, установки ТВЧ. Во избежание структурных изменений металла не рекомендуется нагревать детали выше  $400^\circ\text{C}$ .

Способ сборки с охлаждением охватываемой детали уступает способу с нагревом, так как при нем возможна сборка с меньшими натягами в связи с ограничением температуры охлаждения. В качестве средств охлаждения используют: сухой лед ( $t = -79^\circ\text{C}$ ), сухой лед со спиртом ( $t = 100^\circ\text{C}$ ), жидкий азот ( $t = -196^\circ\text{C}$ ). Этот способ имеет преимущественное применение при сборке тонкостенных деталей (втулок) с массивными корпусами.

Температура нагрева охватывающей детали рассчитывается по формуле

$$t = \frac{N_{\max} + S_{\text{сб}}}{\alpha \cdot d} + t_{\text{сб}}, \quad (7.35)$$

где  $N_{\max}$  – максимальный натяг в соединении, мм;

$S_{\text{сб}}$  – минимально необходимый зазор при сборке, принимается равным  $S_{\text{мин}}$  в посадке H7/g6 (табл. 7.8), мм;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения материала детали (табл. 7.9), град<sup>-1</sup>;

$d$  – диаметр соединения, мм;

$t_{\text{сб}}$  – температура помещения сборки, °C.

Температура охлаждения охватываемой детали рассчитывается по формуле

$$t = t_{\text{сб}} - \frac{N_{\max} + S_{\text{сб}}}{\alpha \cdot d}. \quad (7.36)$$

Таблица 7.8

Минимальные зазоры  $S_{\text{сб}}$  (минимальные зазоры посадки H7/g6), мм

Диаметр соединения $d$	1–3	3–6	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80
Зазор $S_{\text{сб}}$	0,002	0,004	0,005	0,006	0,007	0,009	0,010
Диаметр соединения $D$	80–120	120–180	180–250	250–315		315–400	400–500
Зазор $S_{\text{сб}}$	0,012	0,014	0,015	0,017	0,018	0,020	

В качестве примера рассмотрим сборку вала и втулки  $\varnothing 40$  H7/p6 с нагревом втулки. Исходные данные: втулка закаленная ( $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  град $^{-1}$ ),  $N_{\max} = 0,042$  мм,  $t_{\text{об}} = + 20$  °С,  $S_{\text{об}} = 0,009$  мм (см. табл. 7.9).

Необходимая температура нагрева втулки по формуле (7.35):

$$t = \frac{0,042}{12 \cdot 10^{-6} \cdot 40} + 20 = 127 \text{ °С.}$$

Таблица 7.9

Коэффициенты линейного расширения металлов и сплавов  $\alpha$

Материал	$\alpha$	Материал	$\alpha$
Сталь незакаленная	$11,5 \cdot 10^{-6}$	Латунь	$(17-21) \cdot 10^{-6}$
Сталь закаленная	$12,0 \cdot 10^{-6}$	Дюралюминий	$22,6 \cdot 10^{-6}$
Чугун	$(10-11,4) \cdot 10^{-6}$	Титановые сплавы	$8,4 \cdot 10^{-6}$
Бронза	$17,5 \cdot 10^{-6}$	Цинковые сплавы	$27,7 \cdot 10^{-6}$

*Расчет режимов сборки соединений с подшипниками качения.*

Подшипники на вал и в корпус могут устанавливаться с зазорами или натягами. При установке подшипника усилие необходимо прикладывать к тому кольцу подшипника, которое устанавливается с натягом. Во избежание перекосов прикладываемое усилие должно быть равномерно распределено по всему торцу кольца. В том случае, когда запрессовывают оба кольца подшипника, усилие запрессовки прикладывают одновременно к торцам обоих колец с помощью специальной оправки.

Необходимое усилие запрессовки рассчитывается по формуле

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} N_{\Phi} \cdot f \cdot \pi \cdot B \cdot E \cdot \left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2, \quad (7.37)$$

где  $N_{\Phi}$  – фактический натяг в соединении, мм;

$f$  – коэффициент трения ( $f = 0,1-0,15$ );

$B$  – ширина подшипника, мм;

$E$  – модуль упругости ( $E = 2,12 \cdot 10^{11}$  Н/м $^2$ );

$d$  – диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника.

$$d_0 = d + \frac{D-d}{4}, \quad (7.38)$$

где  $D$  – наружный диаметр подшипника.

Фактический натяг  $N_{\Phi}$  приближенно можно определить по формуле

$$N_{\Phi} = 0,8 \cdot N_{\max}, \quad (7.39)$$

где  $N_{\max}$  – максимальный натяг в соединении.

В качестве примера рассмотрим соединение подшипника с валом (см. рис. 7.6). Исходные данные: подшипник № 206,  $D = 62$  мм,  $d = 30$  мм,  $B = 16$  мм,  $N_{\max} = 0,023$  мм (посадка  $\varnothing 30$  L6/k6).

Фактический натяг в соединении:

$$N_{\Phi} = 0,8 \cdot 0,023 = 0,018 \text{ мм.}$$

Диаметр:

$$d_0 = 30 + \frac{62-30}{4} = 38 \text{ мм.}$$

Необходимое усилие при запрессовке:

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,018 \cdot 0,12 \cdot 3,14 \cdot 16 \cdot 2,12 \cdot 10^{11} \cdot \left(1 - \frac{30}{38}\right)^2 = 510 \text{ Н}$$

Сборка подшипника с валом существенно облегчается, если использовать нагрев подшипника. Для нагрева применяют масляные ванны с регуляторами температуры в пределах 80–100 °С.

Для полного исключения натяга при установке подшипника на вал разность их температур должна составлять:

$$\Delta t \geq \frac{N_{\Phi}}{\alpha \cdot d}. \quad (7.41)$$

Однако температура нагрева подшипника не должна превышать 100 °С во избежание ухудшения механических свойств его материала.

При установке подшипника в корпус с натягом применяют его охлаждение до  $-75$  °С или нагрев корпуса, если позволяет его конструкция. Для охлаждения подшипника можно использовать, например, сухой лед.

*Техническое нормирование.* Расчет технических норм времени выполняется на все операции технологического процесса сборки по аналогии с механической обработкой (см. раздел 6.8). Для двух опе-

раций в пояснительной записке приводится подробный расчет норм времени по элементам.

Количество рабочих-слесарей ( $R_{сл}$ ) для слесарной обработки отдельных деталей определяется по формуле

$$R_{сл} = \frac{\sum t_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot F_{др}}, \quad (7.42)$$

где  $t_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время на слесарную обработку одной детали, мин;

$N$  – количество деталей одного наименования, обрабатываемых в год;

$F_{др}$  – действительный (расчетный) годовой фонд времени рабочего, ч.

Количество рабочих-сборщиков ( $R_{сб}$ ) для стационарной сборки узлов и машин определяется по формуле

$$R_{сб} = \frac{\sum t_{шт-к} \cdot M}{60 \cdot F_{др}}, \quad (7.43)$$

где  $t_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время на сборку узла или целой машины, мин;

$M$  – количество машин или узлов одного наименования, собираемых в год.

При определении количества рабочих следует иметь в виду возможность совмещения работ разных профессий.

*Планировка участка.*

Расположение оборудования и рабочих мест в сборочном цехе должно соответствовать последовательности выполнения сборочного процесса. Такое расположение обеспечивает наиболее короткий путь перемещения деталей и сборочных единиц.

В общем случае рабочие места в цехе (на участке) должны располагаться в следующем порядке:

- слесарная обработка деталей (в случаях, когда она необходима);
- сборка подузлов и узлов;
- общая сборка машины;
- регулировка и обкатка машины;
- испытание машины;
- окраска и консервация машины.

*Расчет площади сборочного участка (цеха).*

Площадь сборочного участка может быть определена по удельной площади, приходящейся на одного производственного рабочего, по формуле

$$F = f \cdot R_{см}, \quad (7.44)$$

где  $f$  – удельная площадь на одного производственного рабочего, м<sup>2</sup>;

$R_{см}$  – количество рабочих наиболее многочисленной смены.

Удельная площадь на одного слесаря (без сборочных площадей) составляет 5–6 м<sup>2</sup>.

## 7.5. Конструирование сборочных приспособлений

*Сборочное приспособление.* Этот раздел расчетно-пояснительной записки должен иметь конкретное название, например, «Приспособление для запрессовки». В общем случае этот раздел включает следующие подразделы:

- назначение и устройство приспособления;
- силовой расчет приспособления;
- выбор привода;
- расчет элементов приспособления на прочность;
- расчет приспособления на точность.

В описании назначения и устройства приспособления указывается, для выполнения какой операции оно предназначено, где устанавливается, из каких узлов (деталей) состоит, как базируется в приспособлении деталь, как действует приспособление при закреплении (откреплении) детали. При описании используются позиции сборочного чертежа приспособления. Последовательность проектирования приспособлений изложена в учебнике [25].

*Контрольное приспособление.* Раздел должен включать следующие подразделы:

- назначение и устройство приспособления;
- порядок (правила) выполнения измерений и обработки результатов;
- расчет приспособления на точность.

В описании назначения и устройства приспособления указывается, для контроля каких параметров или расположения поверхностей сборочной единицы оно предназначено, из каких узлов (деталей) состоит.

Порядок выполнения измерений включает описание способа установки измеряемой единицы в приспособлении или установки



приспособления на сборочную единицу, измерений и методику обработки их результатов.

Расчет приспособления на точность сопровождается составлением размерных цепей, определением погрешностей промежуточных звеньев и отсчетных устройств, погрешностей базирования и т. д.

### **7.6. Оформление технологической документации и чертежей оснастки**

Разработанный технологический процесс разборки (сборки) сборочной единицы оформляют комплектом технологической документации, состав которого определяют ГОСТ 3.1119–83 и ГОСТ 3.1121–84. В соответствии с РТМ 10–05.0001.005–87 «Применение стандартов ЕСТД на ремонт сельскохозяйственной техники» технологический процесс разборки сборочной единицы оформляется маршрутным описанием.

В дипломном проекте, посвященном разработке технологических процессов сборки, оформляются следующие документы:

- маршрутные карты (МК), в которых даются описания операций сборки и указания сопутствующих операций (процессов) в технологической последовательности их выполнения;

- операционные карты (ОК) с описанием всех операций по технологическим переходам с указанием соответствующих технологических режимов.

Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы сборки содержатся в ГОСТ 3.1407–86. В приложении 7 приведены примеры заполнения маршрутной и операционной карт сборки, а отдельные виды слесарно-сборочного инструмента и оборудования приведены в приложении 8.

В таблице 7.10 указано содержание отдельных граф операционных карт. При описании операций в приведенных формах запись информации следует выполнять в следующем порядке с привязкой к служебным символам К/М, 0, Т, Р (для форм с горизонтальным расположением поля подшивки).

Описание содержания переходов в операциях следует выполнять с привязкой к служебному символу 0 по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки. Запись переходов и операций начинается с ключевых слов, перечень которых приведен в таблице 7.11.

## Содержание граф операционных карт

Номер графы	Номер формы ОК	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание графы
1	1, 1a	–	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Запись выполняют на уровне одной строки, например, КО6, МО4. Допускается при указании номера строки в пределах от 01 до 09 применять вместо знака 0 знак Ø, например, МØ4
2	1, 2	Код, наименование операции	Код операции по технологическому классификатору операций, наименование операции, допускается код операции не указывать
3	1, 2	Обозначение документа	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, технологическая инструкция. Состав документов следует указывать через разделительный знак «,»
4	1, 2	МИ	Масса изделия по конструкторскому документу
5	1	–	Резервная графа. Графу можно использовать для записи информации об оборудовании
6	1, 2	Код, наименование оборудования	Код, краткое наименование оборудования. Информацию следует указывать через разделительный знак «,». Допускается указывать модель без инвентарного номера

Окончание табл. 7.10

Номер графы	Номер формы ОК	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание графы
7	1, 2	$T_{\text{в}}$	Вспомогательное время на операцию
8	1, 2	$T_{\text{о}}$	Основное время на операцию
9	1, 1a	Наименование детали, сб. ед. или материала	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов для выполнения операции. Допускается вносить сведения о толщине материала
10	1, 1a	Код, обозначение	Обозначение (код) деталей, сборочных единиц по КД или материала по классификатору
11	1, 1a	ОПП	Обозначение подразделения производства, откуда поступают комплектующие детали, сборочные единицы или материалы; при разработке – куда поступают
12	1, 1a	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т.п.) детали, заготовки, материала по классификатору
13	1, 1a	ЕН	Единица нормирования, например, 1, 10, 100
14	1, 1a	КИ	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия; при разборке – получаемых
15	1, 1a	$N_{\text{расх}}$	Норма расхода материала

Таблица 7.11  
Ключевые слова и их условные коды по ГОСТ 3.1703–79

Условный код	Ключевое слово	Условный код	Ключевое слово
01	Балансировать	20	Притереть
02	Базировать	30	Пломбировать
05	Гнуть	19	Полировать
04	Гравировать	31	Разметить
03	Завить	21	Разрезать
06	Застегнуть	24	Развернуть
81	Закрепить	32	Развинтить
08	Запрессовать	25	Развальцевать
07	Зачистить	33	Распрессовать
12	Застопорить	34	Расшплинтовать
10	Зенковать	35	Разобрать
09	Калибровать	36	Распломбировать
14	Карнить	37	Расштифтовать
22	Контрить	29	Сверлить
18	Клепать	89	Смазать
23	Маркировать	39	Свинтить
13	Нарезать	40	Склеить
11	Навить	41	Собрать
26	Нанести	91	Установить
15	Опилить	38	Центровать
27	Отрубить	42	Шабрить
28	Очистить	43	Шплинтовать
16	Отрезать	44	Штифтовать
17	Править	45	Довести

Указание данных по технологической оснастке следует выполнять с привязкой к служебному символу Т в такой последовательности: стапели, приспособления, вспомогательный инструмент, слесарный и слесарно-монтажный инструмент, режущий инструмент, специальный инструмент, средства измерений.

Запись выполняется по всей длине строки. Для внесения изменений следует оставлять незаполненными одну-две строки между информацией о комплектующих составных частях изделия и данных об основных и вспомогательных материалах, а также перед описанием содержания первого перехода.

При подготовке форм 1 и 1а операционных карт допускается предусматривать в формах документов зоны для внесения графических иллюстраций к процессам и операциям. Эти зоны следует располагать в нижней части форм документов. Размеры зон устанавливает разработчик документов.

Приведенные в таблице 7.11 ключевые слова записываются на первом месте в содержании перехода или операции. Например, «Опилить заготовку, выдерживая размеры 1 и 2». Перечень сборочных операций регламентирован ГОСТ 3.1703–79.

Все сборочные чертежи, представленные в графической части проекта, должны иметь спецификацию, оформленную в соответствии с ГОСТ 2.108–68. Все спецификации подшиваются в расчетно-пояснительную записку в качестве приложений.

В отдельных случаях по сборочным чертежам выполняется детализация. Это отражается в задании на дипломное проектирование.

Чертеж сборочной единицы (узла, машины) является исходным документом для разработки проекта и выполняется на 1–2 листах.

Чертеж должен содержать необходимое количество видов и разрезов, а также четко сформулированные технические требования к сборочной единице.

Размерные цепи выполняются на 1–1,5 листах. Размерная цепь первоначально строится на сборочном чертеже на основе анализа технических требований и функционального назначения сборочной единицы. На данном чертеже вычерчивается часть сборочной единицы, участвующей в решении размерной цепи, а также схема размерной цепи.

Технологическая схема сборки выполняется на 1–1,5 листах и является графическим представлением последовательности выполнения сборочных операций или переходов.

Пример графического изображения операционного эскиза сборки вала с зубчатым колесом и подшипниками представлен на рисунке 7.8.

Операционные эскизы сборочных операций выполняются на 2–3 листах.

Эскизы вычерчиваются по переходам. На каждом переходе соединяемые детали изображаются утолщенными линиями (толщиной от 2S до 3S). Здесь же делается запись технологических переходов операции.

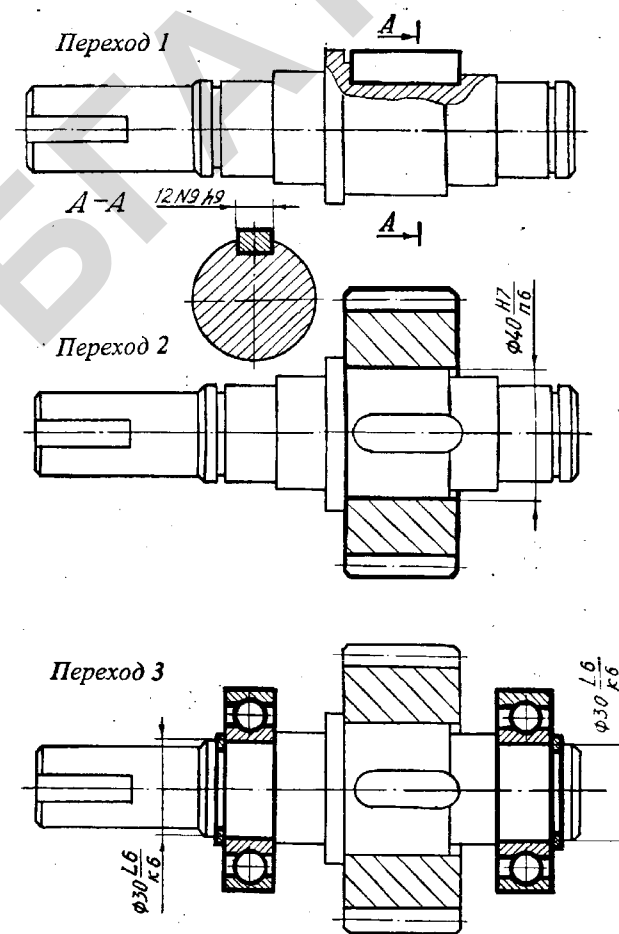
Для выполнения эскизов рабочее поле (внутри рамки) формата А1 делится на четыре равные части тонкими линиями. В каждой четвертой части листа вычерчивается эскиз одной операции. В левом верхнем углу записывается номер и наименование операции в соответствии с названиями, которые приведены в таблицах 7.10 и 7.11. В правом нижнем углу размещается таблица с перечислением применяемого оборудования, указанием номеров и содержания переходов, а также норм основного и штучного (штучно-калькуляционного) времени. Размеры и содержание таблицы приведены на рисунке 7.9.

Сборочное приспособление вычерчивается на 1–2-х листах. Общий вид спроектированного приспособления изображается в двух или трех проекциях с разрезами и сечениями, необходимыми для ясного понимания конструкции и действия всех его элементов.

На проекциях и разрезах указываются габаритные, установочные и присоединяемые размеры. Также могут быть указаны посадки, определяющие точность обработки, сборки и наладки приспособления. На чертеже даются технические условия на изготовление приспособления (требования к биениям, параллельности, перпендикулярности, соосности и др.).

На чертеже приспособления сборочная единица или ее часть изображаются тонкими штрихпунктирными линиями в закрепленном положении. При этом сборочная единица считается прозрачной.

Контрольное приспособление выполняется на 0,5–1 листах. Как правило, приспособление проектируется для контроля качества сборки, для контроля относительного положения деталей в собранной сборочной единице, для регулировки положения деталей при сборке. В качестве контрольных приспособлений могут быть разработаны испытательные стенды. Оформление должно соответствовать требованиям, предъявляемым к сборочным чертежам.



Перед запрессовкой подшипники нагреть до +100°C

Рис. 7.8. Пример графического изображения операции сборки первичного вала

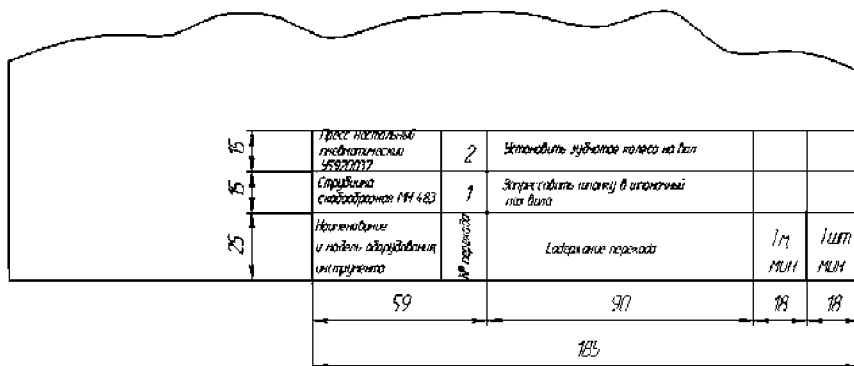


Рис. 7.9. Размеры и содержание таблицы для операционного эскиза сборки с двумя технологическими переходами

**Сборочный инструмент.** Чертежи сборочного инструмента выполняются на 0,5–1 листах. В качестве сборочных инструментов в дипломном проекте могут быть представлены оригинальные ручные или механизированные сборочные инструменты: гайковерты, шпильковерты, сменные инструменты сборочных роботов и манипуляторов, инструменты, обеспечивающие регулирующую затяжку резьбовых соединений и др. Оформление должно соответствовать требованиям, предъявленным к сборочным чертежам.

**Устройства автоматизации и механизации технологического процесса** выполняются на 1 листе. Они представляют собой сборочные чертежи и чертежи общих видов одного или нескольких устройств механизации или автоматизации технологического процесса. Такими устройствами могут быть:

- устройства для механизации межоперационного транспорта (конвейеры, транспортеры);
- автоматические загрузочные устройства и устройства ориентации (манипуляторы, бункеры, отсекатели, кантователи и т. п.);
- средства механизации подъема и транспортирования тяжелых деталей (транспортеры, подъемники, манипуляторы и т. п.) [9].

Все представленные в графической части средства механизации и автоматизации в расчетно-пояснительной записке должны сопровождаться описаниями и расчетами мощности привода, производительности, скорости и точности выполнения технологических операций. На листах графической части приводятся их технические характеристики.

## 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ

Этот раздел в расчетно-пояснительной записке должен иметь конкретное название, например, *сверлильное приспособление, контрольное приспособление*.

Если в дипломном проекте представляются различные виды технологической оснастки (приспособление, режущий или измерительный инструмент, карта наладки), то их рекомендуется проектировать для одной операции.

Для конструирования станочного приспособления в расчетно-пояснительной записке должны быть отражены следующие подразделы по его расчету:

- разработка схемы приспособления и расположения опор;
- расчет приспособления на точность;
- расчет необходимого усилия зажима заготовки;
- описание принципа работы приспособления.

Для разработки схемы приспособления и расположения опор используется в качестве исходной информации операционный эскиз обработки, на котором указаны поверхности, назначенные в качестве базовых на операции. При выборе вида опор необходимо проанализировать возможные их варианты и выбрать наиболее подходящий вариант с точки зрения точности базирования, а также удобства установки заготовки и ее снятия после обработки. Место расположения опор определяется с учетом доступности расположения над ними зажимных элементов приспособления, жесткости заготовки, направления сил резания, возможности свободного схода стружки.

Расчет приспособления на точность в зависимости от вида базирования можно производить, используя данные приложения 2. Погрешность базирования  $\varepsilon_6$  и погрешность деформации от зажима заготовки  $\varepsilon_3$  должны учитываться при назначении точности изготовления приспособления.

Погрешность установки детали в приспособлении определяется:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (8.1)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{пр}$  – регламентированная погрешность изготовления приспособления с учетом износа поверхности опор.

Корпус приспособления является базовой деталью. Это чаще всего массивная деталь в виде плиты, на которой располагают все детали и устройства приспособления. Корпус изготавливается из серого чугуна марок СЧ15, СЧ20, которые отличаются повышенной стойкостью к короблению, либо из листового проката.

При расчете необходимого усилия зажима заготовки строят схему действия составляющих силы резания и реакций опор. Затем определяют величины составляющих сил резания, действующих на опоры, и крутящего момента, созданного этими силами. Усилие зажима заготовки должно превышать в 1,3 раза реакцию опор от действия сил резания.

Следующим шагом является выбор вида зажимного устройства. Зажимные устройства приспособления должны исключать любые смещения обрабатываемой заготовки под действием сил резания и обеспечивать плотный контакт установочных баз заготовки с опорными или установочными элементами. Для повышения производительности зажимные устройства выполняют быстродействующими и удобными для обслуживания. В приспособлениях используют ручные зажимные устройства (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентриковые), а также механизированные (пневматический, гидравлический, электрический, комбинированные и др.). Сила закрепления должна быть постоянной, тогда вызванную это силой погрешность  $\varepsilon_3$  можно будет учесть при настройке инструмента на размер.

В зависимости от выбранного вида зажимного устройства производится расчет соответствующего силового воздействия на зажимной элемент:

- для винтовых зажимов – крутящий момент на гайку зажима;
- для пневматических и гидравлических – необходимые давление в цилиндре и диаметр поршня;
- для электрических – необходимые крутящий момент и мощность электродвигателя.

При расчете приспособления и назначении его конструкции следует руководствоваться литературой [25–27].

В описании назначения и устройства приспособления указывается, для каких целей оно предназначено, из каких узлов (деталей) состоит, порядок его закрепления на станке, достоинства, по сравнению с аналогичными универсальными приспособлениями. Затем производится описание работы приспособления, порядок закрепления заготовки детали, порядок выполнения измерений обработанных размеров.

Приспособление вычерчивается на 1–2-х листах. Общий вид спроектированного приспособления изображается в двух или трех проекциях с разрезами и сечениями, необходимыми для ясного понимания конструкции и действия всех его элементов. На проекциях и разрезах указываются габаритные, установочные и присоединяемые размеры. Вместе с этим могут быть указаны посадки, определяющие точность обработки, сборки и наладки приспособления. На чертеже даются технические условия на изготовление приспособления (требования к биениям, параллельности, перпендикулярности, соосности и др.). Оформление должно соответствовать требованиям, предъявляемым к сборочным чертежам.

В дипломном проекте может быть по заданию руководителя спроектировано контрольное приспособление, режущий, измерительный инструменты, устройства автоматизации и механизации технологического процесса (роботизированный технологический комплекс, конвейеры, транспортеры, манипуляторы, бункеры, отсекатели, кантователи, пневматические и гидравлические подъемники и т. п.).

Все представленные в графической части средства технологического оснащения в расчетно-пояснительной записке должны сопровождаться соответствующими описаниями и расчетами.

## 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА

В пояснительной записке приводится описание общей планировки цеха с указанием принципа компоновки участков механических и сборочных, вспомогательных и бытовых помещений, общего направления грузопотока и т. д. Здесь же дается обоснование типа и конструкций здания, этажность производственных и обслуживающих помещений, характер пристройки для бытовых помещений и основные размеры здания (сетка колонн, высота и длина пролетов), наличие стен и перегородок, вид освещения, виды энергоносителей и места их подвода. После общего описания цеха дается описание планировки проектируемого участка с указанием способа расположения оборудования, направления движения потока обрабатываемых заготовок, обеспечивающего кратчайший путь перемещения к рабочим местам, указываются места контроля деталей и узлов, площадок сборки, складирования, транспортных средств и т. д.

Внутрицеховые транспортные средства служат для доставки заготовок на рабочие места и для их межоперационной транспортировки. Выбор транспортных средств ведется с учетом типа производства, габаритных размеров и веса перемещаемых деталей.

На выбранные транспортные средства дается краткая техническая характеристика с указанием грузоподъемности и габаритных размеров. Необходимое количество транспортных средств определяется на основе грузопотока и грузоподъемности этих средств. В этом разделе следует описать специальную тару, применяемую для перемещения деталей и удаления стружки.

*План участка* вычерчивается на 1 листе. Чертеж плана участка выполняется в масштабе 1:100 или 1:50. На плане изображаются:

- колонны с осями и обозначением номера каждой колонны;
- транспортная система;
- металлообрабатывающее оборудование и рабочие места станочников;
- сборочные стенды и рабочие места слесарей-сборщиков (верстаки);
- площадки для размещения собираемых деталей и готовых изделий;
- транспортные и грузоподъемные устройства (манипуляторы, промышленные роботы, транспортеры, конвейеры, краны, подъемники и др.);

- места подвода сжатого воздуха, а также места установки противопожарных средств;

- основные размеры (ширина пролетов, шаг колонн, ширина поперечных и продольных проходов).

Все наносимые на план изображения объекты показываются условными обозначениями в установленном масштабе.

## 10. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

### 10.1. Классификация электрофизических, электрохимических и комбинированных методов обработки

Поверхности деталей машин, лимитирующие их работу в сборочном узле, выявляются на этапе анализа сборочной единицы и условий ее работы, а возможность применения одного из технологических методов повышения качества поверхностей деталей машин – на этапе анализа технологичности конструкции детали (раздел 4).

Содержание этого раздела проекта сопряжено с проведением студентом научно-исследовательской работы, состав и содержание которой определяет руководитель дипломного проекта. Однако в любом варианте рекомендуется выполнить следующие этапы:

- разработка мероприятий по улучшению качества рабочих поверхностей, долговечности или декоративных свойств детали технологическими методами;

- выбор методов упрочнения, разработка или описание новых технологических процессов, повышающих качество поверхностей деталей;

- проведение патентных исследований;

- разработка схемы упрочняющей обработки с указанием специальных средств ее реализации (оборудование, оснастка);

- разработка технологических операций упрочнения поверхностей;

- определение технологических режимов обработки;

- определение оборудования для испытаний или контроля.

В современном машиностроении при изготовлении ответственных деталей, требующих использования труднообрабатываемых высокопрочных материалов, находят применение электрофизико-химические и комбинированные методы, которые дополняют, а в некоторых случаях полностью заменяют традиционные процессы резания. Эти методы обеспечивают изменение формы, размеров, шероховатости и свойств обрабатываемых поверхностей заготовок и деталей под воздействием электрического тока и его разрядов, электромагнитного, оптического или электронного излучения, высокоэнергетических импульсов, магнитострикционного эффекта, плазменной струи, термомеханического воздействия [19–22].



Электрофизико-химические и комбинированные методы обработки (рис. 10.1) по методу воздействия на обрабатываемую поверхность коренным образом отличаются от традиционных технологий, основанных преимущественно на силовом (контактном) воздействии инструмента на заготовку. Каждый из приведенных на рисунке 10.1 электрофизико-химических и комбинированных методов обработки имеет свои технологические особенности. Однако общими для всех них являются:

- возможность обработки материалов практически с любыми физико-механическими свойствами без приложения механических усилий и непосредственного контакта рабочей поверхности инструмента с обрабатываемой поверхностью детали;
- копирование сложной формы инструмента сразу по всей поверхности заготовки при простом поступательном движении;
- минимальное влияние технологических особенностей процессов на механические свойства и эксплуатационные характеристики деталей после обработки;
- возможность выполнения отверстий с криволинейной и спиральной осью, в том числе и малых диаметров, узких пазов, канавок и других операций;
- интенсификация процессов механической обработки (резанием и давлением), сварки, пайки и других, выполняемых традиционными методами, с большой трудоемкостью и низким качеством обработки;
- использование инструментов меньшей твердости и прочности по сравнению с обрабатываемым материалом, а в ряде методов вообще не требуется наличие инструмента, функции которого выполняет сфокусированный поток электронов, ионов и т. д.;
- высокая производительность обработки, большие технологические возможности изменения формы и шероховатости, сравнительно высокая точность получения размеров;
- возможность сравнительно простой механизации и автоматизации.

К основным недостаткам, ограничивающим использование электрофизико-химических и комбинированных методов обработки, относятся:

- повышенная энергоемкость процессов по сравнению с механической обработкой;
- применение в ряде процессов более громоздкого оборудования и необходимость его размещения в отдельных помещениях, что

вызвано пожарной безопасностью и специфическими требованиями безопасности работающих;

- экологические проблемы.

В машиностроении применяются материалы, обладающие разнообразными свойствами: жаропрочностью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью. Изготовление деталей из таких материалов традиционной обработкой резанием трудоемко вследствие пониженных скоростей резания. Для конкретных марок указанных материалов рационален тот или иной метод обработки.

Каждый конкретный метод обработки характеризуется рядом закономерностей, физико-механический механизм которых рассматривается путем постепенного усложнения:

- механическое воздействие, включая пластическое деформирование, трение, разрушение;
- взаимодействие механических и тепловых явлений;
- одновременное действие тепловых, химических, электрических, магнитных и других явлений.

Методы обработки определяют следующие основные признаки:

- вид энергии, подводимой к зоне обработки (тепловая, электрическая, химическая, магнитная и др.);
- способ подвода энергии, характеризующийся взаимным положением заготовки и рабочих поверхностей инструмента;
- механизм определяет основной физико-химический процесс, обеспечивающий снятие материала с заготовки;
- рабочий процесс определяет совокупность явлений, обеспечивающих при использовании данного метода обработки снятие с заготовки определенного слоя материала;
- схема формообразования характеризует закономерности относительного движения инструмента и заготовки без учета физических явлений, протекающих в зоне обработки, действующих сил, температур и активных сред.

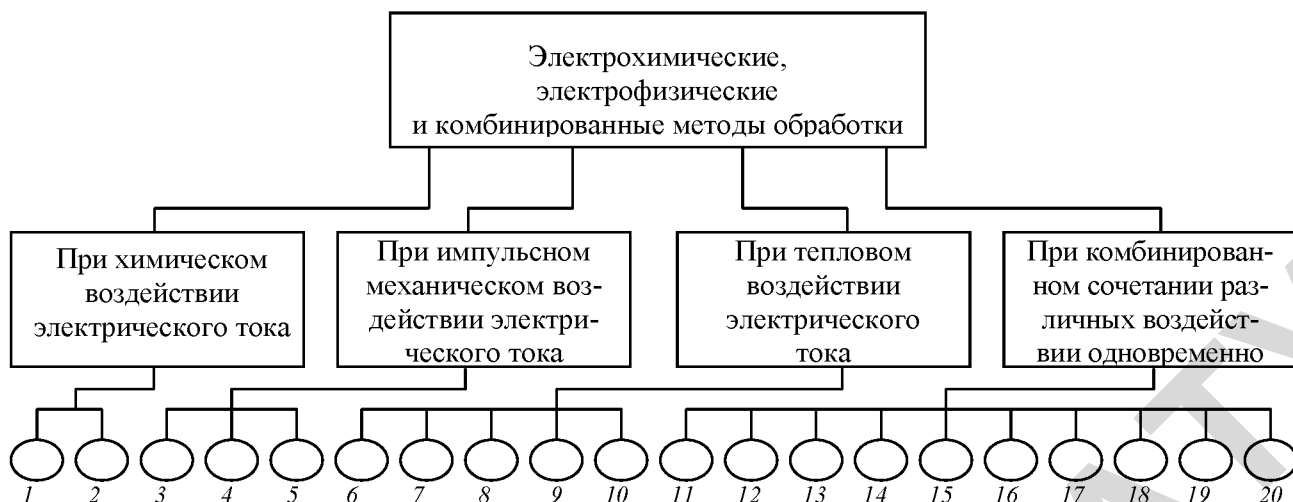


Рис. 10.1. Классификационные группы электрофизико-химических и комбинированных методов обработки:

1 – электрохимическая размерная; 2 – электрохимическая отделочная; 3 – ультразвуковая; 4 – ультразвуковая отделочная; 5 – электрогидроимпульсная; 6 – электроэрозионная, электроискровая; 7 – электроконтактная; 8 – плазменная; 9 – лазерная; 10 – электронно-лучевая; 11 – анодно-механическая; 12 – электрохимическая абразивная; 13 – электрохимическая ультразвуковая; 14 – электроэрозионная-электрохимическая; 15 – электроэрозионная абразивная; 16 – ультразвуковая абразивная; 17 – ультразвуковая механическая (резание); 18 – ультразвуковая давлением; 19 – магнитно-абразивная; 20 – плазменно-механическая

## 10.2. Краткое описание некоторых электрофизических, электрохимических и комбинированных методов обработки

Рассмотрим принципы реализации некоторых из электрофизико-химических и комбинированных методов обработки.

**Электронно-лучевая обработка.** Принцип основан на превращении кинетической энергии пучка электронов в тепловую. На электрод 2, изготовленный из вольфрама или тантала, от источника 8 подается импульс электрической энергии высокого напряжения (рис. 10.2). В результате этого происходит термоэлектронная эмиссия электронов. Поток электронов ускоряется электрическим полем (150 кВ) до 100 000 км/с и бомбардирует поверхность заготовки 7. В результате происходит локальный нагрев и испарение металла поверхности. Ширина реза составляет 1–2 мкм. Применяется для обработки особо твердых материалов (вольфрам, твердые сплавы, синтетические камни и т. п.). Применяется также при сварке и резке.

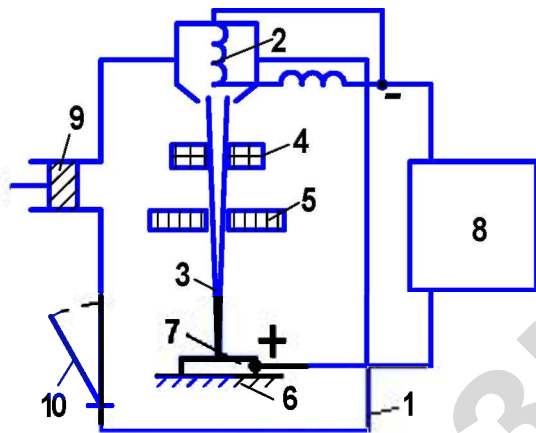


Рис. 10.2. Схема установки для электронно-лучевой обработки:

1 – вакуумная камера (до  $10^{-7}$  Па); 2 – катод (электронная пушка); 3 – сконцентрированный луч (до  $10^9$  Вт/см<sup>2</sup>); 4 – магнитная линза; 5 – отклоняющая система; 6 – приспособление; 7 – заготовка; 8 – источник высокого напряжения (импульсный генератор)

**Ультразвуковая обработка.** Основана на ударном воздействии на вершины наиболее крупных абразивных зерен торца инструмента 1 (магнитострикционного сердечника), совершающего ультразвуковые колебания (рис. 10.3). Между инструментом, который является частью колебательной системы ультразвукового преобразователя, и обрабатываемой поверхностью заготовки 3 прокачивается гидроабразивная смесь. Под действием переменного магнитного поля сердечник совершает ультразвуковые колебания с частотой 16–40 кГц и амплитудой 0,02–0,05 мм. Сердечник 1 подводят к поверхности заготовки и в зазор из сопла 2 подают гидроабразивную смесь. В качестве абразивных частиц используют обычно порошки карбида бора В<sub>4</sub>С. К инструменту прилагают статическую силу  $P_{ст} = 20–300$  Н.

Ультразвуковые установки и станки подразделяются на переносные установки небольшой мощности и стационарные ультразвуковые станки – универсальные и специальные. Ультразвуковые станки состоят: из ультразвукового генератора мощностью 0,04–5 кВт; акустической головки с пьезокерамическим или магнитострикционным преобразователем (для преобразования электрических колебаний в механические); ванны, в которой осуществляется рабочий процесс; механизмов подачи головки; стола для закрепления заготовок; системы подвода абразивной суспензии; устройства для измерения глубины обработки; устройства для периодического подъема и опускания инструмента. Магнитострикционный сердечник изготавливают из никеля, либо ферритов, либо сплавов Al – Fe (альферы), либо других материалов.

Применяется метод для интенсификации процесса обработки резанием труднообрабатываемых материалов.

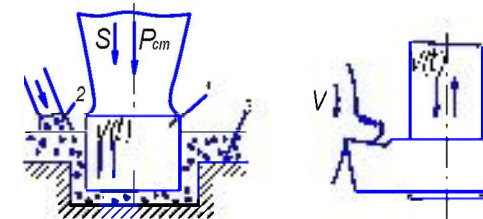


Рис. 10.3. Схема ультразвуковой обработки:

1 – инструмент (магнитострикционный сердечник); 2 – абразивные частицы и СОЖ; 3 – заготовка

**Плазменная обработка.** Схема реализации процесса приведена на рисунке 10.4. В трубу – разрядный канал (РК) подается газ (аргон, азот). Под действием высокого напряжения, подведенного к вольфрамовому электроду 5 и корпусу плазмотрона – медному электроду 4, газ ионизируется и выходит из сопла в виде ярко светящейся струи 2 со скоростью 1500 м/с. Проходящий ток силой 400–500 А в струе ионизированного газа приводит к росту температуры до 16000 °С, а высокая скорость ( $V = 1500$  м/с) движения струи ионизированного газа создает давление 200–300 МПа. Это приводит к интенсивному расплавлению металла заготовки 1 и выбрасыванию его за пределы зоны обработки.

Метод используется для резки листового металла, прошивания отверстий, восстановления изношенных поверхностей деталей путем напыления износостойких покрытий. В последнем случае в струю ионизированного газа подается напыляемый материал в виде порошка либо проволоки.

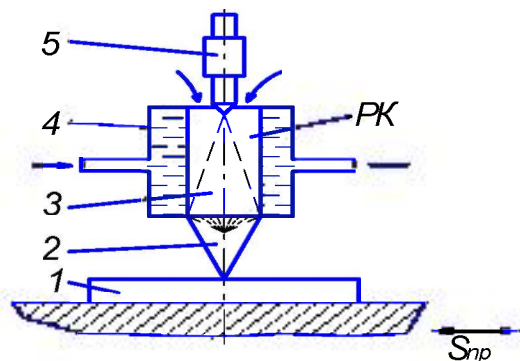


Рис. 10.4. Схема плазменной обработки:

1 – заготовка; 2 – струя ионизированного газа ( $t$  – до 16000° С,  $V = 1500$  м/с, давление – 200–300 МПа, сила тока – 400–500 А); 3 – дуговой разряд; 4 – медный электрод-сопло; 5 – вольфрамовый электрод

**Электроэрозионная обработка и электроискровое упрочнение.** Способ электроэрозионной обработки основан на использовании явлений эрозии электродов из токопроводящих материалов при прохождении дуговых или искровых разрядов импульсного электрического

тока (рис. 10.5). От источника электрического тока 3, подключенного к заготовке 2 (анод) и электроду-инструменту 1 (катод), подается кратковременный импульс электрического тока. При этом в процессе происходящих явлений можно выделить 3 этапа:

- ионизация межэлектродного промежутка  $\Delta$ ;
- образование канала проводимости;
- импульсный дуговой или искровой разряд, сопровождаемый высокой плотностью тока 8–10 КА/мм<sup>2</sup>, что приводит к возникновению локальной температуры  $t = 6000^{\circ}$ –10000° С.

При прохождении разрядов импульсного электрического тока происходит эрозия (расплавление и испарение) материала заготовки 2. Мгновенная плотность тока – 8–10 КА/мм<sup>2</sup>,  $t = 6000$ –10000° С, съем металла – 100 мм<sup>3</sup>/мин, точность – 0,01 мм.

При изменении полярности электрического тока можно производить нанесение на поверхность заготовки тонких покрытий материала электрода.

В промышленности этот метод используется для исправления брака, возникшего в результате поломки метчиков при нарезании резьб в корпусных и других дорогостоящих деталях путем удаления из отверстий заломанных остатков метчиков. Также широко используется для электроэрозионного вырезания контура различных шаблонов (мерительных инструментов и т. п.) из листового материала латунной проволокой (рис. 10.6).

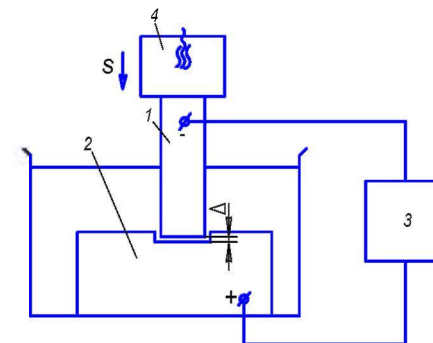


Рис. 10.5. Схема электроэрозионной обработки (электроискрового упрочнения): 1 – электрод-инструмент; 2 – заготовка; 3 – генератор электрических импульсов (длительность – 0,03–2 с, энергия – 0,3–20 Дж); 4 – регулятор подачи для обеспечения  $\Delta = 5$ –100 мкм

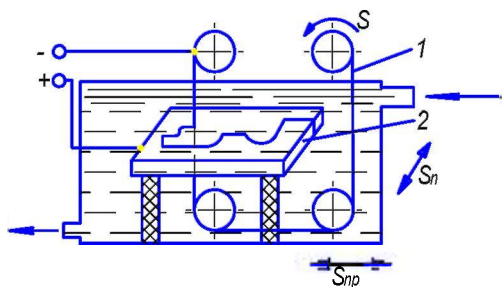


Рис. 10.6. Схема электроэрозионного вырезания контура из листового материала непрофилированным электродом-инструментом:  
1 – латунная проволока диаметром 0,05–0,03 мм; 2 – заготовка

Способ электроискрового упрочнения отличается от электроэрозионной обработки (при аналогичной схеме реализации) изменением полярности электродов, в результате чего материал инструмента-анода переносится на упрочняемую поверхность-катод.

**Магнитно-абразивная обработка.** Заготовка 1 располагается с определенным зазором между полюсными наконечниками электромагнита 3 (рис. 10.7), и в зазор подается ферроабразивный порошок. В магнитном поле частицы порошка 2 располагаются наибольшей осью в направлении магнитных силовых линий, т. е. наиболее острыми кромками к поверхности заготовки. Под действием магнитной индукции ферроабразивные частицы 2 прижимаются к обрабатываемой поверхности с определенным усилием. Заготовке 1 задают вращательное и осциллирующее движения, в результате чего происходит сьем гребешков выступающих неровностей.

**Магнитно-электрическое упрочнение.** Суть процесса магнитно-электрического упрочнения в следующем (рис. 10.8). В зазор между обрабатываемой деталью 1 и полюсным наконечником 3 подается упрочняющий ферромагнитный порошок 2. Частицы порошка под действием магнитного поля ориентируются вдоль магнитных силовых линий, образуя токопроводящие «цепочки». Полюсный наконечник и деталь подключаются к источнику электрических импульсов. При прохождении электрического тока по «цепочкам» из частиц порошка происходит плавление материала частиц и под действием электрических разрядов – нанесение расплава на упрочняемую поверхность детали.

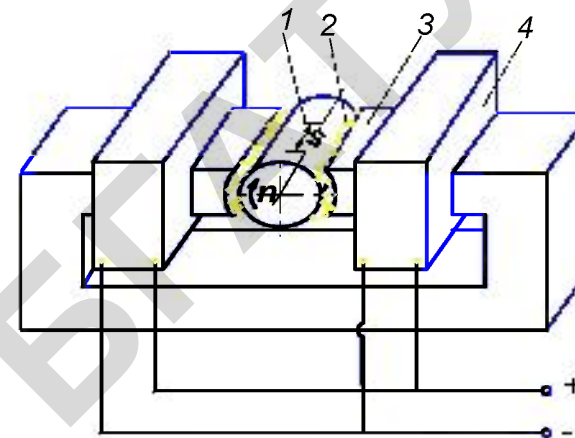


Рис. 10.7. Схема магнитно-абразивной обработки: 1 – заготовка; 2 – ферромагнитный порошок; 3 – сердечник электромагнита; 4 – электромагнит

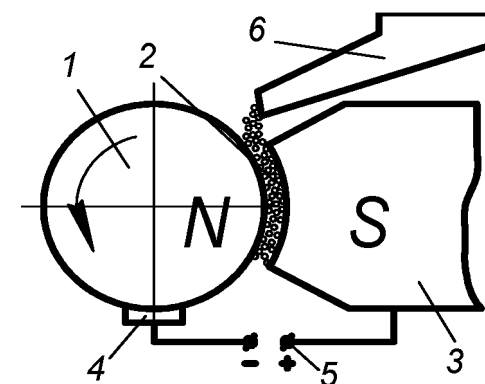


Рис. 10.8. Схема магнитно-электрического упрочнения:  
1 – обрабатываемая деталь; 2 – ферромагнитный порошок; 3 – полюсный наконечник; 4 – скользящий контакт; 5 – источник тока; 6 – бункер-дозатор

**Магнитное упрочнение.** Имеет место в процессах магнитно-абразивной обработки и магнитно-электрического упрочнения. Известно, что поверхностный слой металла, подвергнувшегося воздействию переменного магнитного поля, изменяет свои эксплуата-

ционные свойства. Изменение свойств ферромагнитных материалов при импульсной магнитной обработке объясняется направленной ориентацией свободных электронов вещества во внешнем магнитном поле, вследствие чего увеличивается тепло- и электропроводимость металла. Эта ориентация происходит тем интенсивнее, чем выше структурная и энергетическая неоднородность металла. Под действием переменного магнитного поля, при обработке в неоднородной кристаллической структуре возникают вихревые токи. Вихревые токи обуславливают магнитное поле и локальные микровихри, которые, в свою очередь, нагревают участки вокруг кристаллитов напряженных блоков и неоднородностей структуры металла. Теплота, наведенная вихревыми токами, при магнитной обработке частично уменьшает избыточную энергию в местах концентрации остаточных напряжений, возникших при изготовлении деталей или в процессе их эксплуатации, особенно в зоне контакта напряженных участков. Одновременно с тепловыми процессами за счет импульсного магнитного поля в металле происходит полярная ориентация спинов электронов атомов, расположенных в области контакта кристаллитов и зерен сплавов, вследствие чего изменяются механические свойства материала.

Сталь, как любое твердое тело, обладает внутренней энергией, обусловленной дислокационной структурой материала. Взаимодействие энергии магнитного поля с внутренней энергией материала приводит к появлению местных перенапряжений. В этих местах резко возрастает вероятность разрыва межатомных связей. В тех местах, где эти локальные перенапряжения превышают пределы упругости материала, формируются очаги пластической деформации, что свидетельствует об упрочнении металлической поверхности. Именно здесь интенсивно протекают процессы размножения и перемещения дислокаций. С увеличением плотности дислокации сталь претерпевает своеобразный наклеп, что выражается в изменении параметра решетки мартенсита.

**Электрохимическое полирование.** Способ основан на явлении анодного растворения металла при электролизе (рис. 10.9). Заготовка 2 помещается в ванну 1, заполненную электролитом 4. К заготовке 2 подведен положительный полюс (анод) постоянного тока, а к электроду 3 – отрицательный (катод). Пластины-электроды изготавливают из свинца или меди. При прохождении электрического тока снимаются, прежде всего, вершинки выступов, так как они яв-

ляются концентраторами напряжения, и у вершин микровыступов 5 плотность тока всегда будет более высокой.

Совмещение электрохимического полирования и электроэрозионной обработки приводит к интенсификации процесса съема металла. Этот способ получил название анодно-механической обработки.

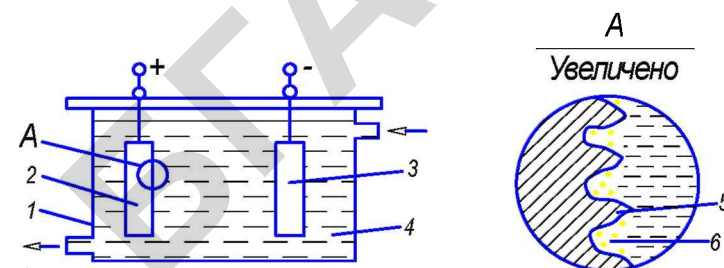


Рис. 10.9. Схема электрохимического полирования:

1 – ванна; 2 – заготовка; 3 – пластина-электрод; 4 – электролит; 5 – микровыступ; 6 – впадина с продуктами анодного растворения

**Лазерная обработка.** Обработка основана на тепловом воздействии на поверхность заготовки 5 светового луча высокой энергии (рис. 10.10).

Источником светового излучения является лазер – оптический квантовый генератор. Известно, что атом вещества находится в устойчивом состоянии, имея определенный запас энергии. Для того чтобы вывести атом из устойчивого состояния, его возбуждают лампы 1. При подаче импульса электрического тока атомы рубинового стержня 7 излучают сразу по 2 фотона. В результате происходит цепная реакция генерации лазерного излучения. Время излучения составляет  $10^{-3}$ – $10^{-5}$  с. Подводимая энергия – 10–100 Дж. Так как световой луч концентрируется линзами 3, то диаметр луча составляет 0,01 мм, а плотность подводимой энергии достигает  $10^{10}$  Вт/см<sup>2</sup>. При этом в месте контакта луча с поверхностью заготовки возникает температура примерно 5500 °С, в результате чего происходит расплавление материалов и их испарение.

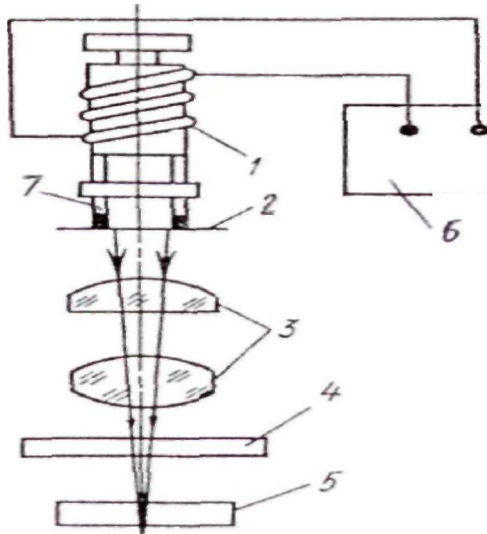


Рис. 10.10. Схема лазерной обработки:

1 – импульсная газоразрядная лампа рубинового стержня, генерирующего импульс красного цвета; 2 – диафрагма; 3 – оптическая система; 4 – защитное стекло; 5 – заготовка; 6 – источник импульсного тока; 7 – рубиновый стержень, состоящий из оксида  $Al_2O_3$  и активированного хрома 0,05 %

Способ применяется для упрочнения поверхностей деталей машин, обработки чрезвычайно твердых труднообрабатываемых материалов (прошивка отверстий диаметром 0,01–0,5 мм в заготовках толщиной 0,1–6 мм, разрезка), а в последнее время используется также для вырезания сложнопрофильных контуров деталей из листового металла толщиной до 16 мм.

**Поверхностное пластическое деформирование.** В технологии машиностроения в качестве финишных упрочняющих операций широко применяется поверхностное пластическое деформирование (ППД). К преимуществам ППД по сравнению с обработкой металлов резанием относятся:

- высокая производительность и экономичность;
- возможность получения малой высоты шероховатости поверхности (до  $Ra = 0,1-0,025$  мкм для стали и цветных металлов и  $Ra = 0,4-0,2$  мкм для чугуна);
- обеспечение высокой точности обработки (до 5–6 квалитета);

- сохранение целостности волокон металла на обработанной поверхности;
- высокая стойкость и сравнительная простота инструмента;
- стабильность и несложность осуществления процесса обработки.

Обработка поверхностей ППД сопровождается упрочнением поверхностного слоя – увеличением твердости, созданием в нем благоприятных остаточных напряжений сжатия. Получение минимальной шероховатости обработанной поверхности в сочетании с повышением ее твердости и наличием сжимающих остаточных напряжений значительно повышает пределы упругости, текучести, прочности и т. д. Все это способствует повышению эксплуатационных свойств деталей машин.

Для обработки поверхностей методом ППД существует несколько способов, основанных на различных схемах деформирования металла в зоне контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью. Для их осуществления разработано большое количество конструкций инструмента, имеющих различные связи между деформирующими элементами и поверхностью обработки.

При ППД различают 4 вида взаимодействия поверхности деформирующего элемента с обрабатываемой поверхностью:

- трение качения;
- трение скольжения;
- динамическая сила удара деформирующего элемента;
- ротационная обработка с проскальзыванием.

Суть обработки ППД состоит в том, что под давлением деформирующего элемента (ролика, шарика, алмазного выглаживателя и т. д.), твердость которого значительно больше твердости обрабатываемого металла, выступающие микрогребешки исходной поверхности пластически деформируются (сминаются), и шероховатость обработанной поверхности уменьшается.

Обработка деталей ППД сопровождается появлением в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия. Они возникают и уравновешиваются в макрообъемах обрабатываемой поверхности детали.

В качестве примера рассмотрим накатывание роликовым инструментом. *Типы роликов и материал для их изготовления.* Наиболее часто встречающиеся формы роликов приведены на рисунке 10.11.

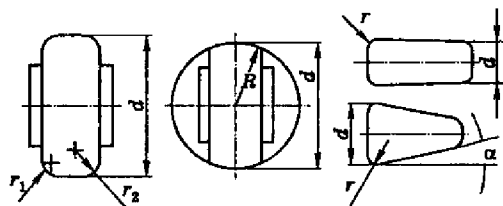


Рис. 10.11. Типы роликов для накатных инструментов

Ролик с цилиндрическим пояском и коническим заборным и обратным конусами применяется для обработки поверхностей, имеющих свободный выход по длине и малую шероховатость поверхности. Продольная подача инструмента зависит от ширины пояска: чем больше ширина пояска, тем большую подачу имеет инструмент. Диаметр ролика и ширина пояска выбираются в зависимости от жесткости обрабатываемой детали. Для мало жестких деталей ширина пояска принимается 1–4 мм, а для достаточно жестких – 7–12 мм. Углы заборного и обратного конусов принимают, как правило, равными  $5^\circ$ , а при увеличении усилия накатывания их увеличивают до  $7\text{--}10^\circ$ . Переходы от цилиндрического пояска к заборному и обратному конусам следует закруглять радиусом  $0,1\text{--}0,4$  мм.

Рабочую поверхность деформирующих роликов необходимо шлифовать и полировать до шероховатости  $Ra = 0,04\text{--}0,16$  мкм.

Ролики должны обладать большой твердостью и высокой износостойкостью. Этим требованиям удовлетворяют стали марок Х12М, ХВГ, 5ХНМ, ШХ15, У10А, У12А, термически обработанные до твердости 60–65 HRC. Иногда ролики изготавливают из твердых сплавов ВК6 и ВК8.

*Однороликовый инструмент.* Конструкции однороликовых инструментов для отделочной и упрочняющей обработки различных поверхностей являются наиболее универсальными, простыми в изготовлении. Однако одностороннее приложение деформирующего усилия к обрабатываемой детали отрицательно сказывается на состоянии направляющих и подшипников шпинделя токарного станка, в резцедержателе которого устанавливается накатной инструмент. Однороликовый инструмент наиболее часто используют для сглаживающей обработки, упрочнения галтелей валов и упрочнения жестких деталей больших размеров.

### 10.3. Патентный поиск с использованием ресурсов сети Интернет

Независимо от направленности дипломного проекта, будь то технологический процесс или исследовательская работа, их разработке должно предшествовать изучение объекта проектирования по источникам патентной и научно-технической информации. На основе результатов этого изучения автор проекта принимает наиболее рациональные инженерные решения, а также использует прогрессивные технологические процессы, оборудование, материалы и инструменты.

Поиск патентной и научно-технической информации сегодня не представляет существенных трудностей, так как в качестве мощного инструмента в этом деле выступает Интернет. Однако для умелого использования этого инструмента от современного специалиста требуется свободное владение ресурсами сети Интернет. Ниже приводятся некоторые сведения, которые лежат в основе ознакомления с этими ресурсами.

Ресурсы Интернет, хранящиеся на различных серверах, имеют уникальный адрес, так называемый URL (*Universal Resource Locator*), включающий протокол, описывающий метод доступа, адрес компьютера, путь к файлу и его имя, в следующем виде:

*Протокол://адрес/путь/имя файла*

*Протоколами* называются наборы правил доступа, представления и передачи информации в Интернет. Наиболее известными протоколами являются:

- *HTTP* – (*Hyper Text Transfer Protocol*) – протокол передачи гипертекста, т. е. файлов в виде Web-страниц, представленных в формате *HTML* (*Hyper Text Markup Language*);

- *FTP* – (*File Transfer Protocol*) – протокол передачи файлов в компьютерных сетях;

- *POP3* и *SMTP* – протоколы передачи электронной почты.

Существует также целый ряд устаревших или устаревающих протоколов (*Gopher*, *Telnet*, *UseNet* и др.).

*Адрес сервера* записывается либо в виде уникального *IP-адреса* (например, *213.128.133.123*), либо в виде соответствующих каждому *IP-адресу доменных имен* (например, *rambler.ru*). Доменные имена могут включать в себя несколько имен различных уровней, например, *cyb.univ.kiev.ua*. Уровни нумеруются при этом справа налево.



В правой части доменного имени указывается адрес домена верхнего уровня, отражающий географическую принадлежность (например, *ru* – Россия, *by* – Беларусь, *nl* – Нидерланды и т. д.), принадлежность организации определенным структурам (например, *gov* – правительственные структуры; *edu* – образовательные; *mil* – военные; *net* – сеть серверов; *com* – коммерческие организации; *org* – частные компании, не являющиеся коммерческими организациями).

Примеры URL-адресов:

<ftp://techno.ru/user/book1.pdf>  
<http://techlibrary.com/shared/file1.html>  
<ftp://224.285.120.123/pub/test.txt>

При поиске информации в Интернете следует понимать, что в силу отсутствия какого-либо централизованного управления этой глобальной сетью она является плохо структурированным динамическим образованием. Часто информация за короткий срок успевает «исчезнуть» с сервера как в связи с ее физическим удалением, так и в связи с изменением доменных имен серверов, закрытием организации, «переездом» сервера на новое место, определяемое фирмой, предоставляющей услуги публикации Web-страниц (хостинга) и т. д. Поэтому, как правило, основной причиной неудач при поиске в сети является не отсутствие требуемой информации, а неверно сформулированные поисковые запросы.

На первом этапе обычно пользуются поисковыми системами, запрос в которые вводится на естественном языке. От структуры таких запросов зависит и успех поиска. Так, например, при слишком «широко» сформулированном запросе поисковый сервер может выдать десятки и сотни тысяч результатов поиска, обнаружить полезную информацию в которых будет невозможно. При слишком «узко» сформулированном запросе результат, скорее всего, вообще не будет найден.

Таким образом, если по запросу найдено или слишком мало, или слишком много информации, – это является первым признаком неэффективного запроса.

Например, требуется найти информацию о современных разработках в области обработки методами поверхностно-пластического деформирования цветных сплавов. Запрос «*Поверхностно-пластическое деформирование*» окажется общим и приведет к появлению большого количества информации, в том числе и по обработке стальных заготовок. Запрос «*Поверхностно-пластическое деформирование цветных*

*сплавов инструментами с управлением процессом на базе персонального компьютера*», скорее всего, не приведет ни к чему.

При поиске информации, тем не менее, рекомендуется двигаться от общих запросов к частным, постепенно сужая область поиска. Рекомендуется разбить вопрос на понятия или термины, которые ищутся отдельно, но затем объединяются логическими булевыми операциями (*AND*, *OR*, *NOT*). Например, в рассматриваемом примере можно двигаться в поиске следующим образом:

- 1) *Поверхностно-пластическое деформирование*;
- 2) (*Поверхностно-пластическое деформирование*) *AND* (*цветные сплавы*);
- 3) ((*Поверхностно-пластическое деформирование*) *AND* (*цветные сплавы*)) *AND* (*NOT(сталь)*);
- 4) (*Поверхностно-пластическое деформирование*) *AND* (*цветные сплавы*) *AND* (*управление*);
- 5) (*Поверхностно-пластическое деформирование*) *AND* (*цветные сплавы*) *AND* (*управление*) *AND* (*компьютер*);
- 6) ((*Поверхностно-пластическое деформирование*) *AND* (*цветные сплавы*) *AND* (*управление*) *AND* (*компьютер*)) *AND* (*NOT(купить)*) и т. д.

В последнем запросе с помощью операции *AND* (*NOT(купить)*) можно устранить результаты, содержащие рекламные объявления о продаже персональных компьютеров.

Как правило, на поисковых серверах имеется информация об особенностях использования поисковых запросов, с которой перед поиском следует внимательно ознакомиться.

Большинство информации, касающейся патентного поиска, является платной. Однако, как правило, всегда можно найти в свободном доступе рефераты патентов, описания формул изобретений и т. д.

Информацию о патентах можно найти на следующих сайтах:

<http://www.european-patent-office.org> – The European Patent Office, ЕРО (Европейское патентное ведомство). Содержит ссылки на национальные центры интеллектуальной собственности;

<http://www.european-patent-office.org/online/index.html> – список патентных Web-ресурсов Интернета;

<http://www.uspto.gov/patft/index.html> – бесплатные патентные базы данных US Patent and Trademark Office (Ведомство США по патентам и торговым знакам);

<http://www.rupto.ru> – Роспатент;

<http://www.belgospatent.org> – Национальный центр интеллектуальной собственности Комитета по науке и технологиям при Совете Министров Республики Беларусь;

<http://www.fips.ru> – свободный доступ к рефератам патентов и заявок Российских патентных баз;

<http://www.patent-mcci.ru> – Агентство по патентам и информации России;

<http://www.brcirt.bas-net.by> – Брестский центр научно-технической информации.

Сайты научных и образовательных организаций, как правило, содержат информацию о своих структурных подразделениях, осуществляемых проектах, конференциях, направлениях научно-исследовательской деятельности, а также публикации сотрудников, адреса их электронной почты и т. д.

Ниже приведен список научных и образовательных заведений, как занимающихся координацией научных исследований, так и непосредственно ведущих работу в области технологии машиностроения.

<http://www.nasb.gov.by/rus> – Национальная академия наук Беларуси;

<http://www.nas.kiev.ua> – Национальная академия наук Украины;

<http://www.ras.ru> – Российская академия наук;

<http://www.rfbr.ru> – Российский фонд фундаментальных исследований;

<http://www.emc.dk/NIS/> – Научные и учебные организации России. Каталог и база данных NIS-EMIR;

<http://www.bmstu.ru> – Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана;

<http://www.stankin.ru/> – Московский государственный технологический университет «Станкин»;

<http://www.unilib.neva.ru> – Санкт-Петербургский государственный технический университет;

<http://www.mpri.org.by> – Институт механики металлополимерных систем им. В. Белого НАН Беларуси, г. Гомель;

<http://www.ussr.to/belarus/itm> – Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев;

<http://phti.at.tut.by> – ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск;

<http://www.batu.edu.by> – Белорусский государственный аграрный технический университет (БГАТУ), г. Минск;

<http://bsu.by> – Белорусский государственный университет (БГУ), г. Минск;

<http://www.bntu.by> – Белорусский национальный технический университет (БНТУ), г. Минск;

<http://www.bstu.by> – Брестский государственный технический университет;

<http://www.bru.mogilev.by> – Белорусско-Российский университет, г. Могилев;

<http://www.psu.unibel.by> – Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк;

<http://www.dgtu.donetsk.ua> – Донецкий государственный технический университет (ДонГТУ);

<http://www.polytech.kiev.ua> – Киевский Национальный технический университет (КПИ);

<http://www.opu.odessa.ua> – Одесский государственный политехнический университет;

<http://www.kpi.kharkov.ua> – Харьковский государственный политехнический университет;

<http://www.ta.doc.gov/asiapac> – Asia-Pacific Technology Program, АРТР (Азиатско-Тихоокеанская технологическая программа).

Сайты промышленных предприятий содержат информацию об ассортименте выпускаемой продукции, ее стоимости, а также освещают ряд вопросов о подготовке производства, научно-исследовательской и инновационной деятельности на предприятии и т. д.

Ниже приведен список Интернет-адресов некоторых наиболее известных промышленных предприятий Республики Беларусь.

[www.telemedia.by](http://www.telemedia.by) – «ТелеМедия». Бизнес-Каталог в Беларуси, содержащий информацию о более чем 65 000 компаний.

<http://belaz.minsk.by> – РУП «Белаз».

<http://wwwtractors.com.by> – РУП «Минский тракторный завод».

<http://www.maz-man.by> – Германско-Белорусское СП ЗАО «МАЗ-МАН».

<http://www.maz.com.by> – РУП «Минский автомобильный завод» (МАЗ).

<http://www.moaz.by.com> – РУП «Могилевский автозавод им. Кирова».

<http://www.belvar.com> – ОАО «Минский приборостроительный завод».

<http://www.sito.gomel.by> – РУП «Завод специнструмента и технологической оснастки», г. Гомель.

<http://www.osnstka.by> – РУП «Минский завод специального инструмента и технологической оснастки».

<http://minsk-miz.narod.ru> – ЗАО «Минский инструментальный завод».

<http://orshiz.narod.by> – РПУП «Оршанский инструментальный завод».

<http://www.kalibr.com> – РУП «Минский завод Калибр».

<http://www.gomellift.ru> – ЗАО «Гомельлифт».

<http://www.liftmach.by> – РУП «Завод Могилевлифтмаш».

<http://www.ito-news.ru/bzsp> – Барановичский завод станкопринадлежностей.

<http://www.vistan.vitebsk.net> – РУП «Витебский станкостроительный завод Вистан».

<http://www.stankogomel.com> – РУП «Гомельский станкостроительный завод им. Кирова».

<http://www.red-star.by> – РУП «Станкозавод Красный борец», г. Орша.

<http://www.mpz.com.by> – ОАО «Минский подшипниковый завод».

<http://www.bmz.gomel.by> – РУП «Белорусский металлургический завод», г. Жлобин.

<http://www.kuzlitmash.by.ru> – РУМП «Кузлитмаш», г. Пинск.

**Виртуальные научно-технические библиотеки.** Современные библиотеки поддерживают представление информации в электронном виде (являются так называемыми «виртуальными библиотеками»). Многие разделы таких виртуальных научно-технических библиотек ведутся соответствующими кафедрами известных американских и европейских университетов. Такие библиотеки всегда оснащены собственной поисковой системой.

<http://www.arioch.gsfc.nasa.gov/wwwvl/engineering.html> – The World-Wide Web Virtual Library: Engineering (Виртуальная библиотека по технике).

<http://www.gen.net> – GEN: Global Engineering Network (Глобальная инженерная сеть, созданная фирмой Siemens).

<http://www.isye.gatech.edu/www-ie/> – The World-Wide Web Virtual Library: Industrial Engineering (Виртуальная библиотека по вопросам промышленного производства).

<http://www.uwstout.edu/mevl/> – The World-Wide Web Virtual Library: Manufacturing Engineering (Виртуальная библиотека по обрабатывающей промышленности Висконсинского университета).

<http://www.library.by> – Белорусская виртуальная библиотека.

<http://www.rist.org.by> – Белорусская Республиканская научно-техническая библиотека.

## 11. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В этом разделе производится анализ состояния охраны труда на базовом предприятии, действующей системы управления охраной труда, ее соответствия законодательной и нормативной правовой базе.

По предложенному технологическому процессу выявляются опасные и вредные для здоровья работающих факторы, а также источники загрязнения окружающей среды, сопровождающие реализацию разработанного технологического процесса в производственных условиях.

Производятся расчеты и предлагаются мероприятия по устранению или уменьшению влияния опасных и вредных факторов (шум, вибрации, загрязнение воздуха, освещенность и т. п.) по разработанному технологическому процессу в разрезе отдельных операций механической обработки. Дается краткая характеристика предприятия как источника загрязнения окружающей среды.

Приводится анализ технологического процесса и производственного участка как источника пожарной опасности и приводится перечень мероприятий, обеспечивающих пожарную безопасность на проектируемом объекте.

В заключительном разделе приводится оценка устойчивости функционирования объекта в чрезвычайной ситуации.

Настоящий раздел выполняется по методическим указаниям кафедры «Безопасность жизнедеятельности». Объем раздела не должен превышать 8–10 страниц.

## 12. ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЕКТА В ПРОИЗВОДСТВЕ

В разделе приводится техническое обоснование предложенных в дипломном проекте новых решений по совершенствованию технологического процесса изготовления заданной детали по сравнению с базовым, включающих:

- применение высокопроизводительного оборудования для механической обработки заготовок, позволяющего снизить трудоемкость выполнения операций, уменьшить расход материалов, исключить или уменьшить долю ручного труда, улучшить качество выпускаемой продукции, решить проблемы экологической безопасности и т. п.;

- способность его быстрой переналадки на производство другой детали;

- показатель уровня автоматизации;

- технологические методы повышения качества продукции и уменьшение потерь от брака;

- снижение затрат на технологическую оснастку;

- сокращение производственного цикла;

- уменьшение производственных площадей;

- применение прогрессивного режущего инструмента и средств автоматического контроля и подналадки инструмента на размер.

В качестве базового варианта принимается заводской технологический процесс. При отсутствии базового варианта в проекте рассматриваются (сравниваются) два возможных варианта изготовления детали.

Экономическое обоснование предложенных в дипломном проекте новых решений по совершенствованию технологии производится на основе *сравнения двух вариантов технологического процесса: базового и проектируемого.*

Наиболее выгодным признается тот, у которого сумма текущих и приведенных капитальных затрат на единицу продукции будет минимальной.

Расчеты приведенных затрат и технологической себестоимости выполняются для всех изменяющихся операций техпроцесса.

Приведенные затраты для двух сравниваемых вариантов техпроцесса можно рассчитывать по формуле

$$Z = C + E_n (K_c + K_{зд}), \quad (12.1)$$

где  $C$  – технологическая себестоимость, руб.;

$E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ( $E_n = 0,1$ );

$K_c, K_3$  – удельные капитальные вложения в станок и здание соответственно.

Расчет основной и дополнительной зарплат выполняется по формуле

$$C_3 = C_q \cdot K_d \cdot Z_n \cdot K_{o.m.}, \quad (12.2)$$

где  $C_q$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующего для данной операции разряда (принимается по установленным тарифным ставкам), руб./ч;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, начисления и приработок к основной зарплате в результате перевыполнения норм (можно принимать приблизительно  $K_d = 1,7$ );

$Z_n$  – коэффициент, учитывающий оплату наладчика ( $Z_n = 1,0$  для серийного производства, так как наладку выполняет сам рабочий;  $Z_n = 1,1-1,15$  для массового производства);

$K_{o.m.}$  – коэффициент, учитывающий оплату рабочего при многостаночном обслуживании и принимаемый в зависимости от числа обслуживаемых одним рабочим станков в соответствии с таблицей 12.1.

Таблица 12.1

Значения коэффициента  $K_{o.m.}$  в зависимости от числа обслуживаемых одним рабочим станков

Кол-во обслуживаемых станков	1	2	3	4	5	6	7
Значение коэффициента $K_{o.m.}$	1	0,65	0,48	0,39	0,35	0,32	0,3

Количество обслуживаемых одним рабочим станков можно принимать следующим:

- универсальные станки (токарные, фрезерные, сверлильные, протяжные, шлифовальные и др.) – 1;
- токарные многорезцовые полуавтоматы – 1–2;
- многошпиндельные автоматы – 2–3;
- одношпиндельные автоматы – 3–4;
- зуборезные полуавтоматы – 4–5.

Расчет часовых затрат по эксплуатации рабочего места выполняется по формуле:

$$C_{эксп} = C_{ч.з} \cdot K_M, \quad (12.3)$$

где  $C_{ч.з}$  – фактические часовые затраты на базовом рабочем месте (принимаются по материалам производственной практики на определенном предприятии), руб./ч;

$K_M$  – коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные расходы у базового станка.

Значения коэффициента  $K_M$  приводятся в таблице 12.2. Величины  $K_M$  зависят от типоразмера станка. При определении  $K_M$  используются цены на станки, установленные мощности, категории ремонтной сложности станков (приведены в технических характеристиках станков), а также часовые затраты на возмещение износа применяемого на станке инструмента.

Таблица 12.2

Средние значения  $K_M$  по группам оборудования

Наименование группы оборудования	Характеристика станка	$K_M$
1	2	3
Токарно-винторезные	<i>Высота центров, мм</i>	
	Не более 200	0,9
	200–300	1,3
	300–400	1,6
	400–500	3,0
	500–600	3,5
Токарно-карусельные	<i>Диаметр планшайбы, мм</i>	
	Не более 1120	2,7
	1120–1400	3,6
	1400–2000	4,9
	2000–2800	6,4
	2800–4000	13,4
Токарные многорезцовые полуавтоматы	<i>Высота центров, мм</i>	
	Не более 150	1,4
	150–200	1,8
	200–250	2,8

Продолжение табл. 12.2

1	2	3
Токарно-револьверные	<i>Диаметр обрабатываемых изделий, мм</i>	0,9
	18–36	1,3
	36–65	1,5
	Не менее 65 В патроне 500	0,9
Вертикально-сверлильные	<i>Наибольший диаметр сверла, мм</i>	0,5
	Не более 12	0,7
	12 – 35	1,2
	35 – 70 Не менее 70	0,7
Радиально-сверлильные	<i>Наибольший диаметр сверла, мм</i>	1,4
	Не более 35	1,6
	35–75	2,2
	75–100 Не менее 100	3,3
Горизонтально-расточные	<i>Диаметр выдвижного шпинделя, мм</i>	1,7
	Не более 80	3,1
	80–110	4,4
	110–150	8,5
	150–175 175–200	13,6
Круглошлифовальные	<i>Высота центров, мм</i>	2,5
	Не более 100	1,8
	100–200	2,4
	200–275	3,2
	275–370 Не менее 370	6,5
Плоскошлифовальные	<i>Размеры стола, мм</i>	1,4
	Не более 1000×300	1,6
	1000×300–2000×400	3,4
	2000×400–2000×800	

Продолжение табл. 12.2

1	2	3
Зубофрезерные	<i>Диаметр изделия, мм</i> 750–1250	2,4
Зубодолбежные	<i>Диаметр изделия, мм</i> Не более 500	1,7
	500–1250	2,7
Зубошлифовальные	<i>Диаметр изделия, мм</i> Не более 320	2,6
	700–800	3,6
	Не менее 800	7,8
Горизонтально-фрезерные	<i>Поверхность стола, мм</i> Не более 1000×250	1,1
	1000×250–1600×400	1,5
Вертикально-фрезерные	<i>Поверхность стола, мм</i> Не более 1000×250	1,1
	1000×250–1250×300	1,5
	1250×300–1600×400	1,8
	1600×400–2000×800	1,9
	Не менее 2000×800	5,5
Универсально-фрезерные	<i>Поверхность стола, мм</i> Не более 1000×250	1,1
	1000×250–1250×300	1,2
	1250×300–1600×400	1,5
Продольно-строгальные	<i>Поверхность стола, мм</i> (3000×900)–(4000×1250)	5,0
	4000×1250–6000×2500	6,3
	Не менее 8000×2400	9,0
Поперечно-строгальные	<i>Наибольший ход ползуна, мм</i> Не более 700	1,1
	700–900	1,3
Долбежные	<i>Ход долбяка, мм</i> Не более 200	1,1
	200–320	1,4

Окончание табл. 12.2

1	2	3
Горизонтально-протяжные	Максимальное усилие, кН	
	Не более 200	3,0
	200–400	3,6
Молоты пневматические ковочные	Масса падающих частей, кг	
	Не более 150	1,5
	150–400	2,7
	750–1000	6,0
	Не менее 1500	21,7
Горизонтально-ковочные машины	Максимальное усилие, кН	
	Не более 1000	2,1
	1000–2500	4,4
	2500–6300	6,3
	6300–8000	9,6
Прессы механические	Максимальное усилие, кН	
	Не более 250	0,5
	250–500	0,7
	500–1000	1,0
	1000–1600	2,5
	1600–2500	3,5
	4000–6300	4,2
	20000–25000	17,7
Гильотинные ножницы	Толщина разрезаемого листа, мм	
	Не более 3	0,6
	Не более 6,3	1,1
	Не более 10	2,2
	Не более 16	2,9

Удельные капитальные вложения рассчитываются по формуле

$$K_c = \frac{C_c \cdot K_m \cdot C_n}{N}, \quad (12.4)$$

где  $C_c$  – отпускная цена станка, руб.;

$K_m$  – коэффициент учитывающий затраты на транспортировку и монтаж ( $K_m = 1,1$ );

$C_n$  – принятое число станков на операцию (для сравниваемых вариантов следует принимать  $C_n = 1,0$ );

$N$  – годовой объем выпуска деталей.

Удельные капитальные вложения в здание рассчитываются по формуле

$$K_{зд} = \frac{C_{пл} \cdot P_c \cdot C_n}{N}, \quad (12.5)$$

где  $C_{пл}$  – стоимость 1 м<sup>2</sup> производственной площади (принимается по данным предприятия, на котором проходила производственная практика), руб./м<sup>2</sup>;

$P_c$  – площадь, занимаемая станком с учетом проходов, м<sup>2</sup>.

Площадь  $P_c$ , занимаемая станком, определяется по формуле

$$P_c = f \cdot K_c, \quad (12.6)$$

где  $f$  – площадь станка в плане, м<sup>2</sup>;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь ( $K_c = 3,5$  при  $f = 2-4$  м<sup>2</sup>;  $K_c = 3$  при  $f = 4-6$  м<sup>2</sup>;  $K_c = 4$  при  $f < 2$  м<sup>2</sup>);

Технологическая себестоимость рассчитывается для всех операций по формуле

$$C = (C_3 + C_{эксп}) \frac{t_{шт}}{60}. \quad (12.7)$$

Экономический эффект от внедрения принятого варианта технологического процесса рассчитывается по формуле:

$$\Xi = (3_{баз} - 3_{пр}) N, \quad (12.8)$$

где  $3_{баз}$  – приведенные затраты по базовому варианту техпроцесса;

$3_{пр}$  – приведенные затраты по проектируемому варианту.

Результаты расчетов приведенных затрат сводятся в таблицу 12.3.

Таблица 12.3

Результаты расчета приведенных затрат

Операция	Модель станка	$T_{шт}$ , мин	$C_3$ , руб.	$C_{эксп}$ , руб.	$K_c$ , руб.	$K_{зд}$ , руб.	$C$ , руб.
Базовый вариант							
010 Токарная	16K20	7,8	(11,2)	(11,3)	(11,4)	(11,5)	(11,7)
025 Сверлильная	2H55	6,4	(11,2)	(11,3)	(11,4)	(11,5)	(11,7)
Итого		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$			$\Sigma$

Окончание табл. 12.3

Операция	Модель станка	$T_{шт}$ , мин	$C_{э}$ , руб.	$C_{эксп}$ , руб.	$K_{сэ}$ , руб.	$K_{зд}$ , руб.	$C$ , руб.
Проектируемый вариант							
05 Токарная с ЧПУ	16К20Т1	2,3	(11,2)	(11,3)	(11,4)	(11,5)	(11,7)
020 Сверлильная с ЧПУ	2Р135Ф2	3,4	(11,2)	(11,3)	(11,4)	(11,5)	(11,7)
Итого		$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$			$\Sigma$
<p><i>Примечание.</i> В таблице в скобках указаны номера формул, по которым выполняются расчеты.</p>							



### 13. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Таблица 13.2

Настоящий раздел выполняется по методическим указаниям кафедры «Экономика». Объем раздела не должен превышать 15 страниц.

В этом разделе для разработанного технологического процесса производится:

- расчет необходимых инвестиций, обеспечивающих реализацию мероприятий, описанных в разделе 11;
- расчет себестоимости продукции;
- структура себестоимости изготовления детали по разработанному технологическому процессу, которая должна быть представлена в виде таблицы 13.1;

Таблица 13.1

Структура себестоимости изготовления детали

Статья затрат	Базовый вариант (1)		Проектируемый вариант (2)		Отклонение +/-
	Сумма, руб.	% к итогу	Сумма, руб.	% к итогу	

- анализ структуры себестоимости изготовления детали по разработанному технологическому процессу и оценка эффективности инвестиций;

- расчет критических объемов производства детали по проектируемой технологии, приносящих прибыль предприятию.

В заключительной части раздела приводятся основные технико-экономические показатели проекта по форме таблицы 13.2 и делаются выводы об эффективности использования технологического процесса в производстве.

В графическую часть дипломного проекта на листах формата А1 может помещаться (по согласованию с руководителем) следующая информация:

- технико-экономические показатели производства;
- диаграмма структуры себестоимости продукции по базовому и проектируемому вариантам;
- график безубыточности.

Технико-экономические показатели проекта

Показатель	Базовый вариант	Проектируемый вариант	Отклонение, +/-
Годовая производственная программа, шт.			
Среднегодовое количество производственных рабочих, чел.			
Трудоемкость изготовления, ч			
Затраты на материалы, тыс. руб.			
Величина инвестиций, тыс. руб.			
Себестоимость изготовления, тыс. руб.			
Годовой доход, тыс. руб.			
Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.			
Срок окупаемости капитала, лет			
Индекс доходности			
Внутренняя норма рентабельности, %			

## 14. ОФОРМЛЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Графическая часть проекта выполняется на 9–10 чертежных листах формата А1. При необходимости в дипломном проекте могут быть использованы дополнительные форматы, размеры которых соответствуют ГОСТ 2.301–68.

Графическая часть проекта включает, как правило, общие виды узлов изделия, чертежи деталей, заготовок, карты операционных эскизов, расчетные схемы, карты наладок инструмента, тексты управляющих программ, сборочные чертежи приспособлений станочных (контрольно-измерительных), специального режущего инструмента, устройств по автоматизации и (или) механизации производства, планировку участка (цеха).

Исследовательские проекты могут включать графическую часть, посвященную результатам исследований, до 50 % от общего объема графической части проекта. Конкретный перечень графических материалов дипломного проекта определяется руководителем проекта и записывается в задание по дипломному проектированию.

Все сборочные чертежи, представленные в графической части проекта, должны иметь спецификацию, оформленную в соответствии с ГОСТ 2.108–68. Все спецификации подшиваются в расчетно-пояснительную записку в качестве приложений. Пример оформления спецификации для узла, представленного на рисунке 7.5, приведен в таблице 7.3 раздела 7.

В отдельных случаях по сборочным чертежам выполняется детализация. Это отражается в задании на дипломное проектирование.

В дипломном проекте по заданию руководителя проекта может разрабатываться конструкция специального режущего инструмента, позволяющего повысить производительность или точность механической обработки детали. Проектирование режущих инструментов заключается в обосновании выбора их конструкции, материала, геометрии режущей части, расчете основных параметров и т. п. При разработке сборных режущих инструментов в расчетно-пояснительной записке приводится эскиз режущей части инструмента (резца, пластины, ножа, вставки и т. п.) с обозначением всех его геометрических параметров. В конструкции специального режущего инструмента следует обеспечивать стандартные размеры присоединяемых поверхностей.

Операционные эскизы механической обработки заготовок (или сборочных операций) выполняются на 2–3-х листах (рис. 14.1).

Примеры оформления операционных эскизов механической обработки приведены на рисунках 14.1–14.11, а операционных эскизов сборки – на рисунках 7.8 и 7.9 раздела 7.

Для выполнения эскизов рабочее поле (внутри рамки) формата А1 делится на четыре равные части тонкими линиями. В каждой четвертой части листа вычерчивается эскиз одной операции. В левом верхнем углу записывается номер и наименование операции в соответствии с названиями, которые приведены в операционных картах. В правом нижнем углу размещается таблица с перечислением применяемого оборудования, указанием номеров и содержания переходов, а также норм основного и штучного (штучно-калькуляционного) времени. Размеры и содержание таблицы приведены на рисунках 14.4 и 14.5.

Чертежи детали и заготовки выполняются на 1–1,5 листах. Чертежи заготовок, полученных литьем, выполняются совмещенными с чертежом детали. При этом контуры отливки и штриховые линии (в разрезах и сечениях) вычерчиваются красным цветом. Чертежи заготовок, полученных штамповкой, вычерчиваются отдельно. Внутри штампованной заготовки тонкими линиями показывается контур детали. Заготовки, полученные отрезкой из проката, в графической части проекта не представляются. Технические требования на чертежах детали должны быть тщательно отредактированы и должны соответствовать ГОСТ.

Если в задании предусмотрено проектирование средства механизации и автоматизации, то оно должно иметь конкретное название (например, роботизированный технологический комплекс, манипулятор, подъемник и др.). Этот раздел включает в себя следующие подразделы:

- назначение и устройство средства автоматизации и механизации;
- расчет основных параметров, например, характеристик привода, рабочих скоростей, грузоподъемности, точности позиционирования, производительности и т. п.

В зависимости от конструкции устройства выполняются кинематический, динамический и др. расчеты. Методики таких расчетов приводятся в соответствующей литературе и справочных пособиях.



15	Токарный с ЧПУ 16К20Т1							
20	Наименование и модель станка	$V$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об	$S_M$ , м/мин	$T_m$ , мин	$T_{шт}$ , мин
	59	18	18	18	18	18	18	18
	185							

Рис. 14.2. Размеры и содержание таблицы для операционного эскиза с одним режущим инструментом

15	Токарный с ЧПУ 16К20Т1	3							
15		2							
15		1							
25	Наименование и модель станка	№ пер	$V$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об	$S_M$ , м/мин	$T_m$ , мин	$T_{шт}$ , мин
	59		18	18	18	18	18	18	18
	185								

Рис. 14.3. Размеры и содержание таблицы для операционного эскиза с несколькими режущими инструментами



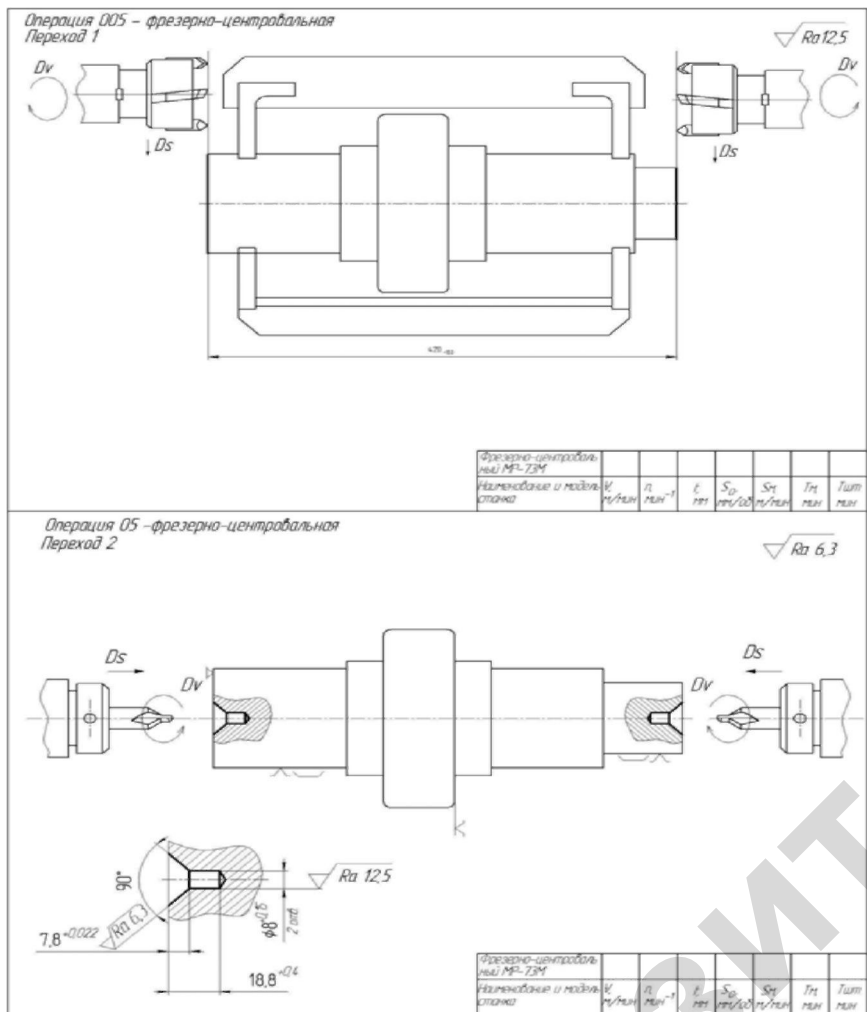


Рис. 14.6. Пример оформления операционного эскиза на фрезерно-центровальную операцию

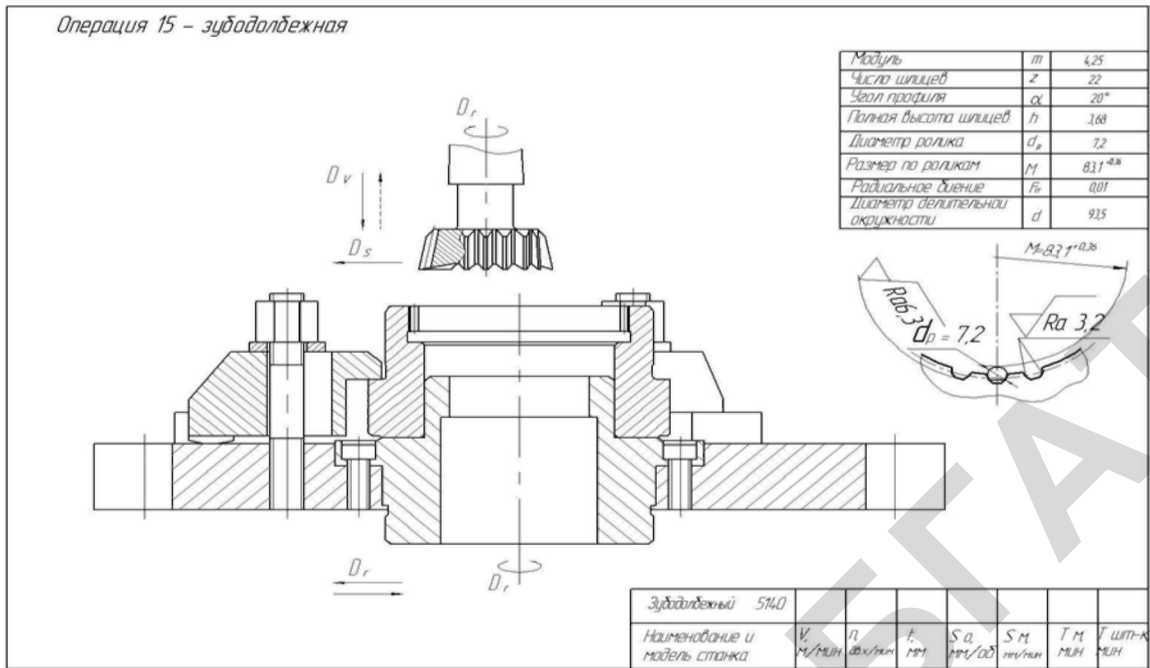


Рис. 14.7. Пример оформления операционного эскиза на зубодолбежную операцию

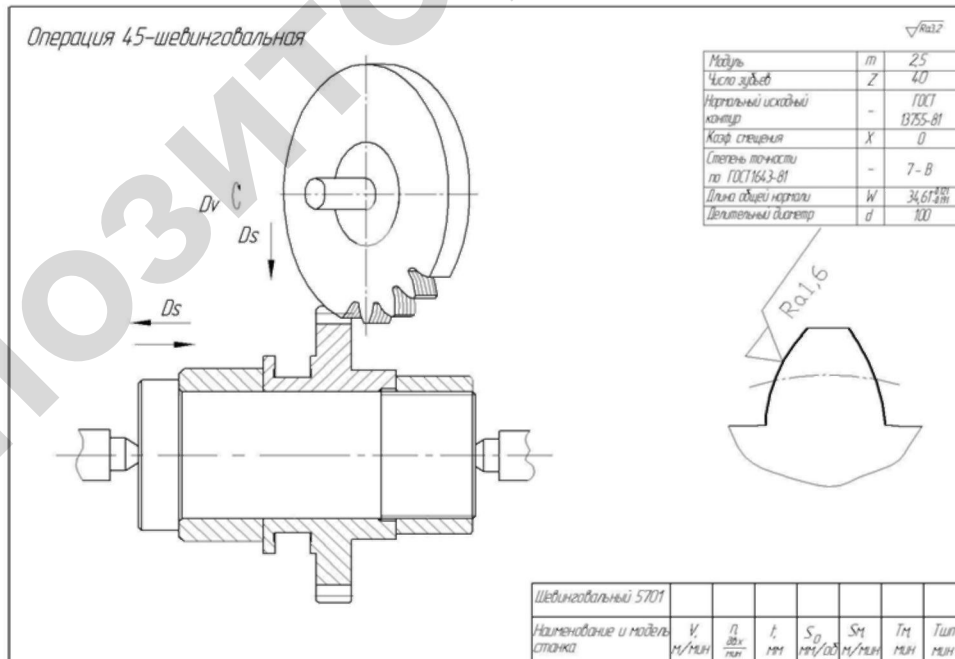


Рис. 14.8. Пример оформления операционного эскиза на шевинговальную операцию

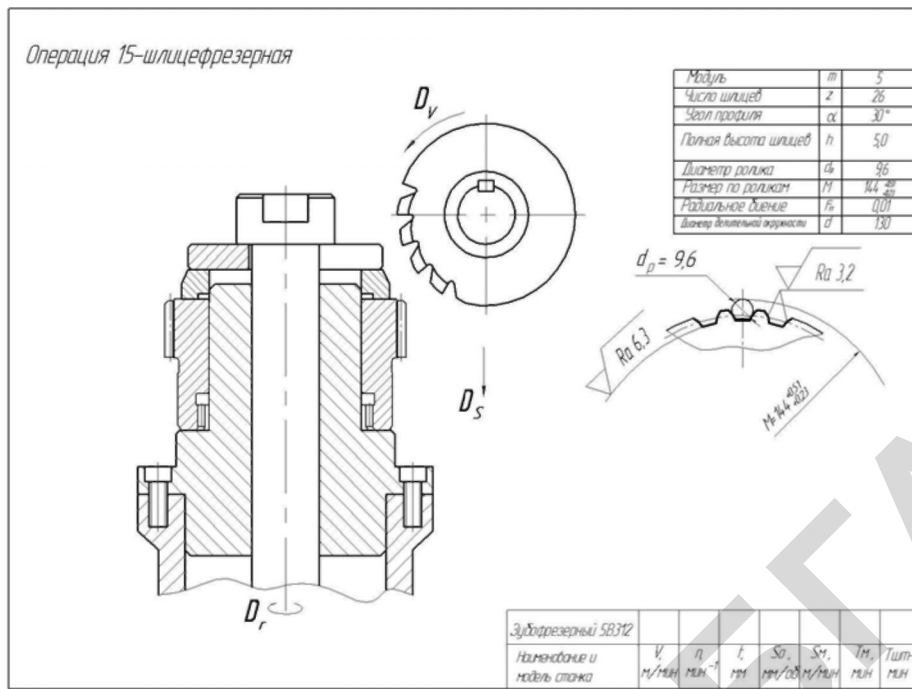


Рис. 14.9. Пример оформления операционного эскиза на шлицефрезерную операцию

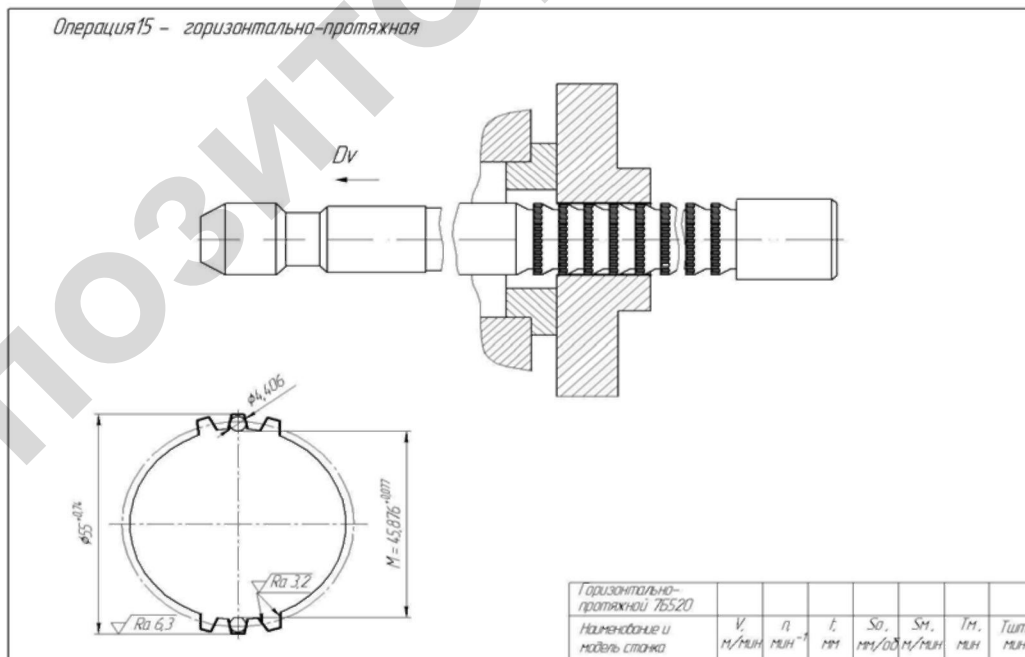


Рис. 14.10. Пример оформления операционного эскиза на горизонтально-протяжную операцию



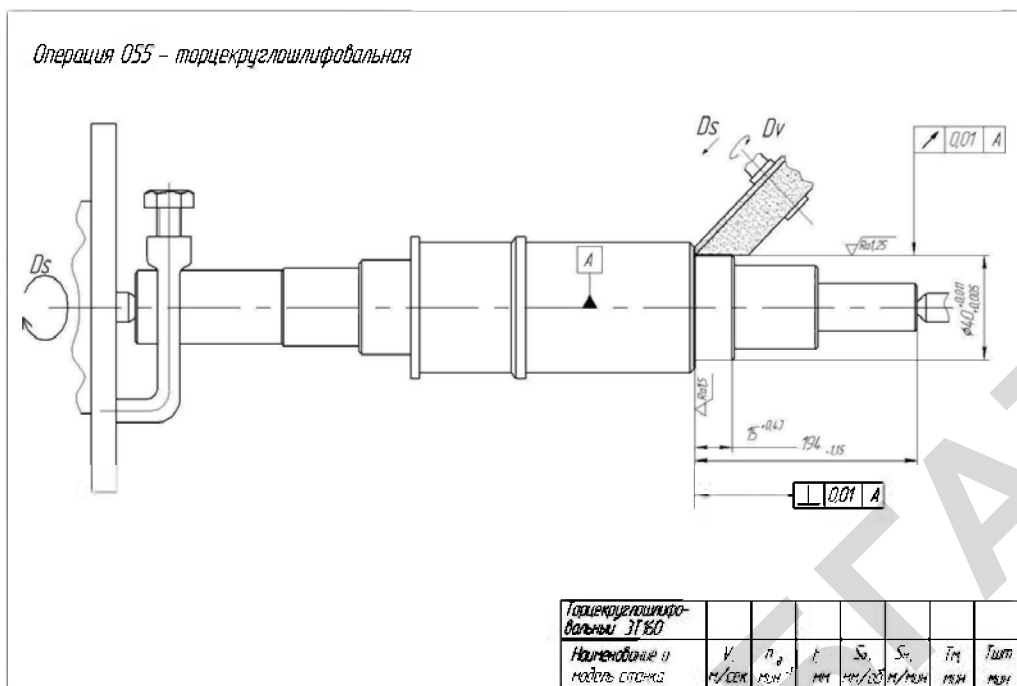


Рис. 14.11. Пример оформления операционного эскиза на торцеукруглошлифовальную операцию

*Операционные эскизы* выполняются на 2–3-х листах. Перечень операций, представленных в графической части, определяет руководитель проекта. Деталь на эскизах изображается в рабочем положении, закрепленной в приспособлении. Количество изображений (видов, размеров, сечений) должно быть достаточным для четкого представления о форме, размерных связях обрабатываемых поверхностей с другими поверхностями детали, а также о базировании и закреплении детали.

Деталь, приспособление и режущие инструменты на операционных эскизах вычерчиваются в произвольном масштабе, но одном для всех эскизов.

На эскизах должны быть указаны:

- базовые поверхности заготовки, используемые на данной технологической операции;
- размеры обрабатываемых поверхностей с численными значениями предельных отклонений;
- шероховатость обрабатываемых поверхностей;
- допуски формы и взаимного расположения поверхностей, если они обеспечиваются на данной операции;
- направления движений инструментов и детали.

*Инструментальная наладка* выполняется на 1 листе.

Чертеж инструментальной наладки оформляется обычно для автоматизированных и многоинструментных операций (позиций), например, многолезцовых токарных полуавтоматов, агрегатных станков и т. п. Этот чертеж должен разрабатываться как рабочий с изображением детали, режущих инструментов, а также конструкций резцедержавок, оправок и других устройств для установки, закрепления и регулировки требуемого положения инструментов. На чертеже должны быть указаны размеры, определяющие положение инструмента относительно друг друга, величины рабочего хода, холостого хода, подвода и отвода инструмента. На инструментальных наладках агрегатных и многоцелевых станков вспомогательный инструмент показывается в разрезе.

Инструментальная наладка представляет комплекс режущего и вспомогательного инструментов, скомпонованных в соответствии с требованиями технологической операции, в котором также согласованы присоединительные поверхности самих инструментов и станка.

При проектировании наладок должны учитываться тип производства, точность, которая должна быть обеспечена на операции, производительность, удобство работы на станке и др.

Исходными данными для проектирования наладки являются: паспортные данные выбранного станка с размерами рабочей зоны и элементов присоединительных поверхностей; общие и присоединительные размеры выбранного режущего инструмента; эскиз операции, для которой разрабатывается наладка; тип производства; технические требования.

При проектировании наладок обязательно максимальное использование стандартных режущих и вспомогательных инструментов, при этом режущие инструменты должны быть систематизированы по видам обработки, а вспомогательные – по типам металло-режущих станков.

В методическом отношении для проектирования наладок целесообразно выбирать операции с многоинструментальной обработкой, для которых проектируются наладки и в производственных условиях, так как размещение в рабочей зоне станка обрабатываемой заготовки, режущих и вспомогательных инструментов трудно, а иногда невозможно представить без графического их построения.

Основные требования, предъявляемые к графическому построению инструментальных наладок:

- графическое построение наладок производится для многоинструментальной обработки на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах;
- целесообразно изображать наладки для последовательной обработки несколькими инструментами;
- построение элементов наладок целесообразно выполнять с некоторым упрощением, но с обязательным соблюдением единого масштаба для всех элементов;
- при построении необходимо учитывать размеры рабочей зоны станка и крайнее положение режущих инструментов при обработке;
- на чертеже наладки обрабатываемая заготовка изображается с соблюдением всех требований, предъявляемых к операционным эскизам, с указанием размеров, предельных отклонений, шероховатости поверхностей и технических требований;
- все режущие и вспомогательные инструменты, входящие в наладку, должны быть снабжены выносками с полным обозначением по ГОСТ.

Чертежи наладок выполняются после того, как технологический процесс полностью разработан и оформлен на технологических картах.

Наладки для отдельных операций располагаются на листе в порядке технологической последовательности. При этом нет необхо-

димости делить лист на части, лучше располагать чертежи наладок так, чтобы наиболее рационально использовать всю площадь листа. Операционные эскизы с наладками являются иллюстрационным материалом, поэтому должны быть выполнены четко и аккуратно.

*Станочное приспособление* представляется обычно на 1–2 листах. Общий вид спроектированного приспособления изображается в двух или трех проекциях с разрезами и сечениями, необходимыми для ясного понимания конструкции и действия всех его элементов. На проекциях и разрезах указываются габаритные размеры, размеры между осями, размеры, определяющие расположение установов, упоров и др. Кроме того, могут быть указаны посадки, определяющие точность обработки, сборки и наладки приспособления. На чертеже даются технические условия на изготовление приспособления (требования к биениям, параллельности, перпендикулярности, соосности и др.). На чертеже приспособления штрихпунктирными линиями изображается заготовка в закреплённом положении. При этом деталь считается прозрачной. Порядок проектирования и соответствующие методические указания изложены в [22–24].

*Результаты патентных исследований.* Представляются на одном листе и отражают результаты поиска новых технических решений. Здесь вычерчиваются эскизы, схемы и чертежи устройств, выбранных автором проекта, для использования в разрабатываемом технологическом процессе в результате проведенных патентных исследований. Все устройства вычерчиваются в произвольном масштабе в том виде, как они представлены в авторских свидетельствах или патентах. Каждое устройство сопровождается надписью, в которую входят название изобретения, страна, номер авторского свидетельства или патента, фамилии и инициалы авторов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении должны содержаться общие выводы по всему проекту, в которых отражаются основные отличия разработанного техпроцесса от базового варианта. Описывается применение новых методов обработки, высокопроизводительного оборудования, механизированных приспособлений, прогрессивных конструкций режущих инструментов и т. п., перечисляются мероприятия, за счет которых получен годовой экономический эффект.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Ящерицын, П. И.* Основы технологии механической обработки и сборки в машиностроении / П. И. Ящерицын. – Минск : Вышэйшая школа, 1974. – 607 с.

2. *Солнышкин, Н. П.* Технологические процессы в машиностроении : учеб. пособие / Н. П. Солнышкин, А. Б. Чижевский, С. И. Дмитриев. – СПб : СПбГТУ, 2001. – 344 с.

3. *Митрофанов, С. П.* Групповая технология машиностроительного производства / С. П. Митрофанов. – Л. : Машиностроение, 1983. Т. 1. – 404 с. Т. 2. – 376 с.

4. *Ванин, В. А.* Разработка технологических процессов изготовления деталей в машиностроении : учеб. пособие / В. А. Ванин, А. Н. Преображенский, В. Х. Фидаров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 332 с.

5. *Справочник технолога-машиностроителя*: В 2-х т.; под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2002. – 656 с.

6. *Филонов, И. П.* Проектирование технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие для вузов / И. П. Филонов, Г. Я. Беляев, Л. М. Кожуро [и др.]; под ред. И. П. Филонова. – Минск : Технопринт, 2003. – 910 с.

7. *Акулович, Л. М.* Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. – Минск: Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2012. – 488 с.

8. *Пашкевич, М. Ф.* Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование в вузах: учеб. пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск : Новое знание, 2009. – 316 с.

9. *Мрочек, Ж. А.* Основы технологии автоматизированного производства в машиностроении : учеб. пособие / Ж. А. Мрочек, А. А. Жолобов, Л. М. Акулович. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 303 с.

10. *Аверченков, В. И.* Автоматизация проектирования технологических процессов : учеб. пособие для вузов / В. И. Аверченков, Ю. М. Казаков. – Брянск : БГТУ, 2004. – 228 с.

11. *Жолобов, А. А.* Технология автоматизированного производства : Учебник для вузов / А. А. Жолобов. – Минск : ДизайнПРО, 2000. – 623 с.

12. Система автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей PRAMEN. Руководство пользователя. ОРГС 4664.013.ИЗ. – Минск : УП «Институт Белоргстанкинпром», 2005. – 135 с.

13. Проектирование технологических процессов сборки машин : учебник для ВУЗов / А. А. Жолобов, В. А. Лукашенко, И. С. Сазонов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : УП «Технопринт», 2003. – 306 с.

14. *Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Серийное производство.* – М. : Машиностроение, 1986. – 284 с.

15. *Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство.* – М. : Машиностроение, 1974. – 298 с.

16. *Станочные приспособления : справочник в 2-х т. Т. 2 / под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского.* – М. : Машиностроение, 1984. – 446 с.

17. *Технологическая оснастка : учебник для студентов машиностроит. спец. вузов / М. Ф. Пашкевич, Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, В. М. Пашкевич.* – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 364 с.

18. *Станочные приспособления: справочник в 2-х т. Т. 1 / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова.* – М. : Машиностроение, 1984. – 388 с.

19. *Подураев, В. Н.* Технология физико-химических методов обработки / В. Н. Подураев. – М. : Машиностроение, 1985. – 264 с.

20. *Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле / П. И. Ящерицын [и др.].* – Минск : Наука и техника, 1988. – 272 с.

21. *Белый, А. В.* Поверхностная упрочняющая обработка с применением концентрированных потоков энергии / А. В. Белый, Е. М. Макушок, И. Л. Поболь. – Минск : Наука и техника, 1990. – 170 с.

22. *Акулович, Л. М.* Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л. М. Акулович. – Полоцк : ПГУ, 1999. – 240 с.

Репозиторий БГАТУ

Приложение 2

Обозначение опор, зажимов, установочных устройств по ГОСТ 3.1107–81 и погрешность базирования при установке заготовок в приспособлениях

Таблица П2.1

Обозначение опор

Опора	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			

Примечание. Несколько обозначений одноименных опор на схемах на каждом виде допускается заменять одним с обозначением их числа справа.

Таблица П2.2

Изображение зажимов

Зажим	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Одиночный			
Двойной			

Примечание. Для двойных зажимов длина плеча устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. Обозначение двойного зажима на виде спереди или сзади при совпадении точек приложения силы допускается изображать как обозначение одиночного зажима на аналогичных видах.

Таблица П2.3

Обозначение установочных устройств

Установочное устройство	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху	слева	справа
Центр: неподвижный вращающийся плавающий		Без обозначения	Без обозначения
		То же	То же
		То же	То же
Оправка: цилиндрическая шариковая (роликовая)			
Патрон поводковый			

Таблица П2.4

Обозначение формы рабочей поверхности опор

Форма рабочей поверхности	Обозначение формы рабочей поверхности опоры
Плоская	
Сферическая	
Цилиндрическая (шариковая)	
Призматическая	
Коническая	
Ромбическая	
Трехгранная	

Таблица П2.5

## Обозначение устройств зажима

Зажимы	Обозначение устройства зажима
Пневматический	Р
Гидравлический	Н
Электрический	Е
Магнитный	М
Электромагнитный	ЕМ
Прочий	Без обозначения

Таблица П2.6

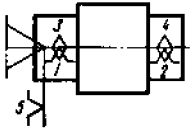
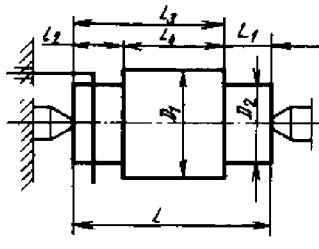
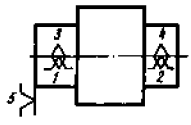
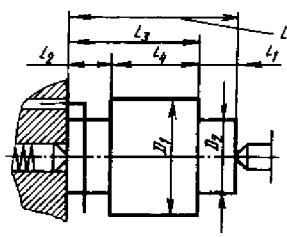
## Примеры обозначения опор, зажимов и установочных устройств

Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств	Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств
1	2	3	4
Центр неподвижный (гладкий)		Оправка: цилиндрическая	
рифленый		коническая роликовая резьбовая,	
плавающий		цилиндрическая с наружной резьбой	
вращающийся		шлицевая	

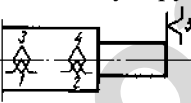
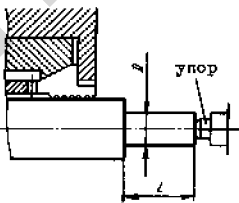
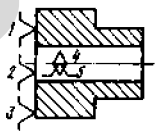
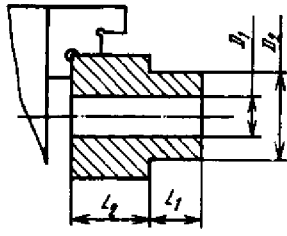

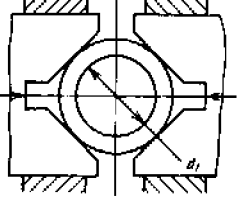
Окончание табл. П2.6

1	2	3	4
обратный вращающийся с рифленой поверхностью		цанговая	
Патрон поводковый		Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
Люнет: подвижный		Зажим пневматический с цилиндри- ческой рифленой рабочей поверхностью	
неподвижный			

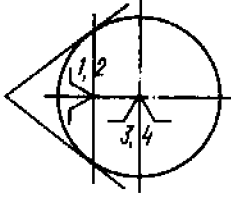
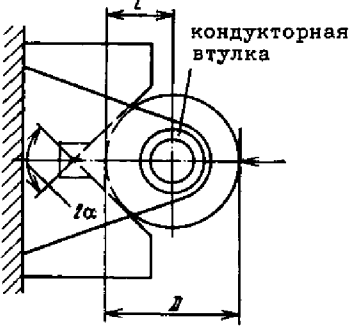
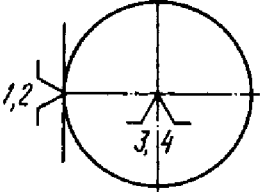
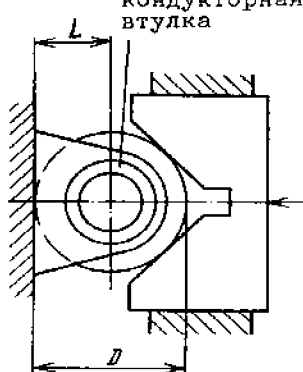
Погрешность базирования при установке заготовок в приспособлениях

1	2	3
<p>По центровым отверстиям: На жесткий передний центр</p> 		$\varepsilon_{L_1} = \delta_L + \Delta_{\Pi}$ $\varepsilon_{L_2, L_3} = \Delta_{\Pi} = \frac{0,5\delta_d}{\operatorname{tg}\alpha}$ $\varepsilon_{L_4} = 0$ $\varepsilon_{D_1, D_2} = 0$
<p>На плавающий передний центр с упором детали торцом</p> 		$\varepsilon_{L_1} = \delta_L$ $\varepsilon_{L_2, L_3, L_4} = 0$ $\varepsilon_{D_1, D_2} = 0$

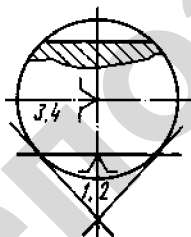
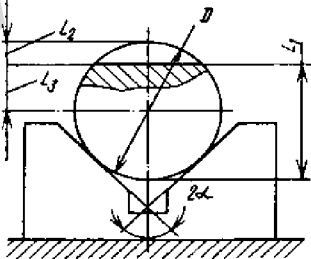
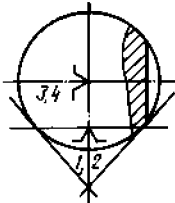
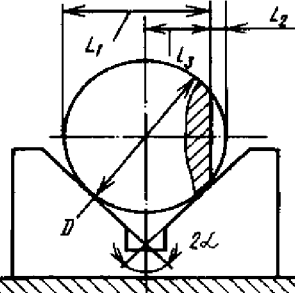
Продолжение табл П2.7

1	2	3
<p>По внешней поверхности в зажимной цанге по упору</p> 		$\varepsilon_L = 0$ $\varepsilon_D = 0$
<p>По внешней поверхности в самоцентрирующем патроне с упором торцом</p> 		$\varepsilon_{D_1, D_2} = 0$ $\varepsilon_{L_1, L_2} = 0$ <p>(при параллельном подрезании торцов)</p>
<p>В самоцентрирующих призмах</p> 		$\varepsilon_{d_1} = 0$ $\varepsilon_e = 0$

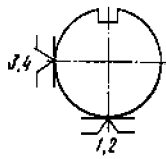
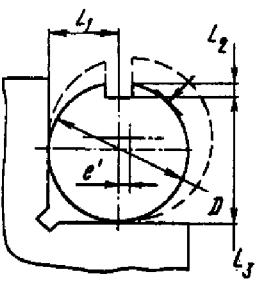
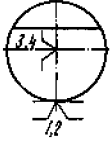
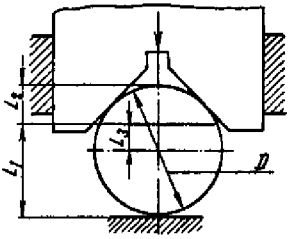


1	2	3
<p>В призме при обработке отверстий по кондуктору</p> 	 <p>кондукторная втулка</p>	$\varepsilon_L = 0,5\delta_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) \text{ при } L > 0,5D$ $\varepsilon_L = 0,5\delta_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right) \text{ при } L > 0,5D$ $\varepsilon_L = 0,5\delta_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right) \text{ при } L > 0,5D$
<p>На плоской поверхности при обработке отверстия по кондуктору</p> 	 <p>кондукторная втулка</p>	$\varepsilon_L = 0$ $\varepsilon_e = 0,5\delta_D$

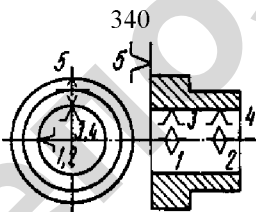
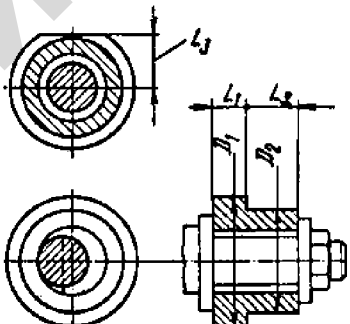
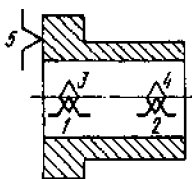
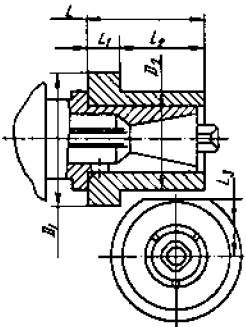
337

1	2	3
<p>По наружной поверхности в призме:</p> 		$\varepsilon_{L_1} = 0,5\delta_D \left( \frac{1}{\sin} - 1 \right)$ $\varepsilon_{L_2} = 0,5\delta_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$ $\varepsilon_{L_3} = 0,5\delta_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} \right)$
<p>При обработке плоскости или паза</p> 		$\varepsilon_{L_1} = 0,5\delta_D$ $\varepsilon_{L_2} = 0,5\delta_D$ $\varepsilon_{L_3} = 0$


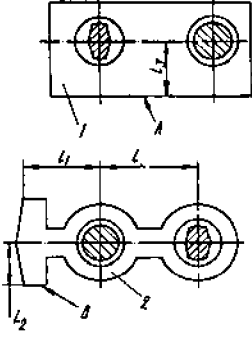
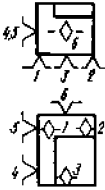
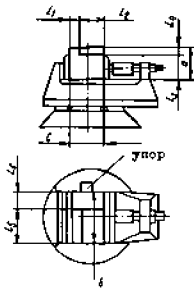
338

1	2	3
<p>При обработке плоскости или паза</p> 		$\varepsilon_{e'} = 0,5\delta_D$ $\varepsilon_{L_1} = 0$ $\varepsilon_{L_2} = \delta_D$ $\varepsilon_{L_3} = 0$ $\varepsilon_{e'} \rightarrow$ <p>Смещение оси шпоночного паза с диаметральной плоскости симметрии</p>
<p>На плоской поверхности с окончательным ориентированием призмой в момент зажима</p> 		$\varepsilon_{L_1} = 0$ $\varepsilon_{L_2} = \delta_D$ $\varepsilon_{L_3} = 0,5\delta_D$

339

1	2	3
<p>По отверстию: на жесткой оправке со свободной посадкой</p> 		$\varepsilon_{D_1} = S_{\min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_{D_2} = S_{\min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_{L_3} = S_{\min} + \delta_B + \delta_A$ <p>При установке оправки на плавающий передний центр, в гильзу или патрон по упору</p>
<p>По отверстию: на разжимной оправке или на жесткой оправке с натягом</p> 		$\varepsilon_{L_1} = 0$ $\varepsilon_{L_2} = \delta_L$ $\varepsilon_{L_3} = 0$ $\varepsilon_{D_1} = 0$ $\varepsilon_{D_2} = 0$

340

1	2	3
<p>По двум отверстиям на пальцах и плоскости (схема базирования 1 аналогична 2)</p> 		$\varepsilon_{L_3} = 2\Delta + \delta_1 + \delta_2$ $\varepsilon_{L_2} = (2\Delta + \delta_1 + \delta_2) \left( \frac{2L_1 + L}{L} \right)$ <p><math>\Delta</math> - минимальный радиальный зазор посадки заготовки на палец  <math>A</math> и <math>B</math> - поверхности обработки</p>
<p>По трем плоскостям: при обработке уступа</p> 		$\varepsilon_{L_1} = 0$ $\varepsilon_{L_2} = \delta_C$ $\varepsilon_{L_3} = 0$ $\varepsilon_{L_4} = \delta_\alpha$ $\varepsilon_{L_5} = \delta_B$ $\varepsilon_{L_6} = 0$

РЕПОЗИТОРИЙ БГАМУ

Окончание табл. П2.7

Примечание:

Обозначения на схемах:  $\epsilon$  – погрешность базирования;  $e$  – эксцентриситет наружной поверхности относительно отверстия;  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – допуски на диаметры отверстия и пальца;  $\delta_L$  – допуск на длину заготовки;  $\delta_D$  – допуск на диаметр внешней поверхности;  $S_{\min}$  – минимальный гарантированный зазор;  $\delta_A$  – допуск на размер базового отверстия;  $\delta_B$  – допуск на размер оправки;  $\delta_\alpha$  – допуск на диаметр центрального гнезда;  $\alpha$  – половина угла центрального гнезда;  $\Delta_{\text{ц}}$  – погрешность глубины центрального гнезда (посадки центра) приведена в таблице П2.8.

Таблица П2.8

Величины погрешности глубины центрального гнезда  $\Delta_{\text{ц}}$  при угле центра  $2\alpha = 60^\circ$

Наибольший диаметр центрального гнезда, мм	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7,5; 10	7,5; 10	20; 30
$\Delta_{\text{ц}}$ , мм	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25

Приложение 3

Припуски на механическую обработку поверхностей вращения, мм  
(для всех значений)

Таблица ПЗ.1

Припуски на обработку наружных поверхностей вращения

Номинальный диаметр	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
1	2	3	4	5	6	7	8
Точение проката повышенной точности							
До 30	Черновое и однократное	1,2	1,7	–	–	–	–
		1,1	–	–	–	–	–
	Чистовое	0,25	0,3	–	–	–	–
		0,25	–	–	–	–	–
	Тонкое	0,12	0,15	–	–	–	–
		0,12	–	–	–	–	–
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	1,2	1,5	2,2	–	–	–
		1,1	1,4	–	–	–	–
	Чистовое	0,3	0,3	0,35	–	–	–
		0,25	0,25	–	–	–	–
	Тонкое	0,15	0,16	0,20	–	–	–
		0,12	0,13	–	–	–	–
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	1,5	1,7	2,3	3,1	–	–
		1,1	1,5	2,1	–	–	–
	Чистовое	0,25	0,3	0,3	0,4	–	–
		0,20	0,25	0,3	–	–	–
	Тонкое	0,14	0,15	0,17	0,23	–	–
		0,12	0,13	0,16	–	–	–
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	1,6	1,7	2,0	2,5	3,3	–
		1,2	1,3	1,7	2,3	–	–
	Чистовое	0,25	0,3	0,3	0,3	0,35	–
		0,25	0,25	0,3	0,3	–	–
	Тонкое	0,14	0,15	0,16	0,17	0,20	–
		0,13	0,13	0,15	0,17	–	–
Точение проката обычной точности							
До 30	Черновое и однократное	1,3	1,7	–	–	–	–
		1,1	–	–	–	–	–
	Получистовое	0,45	0,50	–	–	–	–
		0,45	–	–	–	–	–
	Чистовое	0,25	0,25	–	–	–	–
		0,20	–	–	–	–	–
	Тонкое	0,13	0,15	–	–	–	–
		0,12	–	–	–	–	–

Продолжение табл. ПЗ.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	1,3	1,6	2,2	–	–	–
		1,1	1,4	–	–	–	–
	Получистовое	0,45	0,45	0,50	–	–	–
		0,45	0,45	–	–	–	–
Св. 30	Чистовое	0,25	0,25	0,30	–	–	–
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	1,3	1,6	2,2	–	–	–
		1,1	1,4	–	–	–	–
	Получистовое	0,45	0,45	0,50	–	–	–
		0,45	0,45	–	–	–	–
	Чистовое	0,25	0,25	0,30	–	–	–
		0,20	0,25	–	–	–	–
Тонкое	0,13	0,14	0,16	–	–	–	
	0,12	0,13	–	–	–	–	
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	1,5	1,7	2,3	3,1	–	–
		1,1	1,5	2,1	–	–	–
	Получистовое	0,45	0,50	0,50	0,55	–	–
		0,45	0,45	0,50	–	–	–
	Чистовое	0,25	0,30	0,30	0,35	–	–
		0,20	0,25	0,30	–	–	–
Тонкое	0,13	0,14	0,18	0,20	–	–	
	0,12	0,13	0,16	–	–	–	
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	1,8	1,9	2,1	2,6	3,4	–
		1,2	1,3	1,7	2,3	–	–
	Получистовое	0,5	0,5	0,5	0,5	0,55	–
		0,45	0,45	0,50	0,50	–	–
	Чистовое	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	–
		0,25	0,25	0,25	0,30	–	–
Тонкое	0,15	0,15	0,16	0,18	0,20	–	
	0,12	0,13	0,14	0,17	–	–	
Св. 120 до 180	Черновое и однократное	2,0	2,1	2,3	2,7	3,5	4,8
		1,3	1,4	1,8	2,3	3,3	–
	Получистовое	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60	0,65
		0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	–
	Чистовое	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40
		0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	–
Тонкое	0,16	0,16	0,17	0,18	0,21	0,27	
	0,13	0,13	0,15	0,17	0,20	–	
Св. 180 до 260	Черновое и однократное	2,3	2,4	2,6	2,9	3,6	5,0
		1,4	1,5	1,8	2,4	3,2	4,6
	Получистовое	0,50	0,50	0,50	0,55	0,60	0,65
		0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	0,65
	Чистовое	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40
		0,25	0,25	0,25	0,30	0,35	0,40
	Тонкое	0,17	0,17	0,18	0,19	0,22	0,27
		0,13	0,14	0,15	0,17	0,20	0,26

Продолжение табл. ПЗ.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Точение штампованных заготовок							
До 18	Черновое и однократное	1,5	1,9	–	–	–	–
		1,4	–	–	–	–	–
	Чистовое	0,25	0,30	–	–	–	–
		0,25	–	–	–	–	–
Тонкое	0,14	0,15	–	–	–	–	
	0,14	–	–	–	–	–	
Св. 18 до 30	Черновое и однократное	1,6	2,0	2,3	–	–	–
		1,5	1,8	–	–	–	–
	Чистовое	0,25	0,30	0,30	–	–	–
		0,25	0,25	–	–	–	–
	Тонкое	0,14	0,15	0,16	–	–	–
		0,14	0,14	–	–	–	–
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	1,8	2,3	3,0	3,5	–	–
		1,7	2,0	2,7	–	–	–
	Чистовое	0,30	0,30	0,30	0,35	–	–
		0,25	0,30	0,30	–	–	–
	Тонкое	0,15	0,16	0,19	0,21	–	–
		0,15	0,15	0,17	–	–	–
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	2,2	2,9	3,4	4,2	5,0	–
		2,0	2,6	2,9	3,6	–	–
	Чистовое	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	–
		0,30	0,0	0,30	0,35	–	–
	Тонкое	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	–
		0,16	0,17	0,18	0,20	–	–
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	2,6	3,3	4,3	5,2	6,3	8,2
		2,3	3,0	3,8	4,5	5,2	–
	Чистовое	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50	0,60
		0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	–
	Тонкое	0,17	0,19	0,23	0,26	0,30	0,38
		0,17	0,18	0,21	0,24	0,26	–
Св. 120 до 180	Черновое и однократное	3,2	4,6	5,0	6,2	7,5	–
		2,8	4,2	4,5	5,6	6,7	–
	Чистовое	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	–
		0,30	0,30	0,40	0,45	0,55	–
	Тонкое	0,20	0,24	0,25	0,30	0,35	–
		0,20	0,22	0,23	0,27	0,32	–
Шлифование заготовок							
До 30	Предварительное после термообработки	0,30	0,60	–	–	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	–	–	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	–	–	–	–

Окончание табл. ПЗ.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Св. 30 до 50	Предварительное после термообработки	0,25	0,50	0,85	–	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	–	–	–
Св. 30 до 50	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	–	–	–
Св. 50 до 80	Предварительное после термообработки	0,25	0,40	0,75	1,2	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	–	–
Св. 80 до 120	Предварительное после термообработки	0,20	0,35	0,65	1,00	1,55	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	–
Св. 120 до 180	Предварительное после чистового точения	0,17	0,30	0,55	0,85	1,30	2,10
	Предварительное после термообработки	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Св. 120 до 180	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

*Примечания:*

1. Припуски при точении в числителе указаны при установке заготовки в центрах, в знаменателе – в патроне.

2. Если величина припуска при шлифовании не может быть снята за один проход, то 70 % его удаляют на первом проходе и 30 % – на втором.

3. Величины припусков на обработку конических поверхностей принимать те же, что и на обработку цилиндрических, устанавливая их по наибольшему диаметру.

Таблица П3.2

Припуски на обработку отверстий, мм

Вид обработки отверстия	Припуск на диаметр для интервала диаметров, мм						
	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260		
<b>Припуски для заготовок, полученных литьем или штамповкой</b>							
<b>Черновое растачивание или зенкерование отливок из:</b>							
серого чугуна	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
ковкого чугуна	2,7	3,0	3,5	4,0	4,5		
бронзы	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5		
горячештампованных заготовок	1,6	2,5	2,5	3,5	4,0		
заготовок после свободнойковки	3,0	3,0	3,0	3,5	5,5		
<b>Чистовое растачивание или зенкерование после:</b>							
сверления	1,5	1,7	–	–	–		
чернового растачивания или зенкерования	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0		
<b>Развертывание после:</b>							
зенкерования	0,45	0,55	0,65	–	–		
чистового растачивания	0,40	0,45	0,55	–	–		
<b>Шлифование незакаленных заготовок при длине обработки</b>							
от 100 до 200	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50		
св. 200 до 300	–	0,40	0,50	0,50	0,55		
<b>Шлифование закаленных заготовок при длине обработки</b>							
от 50 до 100	0,35	0,40	0,60	0,60	0,65		
св. 100 до 200	0,35	0,40	0,65	0,65	0,70		
св. 200 до 300	–	0,50	0,70	0,70	0,75		
<b>Припуски для заготовок из проката</b>							
<b>Развертывание:</b>							
черновое	0,15	0,20	0,24	0,27	0,30	–	–
чистовое	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	–	–

*Примечание.*

Припуски на черновую обработку даны без учета глубины дефектного слоя.

Припуски на обработку отверстий хонингованием в зависимости от исходной погрешности формы и шероховатости поверхности, мм

Отклонение формы, мкм		Исходная шероховатость, мкм	Рабочий ход	Припуск на диаметр, мкм	После хонингования	
исходное	допустимое				отклонение формы, мкм	шероховатость $R_a$ , мкм
100–150	4–5	$R_z = 40-20$	Первый	150–200	15–20	2,5–0,63
			Второй	20–30	6–10	0,63–0,16
			Третий	12–15	4–5	0,32–0,08
50–90	3–4	$R_z = 40-20$	Первый	80–120	10–18	2,5–0,63
			Второй	15–25	5–9	0,63–0,16
			Третий	8–12	3–4	0,32–0,08
25–40	2–3	$R_a = 5-1,25$	Первый	50–70	8–12	1,25–0,32
			Второй	12–15	4–6	0,63–0,16
			Третий	6–12	2–3	0,32–0,08
12–15	2–3	$R_a = 2,5-0,63$	Первый	20–35	5–9	1,25–0,16
			Второй	10–12	2–3	0,32–0,08
6–12	1–2	$R_a = 2,5-0,63$	Первый	15–20	2–4	0,63–0,16
			Второй	4–6	1–2	0,32–0,08

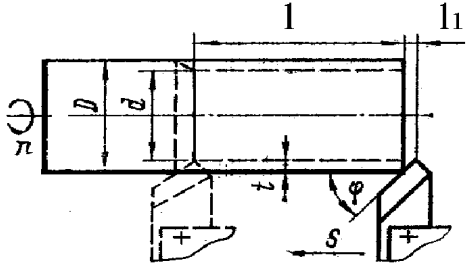


Таблица ПЗ.4

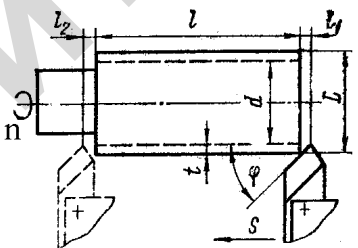
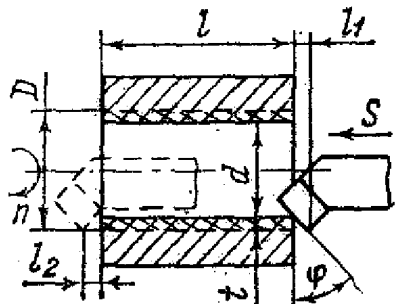
Операционные припуски на бесцентровое шлифование валов  
после чистового точения (мм)

Диаметр вала, мм	Операционные припуски при длине вала, мм			
	До 100	Св. 100 до 250	Св. 250 до 500	Св. 500 до 1000
<b>Шлифование сырых валов</b>				
От 6 до 10	0,25	0,30	–	–
Св. 10 до 18	0,30	0,35	-0,45	–
Св. 18 до 30	0,35	0,40	0,50	0,55
Св. 30 до 50	0,40	0,45	0,55	0,60
Св. 50 до 80	0,45	0,50	0,55	0,60
Св. 80 до 120	0,50	0,55	0,60	0,65
Св. 120 до 180	0,55	0,60	0,65	0,70
<b>Шлифование закаленных валов</b>				
От 6 до 10	0,30	0,35	–	–
Св. 10 до 18	0,35	0,40	–	–
Св. 18 до 30	0,40	0,45	0,5	–
Св. 50 до 80	0,50	0,55	0,60	0,65
Св. 80 до 120	0,55	0,60	0,65	0,70
Св. 120 до 180	0,60	0,65	0,70	0,75

Формулы для расчета основного времени обработки заготовки на металлорежущих станках

№ п/п	Способ обработки	Схема обработки	Расчетная формула (условные обозначения)
1	2	3	4
1	Обтачивание до уступа (а)		$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин,}$ <p>где <math>S</math> – продольная подача за оборот заготовки, мм/об; <math>n</math> – частота вращения заготовки, об/мин; <math>l</math> – длина обрабатываемой поверхности, мм; <math>l_1</math> (<math>l_2</math>) – величина врезания (перебега); <math>i</math> – число рабочих ходов инструмента.</p> $l_1 = t / \text{tg} \phi + (0,5 \div 2), \text{ мм,}$ <p>где <math>t</math> – глубина резания, мм; <math>\phi</math> – величина главного угла в плане режущего инструмента, град.</p> $t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$ <p>(а) <math>l_2 = 0</math> мм; (б) <math>l_2 = 1 \div 5</math> мм</p>

Продолжение табл. П4.1

1	Обтачивание на проход (б)		$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$ <p>(а) <math>l_2 = 0</math> мм; (б) <math>l_2 = 1 \div 5</math> мм</p>
2	Растачивание на проход (а)		$t_o, t \text{ (см. п. 1)}$ <p>(а) <math>l_1 = t / \text{tg} \phi + (0,5 \div 2), \text{ мм}</math></p> $l_2 = 1 \div 5 \text{ мм}$

1	2	3	4
2	Растачивание в упор (б)		$t_0, t$ (см. п. 1) (б) $l_1 = 0,5 \div 2$ мм $l_2 = 0$ мм
2	Растачивание до уступа (в)		$t_0, t$ (см. п. 1) (в) $l_1 = t / \text{tg} \phi + (0,5 \div 2)$ , мм $l_2 = 0$ мм

353

1	2	3	4
3	Подрезка сплошного торца (а)		$t_0$ (см. п. 1) $t = \frac{D}{2}$ , мм (а) $l_1 = t / \text{tg} \phi + (0,5 \div 2)$ , мм $l_2 = 0,5 \div 2$ мм
	Подрезка несплошного торца (б)		$t_0, t$ (см. п. 1) (б) $l_1 = t / \text{tg} \phi + (0,5 \div 2)$ , мм $l_2 = 0,5 \div 2$ мм

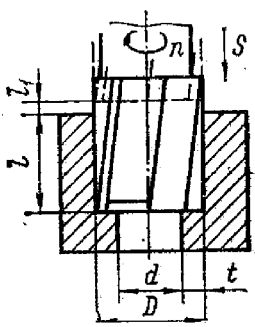
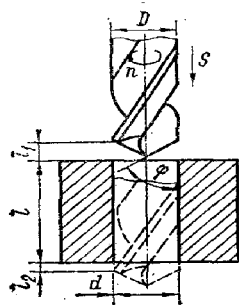
354

1	2	3	4
4	Отрезка детали сплошного сечения (а)		$t_o = \frac{l+l_1+l_2}{n \cdot S}, \text{ мин}$ $t = B, \text{ мм,}$ <p>где <math>B</math> – ширина режущей части инструмента, мм.</p> $(а) l = \frac{D}{2}, \text{ мм}$ $l_1 = l_2 = 0,5 \div 2 \text{ мм}$
4	Отрезка детали несплошного сечения (б)		$t_o, t \text{ (см. п. 4 (а))}$ $(б) l = \frac{D-d}{2}, \text{ мм}$ $l_1 = l_2 = 0,5 \div 2 \text{ мм}$

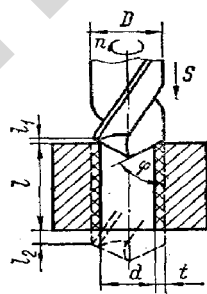
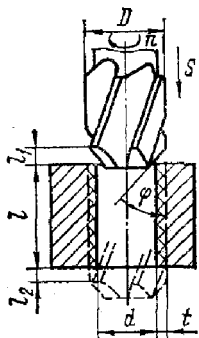
355

1	2	3	4
5	Сверление глухого отверстия (а)		$t_o = \frac{l+l_1}{n \cdot S}, \text{ мин}$ $t = \frac{D}{2}, \text{ мм}$ $(а) l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} \phi + (0,5 \div 2), \text{ мм}$
	Рассверливание глухого отверстия (б)		$t_o \text{ (см. п. 5 (а))}$ $t = \frac{D-d}{2}, \text{ мм}$ $(б) l_1 = \frac{D-d}{2} \text{ctg} \phi + (0,5 \div 2) \text{ мм}$

356

1	2	3	4
5	Зенкерование глухое отверстия (в)		$t_o$ (см. п. 5 (а)) $t = \frac{D-d}{2}$ , мм (б) $l_1 = 0,5 \div 2$ мм
6	Сверление отверстия на проход (а)		$t_o = \frac{l+l_1+l_2}{n \cdot S} \cdot i$ , мин $t = \frac{D}{2}$ , мм (а) $l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg } \phi + (0,5 \div 2)$ , мм $l_2 = 1 \div 3$ мм

357

1	2	3	4
6	Расверливание отверстия на проход (б)		$t_o$ (см. п. 6 (а)) $t = \frac{D-d}{2}$ , мм (б) $l_1 = \frac{D-d}{2} \text{ctg } \phi + (0,5 \div 2)$ мм $l_2 = 1 \div 3$ мм
	Зенкерование отверстия на проход (в)		$t_o$ (см. п. 6 (а)) $t, l_1, l_2$ (см. п. 6 (б))

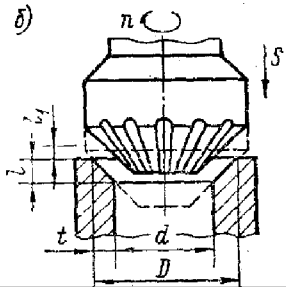
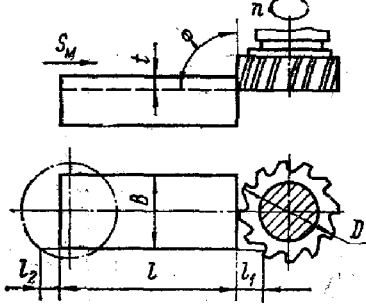
358

1	2	3	4
7	Развертывание на проход (а)		$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин}$ $t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$ <p>(а) <math>l_1 = \frac{D - d}{2} \text{ctg } \phi + (0,5 \div 2) \text{ мм}</math></p> $l_2 = (0,3 \div 0,5) l_p, \text{ мм},$ <p>где <math>l_p</math> – длина рабочей части развертки, мм</p>
	Развертывание глухое (б)		$t_o = \frac{l + l_1}{n \cdot S}, \text{ мин}$ $t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$ <p>(б) <math>l_1 = 0,5 \div 2 \text{ мм}</math></p>

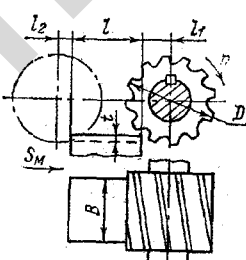
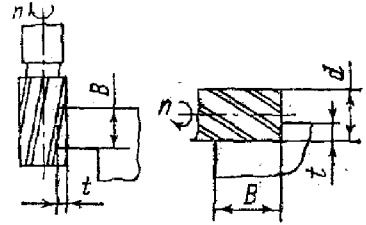
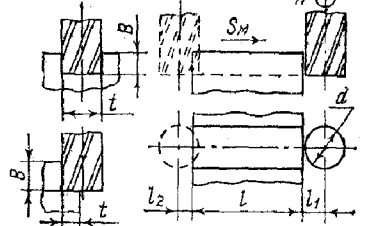
359

1	2	3	4
7	Цекование (в)		$t_o, t, l_1 \text{ (см. п. 7 (б))}$
8	Центрование		$t_o = \frac{l + l_1}{n \cdot S}, \text{ мин}$ $t = \frac{D}{2}, \text{ мм}$ $l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg } \phi + (0,5 \div 2), \text{ мм}$

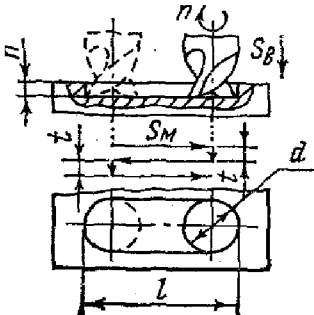
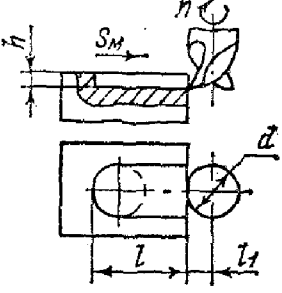
360

1	2	3	4
9	Зенкование		$t_o = \frac{l + l_1}{n \cdot S}, \text{ мин}$ $t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$ $l_1 = 0,5 \div 2 \text{ мм}$
10	Фрезерование плоскости торцевой фрезой ( $\varphi = 90^\circ$ )		$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_M} \cdot i, \text{ мин},$ <p>где <math>S_M = S_z z n</math> – минутная подача, мм/мин; <math>S_z</math> – подача на зуб, мм/зуб; <math>z</math> – число зубьев фрезы.</p> $l_1 = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) + (0,5 \div 3) \text{ мм}$ <p>где <math>D</math> – диаметр фрезы, мм; <math>B</math> – ширина обрабатываемой плоскости, мм</p> $l_2 = 2 \div 5 \text{ мм}$

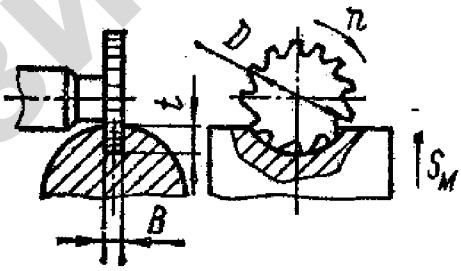
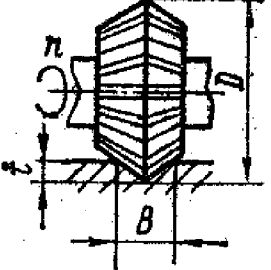
361

1	2	3	4
11	Фрезерование плоскости цилиндрической фрезой		$t_o \text{ (см. п. 10).}$ $l_1 = \sqrt{t(D - t)} + (0,5 \div 3), \text{ мм}$ $l_2 = 2 \div 5 \text{ мм}$
12	Фрезерование концевой фрезой плоскости (а)		$t_o \text{ (см. п. 10)}$ $S_M = S_z$ $l_1 = \sqrt{t(D - t)} + (0,3 \div 3), \text{ мм}$ $l_2 = 2 \div 5 \text{ мм}$
	Фрезерование концевой фрезой паза на проход (б)		$t_o \text{ (см. п. 10)}$ $S_M = S_z$ $l_1 = 0,5d + (0,5 \div 1), \text{ мм}$ $l_2 = 1 \div 2 \text{ мм}$

362

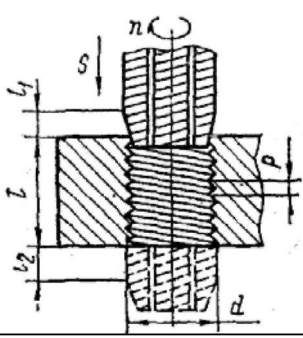
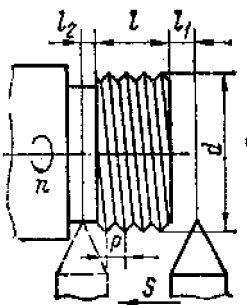
1	2	3	4
13	Фрезерование шпоночной фрезой закрытой с двух сторон (а)		$t_o = \frac{h + (0,5 \div 1)}{S_B} + \frac{l - d}{S_M}, \text{ мин.}$ <p>где <math>S_B</math> – вертикальная подача, мм/мин;</p>
	Фрезерование шпоночной фрезой закрытой с одной стороны (б)		$t_o = \frac{l + l_1}{S_M}, \text{ мин}$ $l_1 = 0,5d + (0,5 \div 1), \text{ мм}$

363

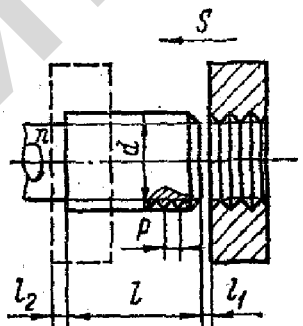
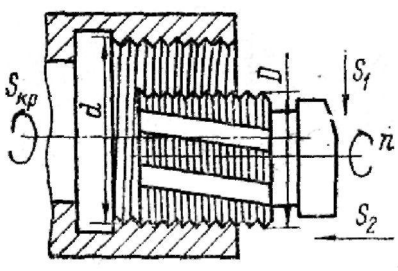
1	2	3	4
14	Фрезерование сегментной канавки дисковой фрезой		$t_o$ (см. п. 10) $l = t$ мм $l_1 = 0,5 \div 1$ , мм $l_2 = 0$ мм
15	Фрезерование угловой дисковой фрезой		$t_o$ (см. п. 10) $l = t$ мм $l_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,3 \div 3)$ , мм $l_2 = 2 \div 5$ мм

364

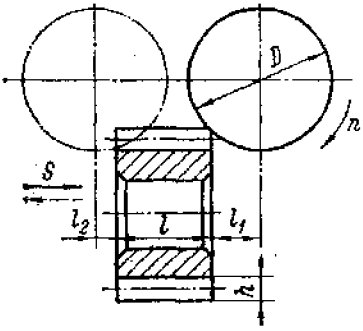
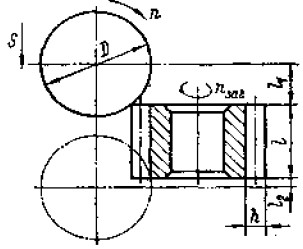


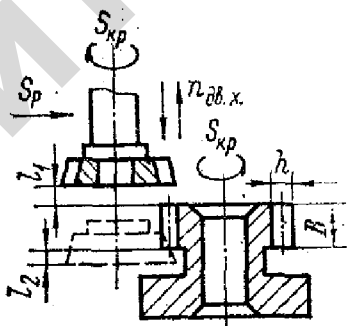
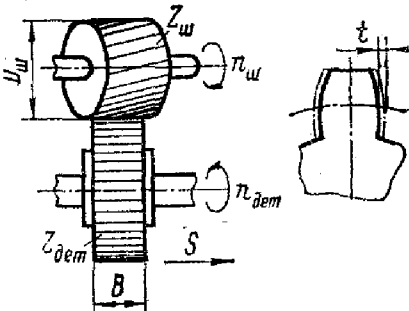
1	2	3	4
16	Нарезание токарным резцом наружной (внутренней) резьбы		$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин}$ $l_1 = l_2 = (1 \div 3)P, \text{ мм}$ <p>где <math>P</math> – шаг резьбы, мм</p>
17	Нарезание резьбы метчиком на проход (упор)		$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} + \frac{l + l_1 + l_2}{n_1 \cdot S}, \text{ мин.}$ <p>где <math>n_1</math> – частота вращения шпинделя при свинчивании инструмента, об/мин;</p> $l_1 = (1 \div 3)P, \text{ мм}$ $l_2 = (2 \div 3)P, \text{ мм}$

365

1	2	3	4
18	Нарезание резьбы плашкой		$t_o \text{ (см. п. 17)}$ $l_1 = (1 \div 3)P, \text{ мм}$ $l_2 = (0,5 \div 2)P, \text{ мм}$
19	Нарезание фрезой резьбы внутренней (наружной)		$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_{кр}} = \frac{1,2\pi D}{S_{кр}}; \text{ мин.}$ <p>где <math>S_{кр} = S_m = S_z z n</math> – круговая подача заготовки, мм/мин</p> $l = \pi D, \text{ мм}$ $l_1 + l_2 = 0,2D, \text{ мм}$

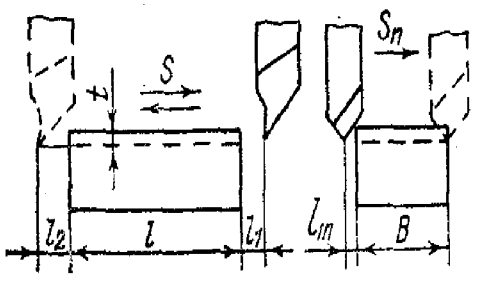
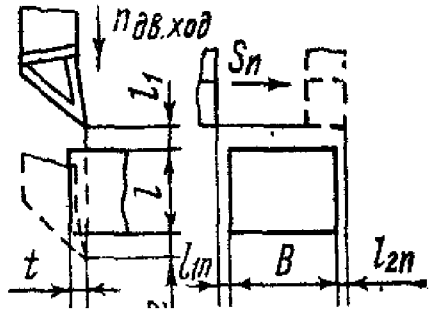
366

1	2	3	4
20	Нарезание цилиндрических зубчатых колес модульной дисковой фрезой (а)		$t_o = \left( \frac{l+l_1+l_2}{S_M} + \frac{l+l_1+l_2}{S_x} \right) z_d i + \tau z_d,$ <p>где <math>S_x</math> – подача возврата фрезы, мм/мин; <math>z_d</math> – число зубьев нарезаемого колеса; <math>\tau</math> – время на деление, мин;</p> $t = h, \text{ мм}$ <p>где <math>h</math> – глубина впадины зуба при нарезании за один рабочий ход, мм</p> <p>(а) <math>l_1 = \sqrt{h(D-h)} + (1 \div 2), \text{ мм}</math></p> $l_2 = 2 \div 4 \text{ мм}$
	Нарезание цилиндрических зубчатых колес модульной червячной фрезой (б)		$t_o = \frac{(l+l_1+l_2)z_d}{Snq}, \text{ мин,}$ <p>где <math>S</math> – подача фрезы на оборот заготовки, мм/об; <math>q</math> – число заходов фрезы.</p> <p>(б) <math>l_1 = (1,1 \div 1,2) \sqrt{h(D-h)}, \text{ мм}</math></p> $l_2 = 2 \div 3 \text{ мм}$

1	2	3	4
21	Обработка цилиндрических зубчатых колес долбяком (а)		$t_o = \frac{h}{S_p n_{\text{дв.ход}}} + \frac{\pi m z_d}{S_{\text{кр}} n_{\text{дв.ход}}} i, \text{ мин,}$ <p>где <math>S_p</math> – радиальная подача долбяка, мм/дв. ход; <math>S_{\text{кр}}</math> – круговая подача долбяка и заготовки, мм/дв. ход; <math>m</math>, <math>z_d</math> – модуль и число зубьев нарезаемого колеса.</p> <p>(а) <math>L = l_1 + B + l, \text{ мм}</math></p>
	Обработка цилиндрических зубчатых колес дисковым шевером (б)		$t_o = \frac{(B+10)z_d}{S n_{\text{ш}} z_{\text{ш}}} + \frac{h}{S_B}, \text{ мин,}$ <p>где <math>S</math> – продольная подача стола мм/об; <math>S_B</math> – вертикальная подача инструмента, мм/ход стола; <math>z_{\text{ш}}</math> – число шевера; <math>n_{\text{ш}}</math> – частота вращения шевера, об/мин.</p>

1	2	3	4
22	Шлифование наружное круглое методом продольной подачи		$t_o = \frac{2L}{Sn_d} \cdot \frac{Z}{t} \cdot k, \text{ мин}$ <p>где <math>n_d</math> – частота вращения детали, об/мин; <math>S</math> – продольная подача в долях ширины шлифовального круга <math>B_k</math>; <math>Z</math> – припуск на обработку на сторону; <math>k</math> – поправочный коэффициент «на выхаживание» (при черновом шлифовании 1,25 ÷ 1,7, при чистовом – 1,2 ÷ 1,4; при шлифовании на проход <math>L = l - (0,2 \div 0,4)B_k</math>; при шлифовании в упор <math>L = l - (0,4 \div 0,6)B_k</math>)</p>
23	Шлифование наружное методом врезания		$t_o = \frac{Z}{m_d} \cdot k, \text{ мин}$ $t = S_b, \text{ мм}$ <p>где <math>S_b</math> – вертикальная (поперечная) подача, мм/об заготовки;</p> $k = 1,2 \div 1,3$

1	2	3	4
24	Плоское шлифование периферией круга		$t_o = \frac{L}{1000 \cdot S} + \frac{B + B_k + l_{п.}}{S_{п.}} \cdot \frac{Z}{t} \cdot k,$ <p>где <math>S_b</math> – вертикальная подача в мм на цикл двойных ходов по ширине обработки <math>B</math>; <math>S</math> – продольная подача, м/мин; <math>S_{п.}</math> – поперечная подача в долях ширины шлифовального круга <math>B_k</math> (на двойной ход стола с заготовкой) или в мм/дв.ход, <math>S_{п.} = (0,2 \div 0,7)B_k</math></p> $t = S_i, \text{ мм}$ $l_1 + l_2 = 10 \div 15, \text{ м}$
25	Наружное бесцентровое шлифование методом врезания		$i_o = \frac{lm + B_r}{S_m} \cdot ik, \text{ мин}$ <p>где <math>S_m</math> – продольная подача заготовки, мм/мин; <math>m</math> – число деталей в партии, шлифуемых непрерывным потоком; <math>k = 1,05 \div 1,2</math></p> $S_m = 1000 \cdot v_{BK} \sin \alpha,$ <p>где <math>v_{BK}</math> – скорость ведущего круга, м/мин; <math>n_k, n_{BK}</math> – частота вращения кругов, об/мин</p>

1	2	3	4
25	Строгание		$t_o = \frac{L}{1000 \cdot v_{cp}} + \frac{B + l_{1n} + l_{2n}}{S_n} \cdot \frac{Z}{t}, \text{ мин}$ <p>где <math>v_{cp}</math> – средняя скорость резания, м/мин; <math>S_n</math> – поперечная подача в мм на двойной ход стола или резца (мм/дв. ход); <math>l_{1n}</math> (<math>l_{2n}</math>) – врезание (перебег) инструмента в поперечном направлении; для продольно-строгальных станков</p> $l_1 + l_2 = 200 \div 500,$ <p>для долбежных и поперечно-строгальных</p> $l_1 + l_2 = 35 \div 75$ $v_{cp} = \frac{n_{дв.ход} L}{1000} \left(1 + \frac{v_{px}}{v_{xx}}\right),$ <p>где <math>n_{дв.ход}</math> – число двойных ходов стола (резца), мин; <math>v_{px}</math>, <math>v_{xx}</math> – скорости рабочего и холостого ходов, м/мин</p>
	Долбление		

371

## Таблицы нормативов времени:

- для массового производства – Г. 2 – Г. 23;
- для серийного производства – Г. 24 – Г. 39

Таблица П4.2

Вспомогательное время на установку и снятие детали вручную (патроны самоцентрирующие), мин

Способ установки и крепления детали	Масса детали, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
<i>Содержание работы: взять деталь, установить и закрепить; открепить деталь, снять и отложить</i>								
В патроне без ключа	0,05	0,06	0,06	0,08	0,1	0,13	–	–
В самоцентрирующем патроне с креплением:								
- пневматическим зажимом	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,22
- ключом	–	0,15	0,17	0,23	0,27	0,3	0,4	0,5
Подвести и отвести центр задней бабки, закрепить и открепить пиноль рукояткой:								
- пневматическим зажимом								
- рычагом	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
- маховичком	–	–	–	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
	–	–	–	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07

372

Таблица П4.3

Вспомогательное время на установку и снятие прутка в цанговом патроне, мин

Способ установки и крепления прутка	Диаметр прутка, мм, до					
	12	20	30	40	50	60
Взять пруток и вставить в трубу	0,2	0,24	0,3	0,44	0,6	0,9
Заправить пруток в патрон, установить в размер на подрезку, проверить регулировку зажима и закрепить: - пневматическим зажимом - рукояткой рычага	0,11	0,18	0,28	0,38	0,47	0,52
	0,12	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55
Разжать патрон для освобождения остатка прутка: - пневматическим зажимом - рукояткой рычага	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	0,025	0,028	0,031	0,036	0,04	0,045
Вынуть остаток прутка из патрона и отложить	0,015	0,018	0,018	0,025	0,03	0,035

Таблица П4.4

Вспомогательное время на установку детали в центрах и снятие ее (вручную), мин

Способ подвода центра задней бабки и крепления пиноли	Масса детали (оправка с деталями), кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
<i>Содержание работы: взять деталь (оправку с деталями), установить в центрах, закрепить центром задней бабки; отвести центр задней бабки, снять деталь (оправку с деталями) и отложить</i>							

Окончание табл. П4.4

Способ подвода центра задней бабки и крепления пиноли	Масса детали (оправка с деталями), кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
Рукояткой пневмозажима	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13	0,16	0,21
Отводной пружинной рукояткой с креплением пиноли рукояткой	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,23
Закрывать, открывать, закрепить и открепить крышку люнета закрытого типа	–	–	–	0,087	0,099	0,111	0,124

Таблица П4.5

Вспомогательное время на установку и снятие одной детали, мин

Количество одновременно устанавливаемых деталей	Масса детали, кг, до							
	0,05	0,1	0,5	1	3	5	8	12
а) на магнитном столе								
1				0,049	0,057	0,067	0,078	0,09
3				0,04	0,051			
5	0,017	0,019	0,023	0,028				
10	0,014	0,016	0,02					
20 и более	0,01	0,012						
б) на опорный нож при бесцентровом шлифовании								
1 (напроход)			0,028	0,033	0,044	0,05		
1 (до упора)			0,049	0,058	0,078	0,091	0,101	0,114

Таблица П4.6

Вспомогательное время на установку и снятие детали (различные приспособления), мин

Способ установки и крепления детали	Масса детали, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
<i>Содержание работы: взять деталь, установить, закрепить; открепить деталь, снять, отложить</i>								
В цанговом патроне с креплением: - пневмозажимом - рукояткой рычага	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,24
	0,07	0,08	0,09	0,12	0,14	0,17	0,2	0,25
На гладкой оправке без крепления	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,20	–	–
На гладкой оправке с креплением гайкой с быстросменной шайбой	0,11	0,13	0,15	0,20	0,26	0,32	0,39	0,47
На резьбовой оправке	0,1	0,12	0,13	0,19	0,25	–	–	–
Установка детали по зубу долбяка, фрезы с подводом инструмента к детали	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06

375

Окончание табл. П4.6

Способ установки и крепления детали	Масса детали, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Установка на оправке каждой последующей детали свыше одной	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	–	–
Установить и снять быстросъемную шайбу	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
Установить в тисках с креплением: - пневмозажимом, - эксцентриковым зажимом	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,17
	0,06	–	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18
Установка в тисках каждой последующей детали свыше одной	0,03	–	0,04	0,05	0,06	–	–	–

376

Таблица П4.7

Вспомогательное время на установку деталей вручную в специальных приспособлениях и на их снятие, мин

Установочные плоскости, элементы приспособления (тип)	Масса детали, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Установка на горизонтальную плоскость или призму в приспособлении: - открыто - первая деталь - то же – каждая последующая деталь	0,034	0,038	0,043	0,053	0,063	0,078	0,1	0,13
	0,024	0,027	0,03	0,037	0,05	0,062	0,08	0,104
В закрытом приспособлении	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,143
Установка на горизонтальную плоскость с упором или призму, расположенную вертикально в приспособлении: - открыто – первая деталь - то же – каждая последующая деталь - закрыто	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,142
	0,026	0,029	0,033	0,041	0,055	0,069	0,088	0,114
	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	0,121	0,156

377

Продолжение табл. П4.7

Установочные плоскости, элементы приспособления (тип)	Масса детали, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Установка на горизонтальную плоскость и палец гладкий или вертикальную плоскость с упором в приспособлении: - открыто – первая деталь - то же – каждая последующая - закрыто	0,041	0,046	0,051	0,063	0,075	0,095	0,119	0,154
	0,029	0,032	0,036	0,044	0,060	0,076	0,095	0,123
	0,045	0,051	0,056	0,069	0,083	0,105	0,131	0,169
Установка в отверстие или гнездо в горизонтальной плоскости; на палец гладкий и вертикальную плоскость в приспособлении: - открыто – первая деталь - то же – последующие - закрыто	0,044	0,049	0,055	0,068	0,082	0,102	0,129	0,168
	0,031	0,034	0,039	0,048	0,066	0,082	0,103	0,134
	0,048	0,054	0,061	0,075	0,090	0,122	–	–

378

Установочные плоскости, элементы приспособления (тип)	Масса детали, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Установка на горизонтальную плоскость и два пальца или в отверстие и на вертикальную плоскость в приспособлении:								
- открытом – первая деталь	0,048	0,054	0,060	0,075	0,089	0,112	0,141	0,152
- то же – последующие	0,034	0,038	0,042	0,053	0,071	0,090	0,113	0,122
- закрытом	0,053	0,059	0,066	0,083	0,098	0,123	0,155	0,167
Установка на палец шлицевый в горизонтальной плоскости или на два пальца и вертикальную плоскость в приспособлении:								
- открытом – первая деталь	0,053	0,059	0,066	0,082	0,098	0,121	0,158	0,197
- то же – последующие	0,037	0,041	0,046	0,057	0,078	0,097	0,126	0,157
- закрытом	0,058	0,065	0,073	0,090	0,108	0,133	0,174	0,217

379

Установочные плоскости, элементы приспособления (тип)	Масса детали, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Установка по горизонтальному пазу или на палец шлицевый в вертикальной плоскости в приспособлении:								
- открытом – первая деталь	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,110	0,142
- то же – последующие	0,026	0,029	0,033	0,041	0,055	0,069	0,088	0,114
- закрытом	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	–	–
Установка на призму и палец горизонтально в открытом приспособлении:								
- первая деталь	0,045	0,051	0,056	0,069	0,083	0,105	0,131	0,169
- каждая последующая	0,032	0,036	0,039	0,048	0,066	0,084	0,105	0,135
Установка на призму и в паз горизонтально в открытом приспособлении:								
- первая деталь	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	0,121	0,156
- каждая последующая	0,029	0,032	0,036	0,045	0,061	0,076	0,101	0,125

380



Вспомогательное время на закрепление и открепление детали в специальных приспособлениях, мин

Способ крепления	Кол-во зажимов	Масса детали, кг, до				
		1	5	12	20	> 20
<i>Крепление в приспособлениях</i>						
Рукояткой:						
- пневматического зажима и гидравлического	1	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
- эксцентрикового зажима	1	0,03	0,034	0,036	–	–
- то же	2	–	0,054	0,061	0,065	0,082
Винтовым зажимом, маховичком, звездочкой	1	0,034	0,042	0,055	0,068	0,128
То же	2	0,06	0,076	0,097	0,12	0,196
Гаечным или винтовым зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,094	0,11	0,135	0,16	0,2
То же	2	0,153	0,18	0,22	0,26	0,32
- // -	3	–	0,24	0,29	0,35	0,42
- // -	4	–	0,3	0,39	0,44	0,55
Гаечным зажимом с быстросъемной шайбой при помощи гаечного ключа	1	0,085	0,1	0,12	0,135	0,17
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,052	0,06	0,071	0,083	0,137
Рукояткой эксцентрикового зажима и винтовым зажимом	2	0,058	0,068	0,082	0,095	0,154

381

Окончание табл. П4.8

Способ крепления	Кол-во зажимов	Масса детали, кг, до				
		1	5	12	20	> 20
<i>Крепление откидной или скользящей планкой</i>						
Рукояткой пневматического зажима	1	0,034	0,042	0,046	0,05	0,06
Рукояткой эксцентрикового зажима	1	0,04	0,052	0,058	0,064	0,079
Винтовым зажимом вручную	1	0,044	0,06	0,077	0,094	0,163
Винтовым или гаечным зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,104	0,123	0,157	0,186	0,235
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,062	0,078	0,093	0,109	0,172

Таблица Г. 9

Вспомогательное время на приемы управления станками

Содержание приема управления	Время, мин
<i>Разные станки</i>	
Включить или выключить станок или его узлы:	
- кнопкой	0,01
- рычагом	0,02
Повернуть резцовую головку на следующую позицию	0,04
Повернуть револьверную головку на следующую позицию	0,015
Установить и снять инструмент в быстросменном патроне:	
- при диаметре инструмента до 15 мм	0,035
- при диаметре инструмента до 25 мм	0,04

382

1	2
- при диаметре инструмента до 30 мм	0,06
- при диаметре инструмента свыше 30 мм	0,08
Поставить кондукторную втулку и снять:	
- при внутреннем диаметре втулки до 20 мм	0,05
- при внутреннем диаметре втулки до 20 мм	0,06
- то же, свыше 40 мм	0,07
Подвести инструмент при снятии одной фаски	0,016
То же, при снятии каждой последующей	0,01
Свести плашки резьбонарезной головки рычагом	0,02
Разжать бруски хонинговальной головки:	
- вручную	0,03
- гидравлической подачей	0,02
Сжать бруски хонинговальной головки:	
- вручную	0,025
- гидравлической подачей	0,015
Закрепить или открепить каретку	0,02
Повернуть стол с рабочей позиции на загрузочную	0,05
Подвести или отвести инструмент к детали при обработке:	
- резец	0,025
- револьверную головку	0,02
- сверло, развертку, метчик, зенкер, плашки	0,01
- фрезы к детали в вертикальном направлении	0,04

383

1	2
- то же, в горизонтальном направлении	0,04
- деталь к фрезе в поперечном направлении	0,04
- то же, в продольном направлении	0,03
- шлифовальный круг к детали до появления искры:	
- в вертикальном направлении	0,04
- в поперечном или продольном направлении	0,02
- деталь к шлифовальному кругу подъемом стола до появления искры	0,04
Подвести или отвести инструмент к детали при обработке:	
- хонинговальную головку	0,01
- державку с брусками суперфинишной головки:	
- вручную	0,06
- с механической подачей	0,04
- долбяк:	
- в вертикальном направлении	0,06
- в горизонтальном направлении	0,06
- деталь к шеверу	0,04
- шлифовальный круг для торцового шлифования	0,025
<i>Зубострогальные станки</i>	
Включить или выключить движение ползунов и подачу:	
- кнопкой	0,01
- рычагом	0,02
Отвести деталь от резцов перемещением каретки	0,04

384

1	2
Закрепить или открепить каретку	0,02
<i>Болторезные станки</i>	
Включить или выключить вращение шпинделя	0,01
Включить или выключить продольную подачу	0,01
Переключить направление вращения шпинделя	0,01
Подвести и направить деталь в плашки	0,015
Отвести каретку в исходное положение на длину:	
- до 100 мм	0,015
- свыше 100 мм	0,025
<i>Протяжные станки для внутреннего и наружного протягивания</i>	
Включить движение ползуна (рабочий или холостой ход):	
- ножной педалью	0,015
- кнопкой	0,01
- рычагом	0,02
Установить протяжку в зажимной патрон:	
- диаметр протяжки до 20 мм	0,06
- диаметр протяжки до 40 мм	0,08
- диаметр протяжки до 80 мм	0,11
Закрепить протяжку в зажимном патроне рукояткой	0,015
Открепить протяжку рукояткой патрона	0,015

385

1	2
Очистить протяжку от стружки:	
- диаметр протяжки до 40 мм	0,03
- диаметр протяжки до 80 мм	0,05
- диаметр протяжки свыше 80 мм	0,07
Подвести или отвести стол	0,04
<i>Зубошлифовальные станки</i>	
Включить или выключить вращение шлифовального круга	0,01
Включить или выключить подачу обкатки и возвратно-поступательное движение каретки	0,01
Включить счетчик продолжительности обкатки	0,01
Установить глубину шлифования и равномерность снятия припуска для первого прохода	0,5
Подвести шлифовальный круг и установить на размер для последующего прохода	0,05
Отвести шлифовальный круг от детали	0,035
<i>Шлицешлифовальные станки</i>	
Включить станок	0,01
Включить или выключить вращение шлифовального круга	0,01
То же, движение стола	0,01
Включить или выключить вертикальную подачу круга	0,01
Включить или выключить подачу делительного механизма	0,01

386

1	2
Подвести шлифовальный круг к детали в вертикальном направлении и установить на размер до появления искры	0,04
Отвести шлифовальный круг от детали в вертикальном направлении	0,035
Переместить стол в продольном направлении (подвод или отвод):	
- на длину до 100 мм	0,035
- на длину до 200 мм	0,05

Таблица П4.10

Вспомогательное время на приемы управления станком, связанные с перемещением рабочих органов станков, мин

Тип станка	Содержание приема	Длина перемещения, мм до					
		50	100	200	300	400	500
Токарно-центровой операционный и токарно-многолезцовый	Переместить каретку суппорта в продольном направлении: - наибольший диаметр обработки 400 - то же, 600	-	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14
		-	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16
		0,03	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18
Расточные	Переместить шпиндель в исходное положение	0,03	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18

Продолжение табл. П4.10

Тип станка	Содержание приема	Длина перемещения, мм, до					
		50	100	200	300	400	500
Револьверный с вертикальной осью вращения	Переместить каретку суппорта в продольном направлении Переместить суппорт в поперечном направлении Переместить револьверную головку	-	0,05	0,08	0,09	-	-
		0,05	0,08	-	-	-	-
		-	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Сверлильный	Переместить шпиндель в вертикальном направлении	-	0,01	0,015	0,02	0,03	-
Горизонтально-и вертикально-фрезерные	Переместить стол в продольном или поперечном направлении при длине стола до:	-	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16
		-	0,05	0,09	0,14	0,16	0,19
		-	0,06	0,11	0,15	0,18	0,21
		-	0,06	0,11	0,15	0,18	0,21
Зубофрезерный	Переместить фрезерную головку в горизонтальном направлении: -наибольший модуль 12 мм - свыше 12 мм	0,1	0,19	0,36	-	-	-
		0,15	0,28	0,52	-	-	-

Тип станка	Содержание приема	Длина перемещения, мм, до					
		50	100	200	300	400	500
Зубофрезерный	Переместить фрезерную головку в вертикальном направлении: - наибольший модуль до 12 мм - свыше 12 мм	0,1	0,18	0,34	–	–	–
		0,15	0,27	0,50	–	–	–
Шлицефрезерный	Переместить фрезерную головку в продольном направлении	–	0,06	0,1	0,14	0,18	0,26

Таблица П4.11

Вспомогательное время на измерение калибрами-пробками и кольцами

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер, мм, до	Время, мин
Калибр-пробка гладкая двусторонняя (полный размер)	7	10–25	0,11
		50	0,13
		75	0,15
	8, 9, 10	25	0,09
		50	0,11
		75	0,12

Продолжение табл. П4.11

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер, мм, до	Время, мин
Калибр-пробка гладкая двусторонняя (полный размер)	11, 12, 13	25	0,06
		50	0,07
		75	0,08
Калибр-пробка плоская	7	75	0,22
		100	0,24
		125	0,25
	8, 9, 10	75	0,17
		100	0,19
	11, 12, 13	125	0,2
		75	0,096
Калибр-пробка шлицевая	7	100	0,11
		125	0,12
		75	0,14
	8, 9, 10	25	0,1
		50	0,14
		75	0,16
Калибр-вкладыш шлицевый		25	0,09
		50	0,12
		75	0,14
Калибр-вкладыш шлицевый		25	0,05
		50	0,06
		75	0,07

Таблица П4.12

Вспомогательное время на измерение шлицевыми калибрами-кольцами, мин

Измерительный инструмент	Квалитет измеряемой точности	Измеряемый размер, мм, до	Измеряемая длина, мм, до			
			50	100	200	300
Калибр-кольцо шлицевое	7	25	0,15	0,18	0,21	0,23
		50	0,2	0,23	0,27	0,34
		75	0,23	0,27	–	–
	8, 9, 10	25	0,13	0,14	0,16	0,18
		50	0,17	0,2	0,23	0,24
		75	0,2	0,23	–	–

Таблица П4.13

Вспомогательное время на измерение скобами, мин

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер, мм, до	Длина измеряемой поверхности, мм, до		
			50	100	250
<i>Квалитет</i>					
Скоба двусторонняя предельная (полный размер)	6,7	50	0,09	0,11	0,15
		100	0,11	0,13	0,18
	8,9	50	0,07	0,09	0,13
		100	0,09	0,11	0,15

Окончание табл. П4.13

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер, мм, до	Длина измеряемой поверхности, мм, до		
			50	100	250
Скоба односторонняя предельная	6,7	50	0,07	0,08	0,1
		100	0,08	0,1	0,14
	8,9	50	0,06	0,07	0,1
		100	0,07	0,09	0,13
	10, 11, 12	50	0,03	0,04	0,06
		100	0,04	0,05	0,07
<i>Степень точности</i>					
Скоба резьбовая	6, 7	50	0,08	0,09	0,12
		100	0,09	0,11	0,15
	8, 9	50	0,07	0,08	0,11
		100	0,08	0,1	0,14
	10	50	0,03	0,04	0,07
		100	0,04	0,06	0,08
Скоба индикаторная	0,01 мм	50	0,07	0,08	0,12
		100	0,09	0,11	0,14
		200	0,12	0,13	0,17

Таблица П4.14

Вспомогательное время на измерение резьб с точностью 6–8 г и 6–7 Н пробками и кольцами резьбовыми, мин

Измеряемый размер, мм, до		Длина измеряемой резьбы, мм, до								
<i>D</i>	<i>S</i>	5	10	15	20	30	40	50	60	80
<i>Измерение резьбовой пробкой</i>										
10	0,5	0,21	0,39	0,54	0,72					
	1	0,12	0,21	0,3	0,39	0,54				
	1,5	0,08	0,15	0,21	0,27	0,39				
20	1	0,13	0,22	0,31	0,4	0,59				
	1,5	0,09	0,16	0,22	0,29	0,41	0,54	0,63		
	2	0,08	0,13	0,17	0,22	0,31	0,41	0,5		
	2,5	0,07	0,1	0,14	0,19	0,26	0,33	0,4		
40	1	0,14	0,24	0,34	0,44	0,63	0,81	1,04		
	1,5	0,11	0,18	0,24	0,31	0,44	0,59	0,72		
	2	0,09	0,14	0,19	0,24	0,34	0,44	0,54		
	2,5	0,08	0,13	0,16	0,2	0,28	0,36	0,44		
	3	–	0,11	0,14	0,18	0,24	0,31	0,38		
60	1	0,15	0,27	0,38	0,5	0,72	0,9	1,13		
	1,5	0,12	0,2	0,27	0,35	0,5	0,63	0,72	0,9	
	2	0,1	0,15	0,22	0,27	0,38	0,5	0,59	0,72	
	3	–	0,12	0,15	0,19	0,27	0,35	0,4	0,5	

393

Окончание табл. П4.14

1		2								
<i>Измерение резьбовым кольцом</i>										
10	0,5	0,15	0,28	0,41	0,54					
	1	0,09	0,15	0,22	0,28	0,41	0,54	0,68		
	1,5	0,06	0,1	0,15	0,2	0,28	0,38	0,54		
20	1	0,09	0,16	0,23	0,3	0,45	0,59	0,72		
	1,5	0,07	0,12	0,16	0,21	0,3	0,39	0,48	0,59	
	2	0,05	0,1	0,13	0,16	0,23	0,3	0,37	0,45	0,59
	2,5	0,04	0,07	0,1	0,13	0,19	0,26	0,3	0,36	0,45
40	1	0,1	0,18	0,25	0,32	0,5	0,63	0,77		
	1,5	0,07	0,13	0,18	0,23	0,32	0,44	0,54	0,63	
	2	0,07	0,1	0,13	0,18	0,25	0,32	0,41	0,5	0,63
	2,5	0,05	0,09	0,12	0,15	0,21	0,27	0,32	0,39	0,5
	3	–	0,07	0,1	0,13	0,18	0,23	0,27	0,32	0,43
60	1	0,11	0,2	0,30	0,38	0,54	0,72	0,9		
	1,5	0,08	0,15	0,2	0,26	0,38	0,5	0,59	0,72	
	2	0,07	0,13	0,16	0,22	0,29	0,38	0,45	0,59	0,72
	3	–	0,08	0,12	0,15	0,2	0,26	0,32	0,38	0,5

*Примечание.*  
При измерении резьб более высокой точности время по таблице применять с коэффициентом 1,2.

394

Вспомогательное время на измерение шаблонами, мин

Измерительный инструмент	Точность измерения, мм	Измеряемый размер, мм, до				
		100	300	500	750	1000
Шаблон линейный односторонний	0,2–0,5	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09
	до 0,2	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14
Шаблон линейный двусторонний	0,2–0,5	0,06	0,07	0,09	0,1	0,11
	до 0,2	0,08	0,11	0,14	0,15	0,17
Шаблон фасонный простого профиля	0,15–0,25	0,07	0,08	0,1		
	до 0,15	0,09	0,12	0,15		
Шаблон фасонный сложного профиля	0,15–0,25	0,09	0,11	0,13		
	до 0,15	0,17	0,21	0,22		

395

Таблица П4.16

Вспомогательное время на проверку биения или эллиптичности индикатором часового типа

Контролируемый размер, мм, до	Время, мин
50	0,05
100	0,055
200	0,061
300	0,065
400	0,068

Таблица П4.17

Вспомогательное время на контрольные промеры универсальным инструментом с установкой его на размер в процессе измерения, мин

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер, мм, до	Измеряемая длина, мм, до				
			50	100	200	300	500
Штангенглубиномер	0,02–0,05 мм		0,16	0,18	0,2	0,22	0,24
Штангенциркуль	До 0,1 мм	50	0,12	0,15	0,18	0,2	0,24
		100	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24
		200	0,16	0,17	0,21	0,23	0,25
		400	0,22				
Микрометр	6–7 квалитет	100	0,22	0,22	0,23	0,28	0,33
		200	0,27	0,27	0,28	0,29	0,33
Нутромер индикаторный	6–7 квалитет	50	0,17	0,2	0,23	0,26	–
		100	0,19	0,22	0,24	0,27	–
Угломер универсальный	Свыше 5' До 5'		0,2	0,23	0,24	0,27	0,33
			0,23	0,26	0,35	0,36	0,38

396



Таблица П4.18

Техническое обслуживание рабочего места. Время на смену режущего инструмента  $t_{см}$ , мин

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента на станке	Точность установки, мм	Размер инструмента – диаметр или квадрат, мм, до			
			20 10×10	30 15×15	50 25×25	> 50 или 25×25
<i>Токарно-операционные, многорезцовые, токарные многошпиндельные полуавтоматы, расточные и револьверные станки</i>						
Резцы проходные, подрезные, расточные	В резцедержатель суппорта	–	1	1,3	1,5	1,7
		Свыше 0,2	1,7	2	2,5	3
	В гнездо головки	До 0,2	2,5	3,3	4	5,8
		–	2	2,5	–	–
Резцы отрезные, канавочные, фасонные	В резцедержатель суппорта	–	0,8	1,1	1,2	1,3
		Свыше 0,2	1,3	1,5	2	2
	В гнездо головки	До 0,2	1,7	2	2,3	2,3
		–	1,2	1,5	–	–
Резцы фасонные	В резцедержатель суппорта	–	1,5	2	2,5	3
		Свыше 0,2	2	3	4	5
	В гнездо головки	До 0,2	3,5	5	6	7
		–	2,5	3,5	–	–
Сверла, зенкеры, развертки, метчики		–	0,4	0,5	0,6	0,7

397

Окончание табл. П4.18

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента на станке	Точность установки, мм	Размер инструмента – диаметр или квадрат, мм, до			
			20 10×10	30 15×15	50 25×25	> 50 или 25×25
<i>Сверлильные одношпиндельные, многошпиндельные полуавтоматы и автоматы</i>						
Сверла, зенкеры, развертки, зенковки, метчики	В конус шпинделя	–	0,3	0,35	0,4	0,5
	В конус шпинделя с переходной втулкой	–	0,5	0,55	0,6	0,65
	В кулачковый патрон	–	0,5	0,6	–	–
Комбинированные сверла, зенкеры, развертки					0,8	1

398

Таблица П4.19

Техническое обслуживание рабочего места. Время на смену режущего инструмента на фрезерных одношпиндельных, многошпиндельных и автоматах  $t_{см}$ , мин

Фрезы	Кол-во фрез в наладке	Диаметр фрезы, мм, до							
		50	80	100	160	200	320	400	500
Торцовые	1	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1	4	4,5	5
	2	2,5	3,2	3,7	4,8	5,3	6,8	7,6	8,5
	3	3,5	4,5	5,2	6,7	7,5	9,6	10,7	12
	4	4,5	5,8	6,7	8,6	9,7	12,4	13,8	15,5

1	2	3							
		Концевые	1 2	1,8 2,7	2 3				
Набор фрез с оправкой	–	3	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	–
Цилиндрические	1	2	2,8	3,6	4,4	5,2			
	2	2,5	3,3	4,1	4,9				
	3	3	3,8	4,6	5,4				
	4	3,5	4,3	5,1	5,9				
Дисковые пазовые отрезные	1	2	3	4	5	6	7		
	2	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6		
	4	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8		
	6	5	6	7	8	9	10		

399

Таблица П4.20

Техническое обслуживание рабочего места при шлифовании. Время на одну правку шлифовального круга  $t_n$ , мин

Правка	Правящий инструмент	Поверхность правки	Ширина круга или радиус, мм, до	Шероховатость поверхности Ra, мкм, до	
				0,63	0,32
<i>Круглошлифовальные станки</i>					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	40	1,8	2
			60	2	2,3
		Торец	80	2,3	2,6
			До 10	1,5	1,6
	Шлифовальный круг, гофрированные шарошки	Периферия круга	40	1,6	1,9
			60	1,8	2,2
		Торец	80	2,1	2,5
			До 10	1,3	1,5
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	40	1,4	1,6
			60	1,6	1,9
		Торец	80	1,8	2,2
			До 10	1,1	1,2

400

1	2	3	4	5	
<i>Внутришлифовальные станки (диаметр круга до 150 мм)</i>					
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	До 20	0,9	1
			30	1	1,1
40			1,1	1,2	
60			1,2	1,3	
Твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	До 20	1,2	1,3	
		30	1,4	1,5	
		40	1,5	1,7	
		60	1,8	2,1	
<i>Плоскошлифовальные станки, работающие периферией круга</i>					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные ролики, шлифовальный круг, шарошка	Периферия круга	До 20	1,2	1,4
			40	1,4	1,6
			60	1,7	1,9
	Торец	До 10 Свыше 10	До 10	1,3	1,4
			Свыше 10	1,1	1,2

401

1	2	3	4	5	
<i>Бесцентровошлифовальные станки</i>					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш	Периферия круга	60	1,9	2,2
			100	2,6	3
			150	2,9	4
			200	4,2	4,8
Твердосплавные ролики	Периферия круга	60	1,6	1,9	
		100	2,1	2,6	
		150	2,7	3,3	
		200	3,3	4	
Металлические диски, шарошки	Периферия круга	60	1,4	–	
		100	1,8	–	
		150	2,3	–	
		200	2,8	–	

402

Затраты времени на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного

Наименование станка	$t_{т.о}$ в % от $t_0$
Плоскошлифовальные станки, работающие торцом круга: а) черновое шлифование поверхностей шириной: до 100 мм	3

1	2
до 200 мм	4
до 300 мм	5
б) чистовое шлифование поверхностей шириной:	
до 200 мм	2
до 300 мм	3
Хонинговальные	4
Станки для суперфиниша	4
Зубошлифовальные	6
Шлицешлифовальные	6,5
Зубофрезерные	2,5
Зубодолбежные	2,5
Зубошевинговальные	2
Зубозакругляющие	2
Зубострогальные для прямозубых конических колес	2,5
Зубострогальные для конических колес с криволинейным зубом	2
Резьбофрезерные	2
Гайконарезные	2
Резьбонакатные полуавтоматы	2
Болтонарезные	2
Протяжные для внутреннего протягивания	2
Протяжные для наружного протягивания	2
Центровальные	1,5

Таблица П4.22

Затраты времени на организационное обслуживание рабочего места  $t_{орг}$  в % от оперативного  $t_{оп}$ 

Станки	Размерные характеристики станков, мм	Основные размеры или модели станков	Условия работы	
			с охлаждением	без охлаждения
Токарно-центровые операционные	Наибольший диаметр изделия над станиной станка	300	1,3	1
		400	1,5	1,2
		600	1,7	1,4
Токарные многорезцовые	–	–	1,7	1,4
Токарные многошпиндельные полуавтоматы		1262	2,4	2,1
		1293	3,1	2,9
Резьботокарные полуавтоматы для коротких резьб			1,3	1
Револьверные			1,3	1
Расточные			1,7	1,4
Вертикально-сверлильные			1	0,8
Вертикально-сверлильные многошпиндельные			2,4	2,1
Горизонтально- и вертикально-фрезерные			1,4	1,2
Фрезерные полуавтоматы карусельного типа	Диаметр стола до	1000	2,4	2,1
		2000	3,0	2,8
Фрезерные полуавтоматы барабанного типа			2,4	2,1

Продолжение табл. П4.22

1	2	3	4	5
Шлицефрезерные			2,1	1,7
Шпоночно-фрезерные вертикальные			1,4	1,2
Круглошлифовальные			1,7	1,3
Внутришлифовальные			2	1,7
Плоскошлифовальные с круглым столом	Диаметр стола до	900	1,8	1,5
		1000	2	1,8
Плоскошлифовальные с прямоугольным столом	Диаметр стола до	1000	1,8	1,5
		2000	2	1,8
Бесцентровошлифовальные			2,2	–
Хонинговальные			2,0	–
Станки для суперфиниширования			2	–
Зубошлифовальные			1,8	1,5
Шлицешлифовальные			1,8	–
Зубофрезерные			1,8	1,4
Зубодолбежные, работающие круглыми долбяками и режущей рейкой			1,8	1,4
Зубошевинговальные			1,6	–

405

Окончание табл. П4.22

1	2	3	4	5
Зубозакругляющие			1,6	–
Зубострогальные			1,8	–
Зуборезные для конических колес с криволинейным зубом			1,3	–
Резьбофрезерные			1,3	1
Протяжные станки для внутреннего протягивания			1,5	–
Протяжные для наружного протягивания			2,0	–
Центровальные			–	1,0

406

Таблица П4.23

Затраты времени на перерывы, отдых и личные надобности  $t_{отд}$  при установке деталей вручную в % от оперативного  $t_{оп}$ 

Масса детали, кг, до	Процент основного времени $t_o$ от $t_{оп}$	$t_{оп}$ , МИН ДО						
		0,1	0,2	0,5	1	3	5	Свыше 5
<i>При работе с ручной подачей</i>								
1	20	8	7	7	6	6	—	—
	40	8	7	7	7	7	—	—
	80	8	8	8	8	8	—	—
5	20	—	8	7	6	6	—	—
	40	—	8	7	7	7	—	—
	80	—	8	8	9	9	—	—
10	20	—	—	8	6	6	—	—
	40	—	—	8	7	7	—	—
	80	—	—	8	9	9	—	—
20	20	—	—	9	8	8	—	—
	40	—	—	9	9	9	—	—
	80	—	—	9	10	10	—	—
<i>При работе с механической подачей</i>								
1	40	—	—	7	6	6	5	—
	80	—	—	7	6	5	5	—
5	40	—	—	7	6	6	6	—
	80	—	—	7	6	6	5	—

407

Окончание табл. П4.23

Масса детали, кг, до	Процент основного времени $t_o$ от $t_{оп}$	$t_{оп}$ , МИН ДО						
		0,1	0,2	0,5	1	3	5	Свыше 5
10	40	—	—	8	6	6	6	5
	80	—	—	7	6	6	5	5
20	40	—	—	—	8	8	7	5
	80	—	—	—	7	7	6	5

*Примечание.*При установке деталей массой свыше 20 кг подъемником  $t_{отд}$  во всех случаях принимается 5 % от  $t_{оп}$ .

Таблица П4.24

Нормативы времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности

Наименование станка	$t_{обс} + t_{отд}$ в % от $t_{оп}$
Токарные:	
- высота центров до 125 мм	6
- высота центров до 200 мм	6,5
- высота центров до 300 мм	7
Вертикально- и радиально-сверлильные (работа с механической подачей):	
- наибольший диаметр сверления до 12 мм	5,5
- наибольший диаметр сверления до 50 мм	6
- наибольший диаметр сверления до 75 мм	6,5

408

1	2
Горизонтально-, вертикально- и универсально-фрезерные (работа с механической подачей): - длина стола станка до 750 мм - длина стола станка до 1800 мм - длина стола станка до 2500 мм	6 ÷ 8 7 ÷ 9 7,5 ÷ 9,5
Резьбофрезерные: - высота центров до 150 мм - высота центров до 200 мм - высота центров до 300 мм	7,2 8 8,8
Зубофрезерные	8
Шлицефрезерные	7,6
Зубодолбежные	7,7
Шевинговальные	7,2
Зубострогальные	8
Зубострогальные для конических колес с криволинейными зубьями	8
Зубозакругляющие	8
Горизонтально- и вертикально-протяжные	7 ÷ 8
Шлицешлифовальные	12
Хонинговальные	10
Суперфинишные	10
<i>Примечание.</i> При фрезеровании меньшие значения суммарного процента $t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}}$ брать для фрез из быстрорежущих сталей, большие – для фрез, оснащенных пластинками из твердых сплавов	

409

Таблица П4.25

## Нормативы времени на отдых и естественные надобности

Наименование станка	$t_{\text{отд}}$ в % от $t_{\text{оп}}$
Круглошлифовальные: - точность шлифования 5 квалитет - точность шлифования 6 квалитет - точность шлифования 7 квалитет	6 5 4
Бесцентровые круглошлифовальные: - масса шлифуемой детали до 0,5 кг - масса шлифуемой детали до 1 кг - масса шлифуемой детали свыше 1 кг	5 6 7
Внутришлифовальные: - точность шлифования 6 квалитет - точность шлифования 7 квалитет - точность шлифования 8 квалитет	6 5 4
Плоскошлифовальные	4
Зубошлифовальные	4

410

Таблица П4.26

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на токарных станках, мин

Способ установки детали или наименование приемов	Количество режущего инструмента	Высота центров станка, мм, до		
		125	200	300
<i>На наладку станка, инструмента и приспособлений</i>				
В центрах	2	6	7	8
	4	8	9	10
	6	10	12	14
В патроне самоцентрирующем, цанговом или пневматическом	2	7	8	12
	4	9	10	14
	6	11	12	16
В патроне самоцентрирующем с поджатием центром задней бабки	2	9	10	13
	4	11	12	15
На планшайбе с угольником или в центрирующем приспособлении	2	11	12	16
	4	12	14	19
На шпиндельной оправке (концевой конусной, разжимной или резьбовой)	2	6	7	11
	4	8	9	13
	6	10	11	15
<i>На дополнительные приемы</i>				
Установка упора		1	1,5	2
Установка копира		4	4	5

411

Окончание табл. П4.26

1	2	3		
Установка резца на многорезцовой державке на сопряженный размер		2	2	3
Установка люнета с регулировкой		2	2,7	3,8
Поворот суппорта на угол для обточки конуса		1	1	1
Смещение задней бабки для обточки конуса		2	2,5	3
Установка подачи по ходовому винту для нарезания резьбы:				
	- рычагом коробки передач	1	1	1
- перестановкой зубчатых колес гитары	3	3	3	4
Получение инструмента и приспособлений до начала и сдача после окончания обработки		7-10		

412

Таблица П4.27

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на радиально-и вертикально-сверлильных станках, мин

Способ крепления детали и наименование дополнительных приемов	Количество режущих инструментов	Наибольший диаметр сверления, допускаемый станком, мм		
		12	50	75
<i>На наладку станка и установку приспособлений</i>				
На столе без крепления	1-5	3	4	5
	6-10	-	5	6
	Свыше 10	-	7	8



Способ крепления детали и наименование дополнительных приемов	Количество режущих инструментов	Наибольший диаметр сверления, допускаемый станком, мм		
		12	50	75
На столе с креплением двумя болтами с планками	1–5	4	5	6
	6–10	–	7	8
	Свыше 10	–	8	10
В приспособлении или тисках при установке вручную и без их крепления	1–5	5	6	7
	6–10	–	7	8
	Свыше 10	–	9	10
В приспособлении или тисках при установке вручную с креплением приспособления четырьмя болтами	1–5	–	9	10
	6–10	–	10	11
	Свыше 10	–	12	13
Сбоку стола или на весу с креплением болтами с планками	1–5	–	13	20
	6–10	–	15	22
	Свыше 10	–	17	24
<i>На дополнительные приемы</i>				
Установка дополнительного стола		–	3	3
Поворот стола на угол		–	2	2
Установка многошпиндельной головки		–	20	25
Установка одного упора		1	1	1,5
Установка каждого дополнительного болта		–	0,6	0,6

413

Способ крепления детали и наименование дополнительных приемов	Количество режущих инструментов	Наибольший диаметр сверления, допускаемый станком, мм		
		12	50	75
Получение инструмента и приспособлений до начала и сдача после окончания обработки	1–5	5	5	5
	Свыше 5	7	7	7

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках, мин

Способ установки деталей и наименование дополнительных приемов	Длина стола станка, мм, до			
	750	1250	1800	2500
<i>На наладку станка и установку приспособлений</i>				
На столе с креплением болтами и планками	12	14	16	18
В тисках или патроне с креплением их четырьмя болтами	14	16	18	20
В центрах или патроне с делительной головкой: в делительном приспособлении с креплением его четырьмя болтами	17	19	21	23
В специальном приспособлении, устанавливаемом вручную и закрепляемом четырьмя болтами	14	16	18	20

414

Способ установки деталей и наименование дополнительных приемов	Длина стола станка, мм, до			
	750	1250	1800	2500
<i>На установку фрез</i>				
Установка фрез:				
1–2 шт.	2	2	2	2
3–4 шт.	4	4	4	4
5–6 шт.	6	6	6	6
<i>На дополнительные приемы</i>				
Установка двух стоек, придерживающих хобот	2	2	2	3
Установка шестерен для нарезки спиралей	3	4	4	5
Установка стола	6	7	7	8
Установка копира	7	8	9	10
Поворот шпиндельной бабки на угол	2	2	2	3
Поворот стола на угол	1	1	1	2
Установка упора	2	3	3	4
Установка домкрата или распорки	2	2	2	3
Получение инструмента и приспособлений до начала и сдача их после обработки партии деталей	7	7	10	10

415

Таблица П4.29

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на зубофрезерных станках, мин

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Наибольший модуль, нарезаемый на станке, мм	
	6	12
<i>На наладку станка инструмента и приспособлений</i>		
На оправке или переходной втулке с креплением в конусе стола гайкой	15	19
В центрах	21	26
Установка детали на оправке с подставкой и на подставках	40	40
<i>На дополнительные приемы</i>		
Настройка станка на нарезание зубчатых колес с наклонным зубом на станках:		
- с дифференциалом	4	5
- без дифференциала	3	3,5
Настройка станка на нарезание зубчатых колес червячной фрезой методом протягивания или поперечной подачи	3	3,5
Смена оправки фрезы	2	3
Смена фрезерной головки	6	10

416

Таблица П4.30

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на шлицефрезерных и шевинговальных станках, мин

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Время, мин
<i>Шлицефрезерные станки</i>	
<i>На наладку станка инструмента и приспособлений</i>	
В центрах или цанговом патроне с центром	20
<i>На дополнительные приемы</i>	
Установка и снятие люнета	4
Смена оправки фрезы	4
<i>Шевинговальные станки</i>	
<i>На наладку станка инструмента и приспособлений</i>	
В центрах на оправке	13
<i>На дополнительные приемы</i>	
Смена шевера	2,5
Поворот бабки на угол	2

417

Таблица П4.31

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на зубодолбежных станках, мин

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Наибольший модуль, нарезаемый на станке, мм, до	
	6	8
<i>Зубодолбежные станки</i>		
<i>На наладку станка инструмента и приспособлений</i>		
На оправке	18	22
В приспособлении	20	25
<i>На дополнительные приемы</i>		
Смена направляющих букс	5	6
Смена копира	4	5
Регулировка длины хода долбяка	6	8

418

Таблица П4.32

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на зубострогальных станках, мин

Способ установки детали	Наибольший модуль, нарезаемый на станке, мм, до	
	6	12
На оправке или в цанговом патроне:		
- с регулировкой резцовых головок	22	30
- с установкой мерных прокладок для резцов	20	28

Таблица П4.33

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на зубофрезерных станках для конических колес с криволинейными зубьями и зубозакругляющих станках, мин

Способ установки детали	Время, мин
<i>Зубофрезерные станки для конических колес с криволинейными зубьями</i>	
На оправке или в цанговом патроне	30
<i>Зубозакругляющие станки</i>	
<i>На наладку станка инструмента и приспособлений</i>	
На оправке	12,5
В центрах	11
<i>На дополнительные приемы</i>	
Смена копирного кулачка	4

419

Таблица П4.34

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на вертикально- и горизонтально-протяжных станках, мин

Содержание работы	Масса детали, кг, до				
	3	10	25	80	Свыше 80
На весь комплекс работ, связанных с подготовительно-заключительным временем	9	11	14	19	24

Таблица П4.35

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на круглошлифовальных станках, мин

Способ установки деталей	Высота центров станка, мм, до	
	150	200
В центрах, в центрах на оправке	7	8
В самоцентрирующем патроне	10	11
В самоцентрирующем патроне и люнете	12	14
В четырехкулачковом патроне и люнете	14	16

Таблица П4.36

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на внутришлифовальных станках, мин

Способ установки детали	Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм, до		
	130	260	500
В самоцентрирующем или цанговом патроне	7	9	11
В четырехкулачковом патроне	15	17	19
В специальном приспособлении для зубчатых колес	16	19	23
В специальном приспособлении:			
- устанавливаемом вручную	8	10	12
- то же, подъемником	-	13	13

420

Таблица П4.37

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на бесцентрово-шлифовальных станках, мин

Способ установки детали	Метод шлифования	Допуск на обработку, мм	
		до 0,03	свыше 0,03
На направляющем ноже	Шлифование напроход: - со сменой направляющего ножа - без смены направляющего ножа	17 11	15 9
	Шлифование врезанием с продольным упором: - со сменой направляющего ножа - без смены направляющего ножа	20 13	18 11
	Дополнительное время на каждый рабочий ход свыше одного	7	7

421

Таблица П4.38

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на плоскошлифовальных станках, мин

Способ установки детали	Наибольшая длина рабочей поверхности стола или диаметра стола, мм, до	
	1000	2000
<i>Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом</i>		
На магнитном столе	3	4
На столе станка с креплением болтами и планками	6	7
<i>Плоскошлифовальные станки с круглым столом</i>		
На магнитном столе	4	5
В приспособлении или в самоцентрирующем патроне, устанавливаемом на магнитном столе без крепления	6	7
В специальном приспособлении, установленном на столе станка с креплением болтами и планками	7,5	9
Дополнительное время на установку и снятие магнитной плиты	3,5	5

422

## Нормативы подготовительно-заключительного времени

Условия обработки и установки детали	Время, мин
<i>Зубошлифовальные станки</i>	
Обрабатывающие по 7-й степени точности двумя тарельчатыми кругами методом обработки	120
Обрабатывающие по 7-й степени точности дисковым кругом методом обкатки	160
Обрабатывающие по методу копирования	180
<i>Шлицешлифовальные станки</i>	
Шлифование фасонным кругом внутренней и боковых поверхностей в центрах или цанговом патроне с поджатием центром	23
Шлифование боковых поверхностей двумя цилиндрическими кругами в центрах или цанговом патроне с поджатием центром	18
Шлифование боковых поверхностей двумя коническими кругами в центрах или цанговом патроне с поджатием центром	20
<i>Хонинговальные станки</i>	
Для всех условий установки и обработки	5
<i>Суперфинишные станки</i>	
Для всех случаев обработки и установки	10

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Титульный лист)

				ГОСТ 3.1105-84 Форма 2			
Дубл.							
Взам.							
Подп.							
Изм. №	Подпись	Дата		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись
							15 1
		-	50.08.32.017			01101.00001	
Вал промежуточный							у
<p><b>МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ</b>                  Белорусский государственный аграрный технический университет</p> <p><b>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ</b>  <b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА</b></p> <p>Разработал (подпись, фамилия и инициалы, дата)      Нормоконтроль (подпись, фамилия и инициалы, дата)</p> <p>Руководитель (подпись, фамилия и инициалы, дата)</p>							
ТЛ							

424

Продолжение прил. 5

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Маршрутная карта: заглавный лист)

												ГОСТ 3.1118-82 Форма 1			
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
										01101.00001		1	15		
Разраб.				01.11.10											
Провер.				09.11.10		БГАТУ	50.08.32.017	-					01101.00001		
Согласов.															
Нормир.				09.11.10											
Н.Контр.				12.11.10											
Вал промежуточный												у			
M01	Круг 45-В ГОСТ 7417-75/45 ГОСТ 1050-88														
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. рас.	КИМ	Код зач. тов.	Профиль радиус зач. тов.		КД	МЗ				
		166	0,210	1	0,324	0,72		Круг: 45×240		1	0,310				
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
B	Код оборудования, модель, инвентарный номер				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тив	Тил
A 03	01	02	1	005	Отрезная				60140.00001		20140.00001				
B 04	Отрезной круглопильный полуавтомат мод. 8А631						х/р	1	1	1	10000	1	0,24	1,5	
05															
A 06	01	02	1	010	Токарная				60140.00001		20140.00001				
B 07	Токарно-винторезный станок мод. 1К620					токарь	3	х/р	1	1	1	10000	1	2,8	15,17
08															
A 09	01	02	2	015	Шлифовальная				60140.00001		20140.00001				
B 10	Станок круглошлифовальный мод. 3М151					шлиф.	4	х/р	1	1	1	10000	1	6,17	1,89
11															
A 12	01	02	3	020	Фрезерная				60140.00001		20140.00001				
B 13	Станок шпоночно-фрезерный мод. 6Д92					фрезер.	4	х/р	1	1	1	10000	1	0,14	2,17
14															
A 15	01	02	4	025	Контроль				60102.00001		20140.00001				
B 16	Стол контролера					контр.	4	х/р	1	1	1	10000	1	-	3,55
MK															

425

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта: заглавный лист)

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3												
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
								01101.00001	3			
Разраб.												
Провер.												
Согласов.												
Нормир.												
Н. Контр.												
				БГАТУ	50.08.32.017	-			60140.00001			
Вал промежуточный												
				01	02	1	010					
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размер			МЗ	КОИД
Токарная		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		240НВ		166	0,210	Круг 45×240			0,310	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тпт	СОЖ				
1К620		-		12,33	1,66	0,17	14,16	Эмульсия				
Р	ПИ			D или B	L	t	i	S	n	V		
A 01	20140.00001											
O 02	1. Установить и закрепить заготовку							T <sub>a</sub> =0,24				
T 03	ПР патрон 7102-0001П ГОСТ 2675-80											
O 04												
O 05	2. Подрезать торец, выдерживая размер 1							T <sub>a</sub> =0,04; T <sub>c</sub> =0,13				
T 06	РИ резец 2140-0001 Т15К6 ГОСТ 18868-73; СИ штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80; образцы шероховатости											
O 07	Ра 6,3...12,5 мкм, точение ГОСТ 9378-75											
P 08				45	22,5	2,5	1	0,25	800	113		
O 09												
O 10	3. Центровать торец отверстием А ГОСТ 14034-74							T <sub>a</sub> =0,14; T <sub>c</sub> =1,57				
T 11	РИ сверло типа А ГОСТ 14952-75											
P 12					12,6		1	0,20	400	11,3		
OK												

426

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта: последующий лист)

ГОСТ 3.1404-86 Форма 2а												
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
								01101.00001	4			
				50.08.32.017				60140.00001				
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размер			МЗ	КОИД
Токарная		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		240НВ		166	0,210	Круг 45×240			0,310	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тпт	СОЖ				
1К620		-		12,33	1,66	0,17	14,16	Эмульсия				
Р	ПИ			D или B	L	t	i	S	n	V		
O 01	4. Точить поверхность, выдерживая размеры 1; 2							T <sub>a</sub> =0,27; T <sub>c</sub> =4,86				
T 02	См. переход 2; ПР центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75											
P 03				45	210	2,5	1	0,43	1000	141,3		
O 04												
O 05	5. Точить поверхность, выдерживая размеры 1; 2							T <sub>a</sub> =0,13; T <sub>c</sub> =1,97				
T 06	См. переход 4.											
P 07				40	40	3,5	2	0,43	1000	125,6		
O 08												
O 09	6. Точить фаску 1							T <sub>a</sub> =0,07; T <sub>c</sub> =0,14				
T 10	См. переход 4.											
P 11				40	3,5		1	0,43	1000	125,6		
12												
O 13	7. Точить фаску 1							T <sub>a</sub> =0,03; T <sub>c</sub> =0,12				
OK												

427



Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта: заглавный лист)

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
								01101.00001	7		
Разраб.				БГАТУ	50.08.32.017		-	60140.00001			
Провер.											
Согласов.											
Нормир.				Вал промежуточный				01	02	2	015
Н. Контр.											
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размер			МЗ	КОИД
Шлифовальная		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		240НВ	166	0,210	Круг 45х240			0,240	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		T <sub>о</sub>	T <sub>в</sub>	T <sub>пз.</sub>	T <sub>шт</sub>	СОЖ			
ЗМ151		-		1,63	0,25	0,01	1,89	Эмульсия			
Р			ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
A 01	20140.00001										
O 02	1. Установить деталь T <sub>с</sub> =0,02										
T 03	ПР центр 7032-0043 ГОСТ 2576-79; центр А-1-5-НП ГОСТ 8742-75										
04											
O 05	2. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры 1; 2 T <sub>с</sub> =0,12; T <sub>с</sub> =1,63										
T 06	См. переход 1; РИ круг шлифовальный ПП 350×40×125 45А 16см.17 К5 35 м/с А.кл. ГОСТ 2424-83; СИ микрометр МК 50-2										
07	ГОСТ 6507-78; образцы шероховатости Ra 0,8...3,2 мкм, шлифование ГОСТ 9378-75										
P 08			-	25	40	0,005 мм/об	-	0,005 мм/об	480 мин <sup>-1</sup>	35 м/с	
09											
O 10	3. Снять деталь T <sub>с</sub> =0,01										
11	Контроль производственным мастером - 10 %, исполнителем - 100 %										
12											
ОК											

428

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта: заглавный лист)

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
								01101.00001	8		
Разраб.				БГАТУ	50.08.32.017		-	60140.00001			
Провер.											
Согласов.											
Нормир.				Вал промежуточный				01	02	3	020
Н. Контр.											
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размер			МЗ	КОИД
Фрезерная		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		240НВ	166	0,210	Круг 45х240			0,240	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		T <sub>о</sub>	T <sub>в</sub>	T <sub>пз.</sub>	T <sub>шт</sub>	СОЖ			
6ДФ 2		-		1,94	0,09	0,14	2,17				
Р			ПИ	Д или В	L	t	i	S	x	V	
A 01	20140.00001										
O 02	1. Установить деталь T <sub>с</sub> =0,05										
T 03	ПР тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75; ВИ патрон 6151-0003 ГОСТ 17200-71; цапга 6113-0008 ГОСТ 17200-71										
04											
O 05	2. Фрезеровать оппозный паз, выдерживая размеры 1; 2; 3 T <sub>с</sub> =0,03; T <sub>с</sub> =1,94										
T 06	См. переход 1; РИ фреза 2234-0107 Р18 ГОСТ 9473-80; СИ калибр комплексный ПР 8311-6125; калибр непроходной НЕ 8311-6126										
P 07			-	6	28	6	1	0,006 мм/об	800	20,1	
08											
O 09	3. Снять деталь T <sub>с</sub> =0,01										
10	Контроль производственным мастером - 10 %, исполнителем - 100 %										
11	Уложить детали в тару										
12											
ОК											

429

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта: карта эскизов)

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
							01101.00001	10		
Разраб.				БГАТУ	50.08.32.017	-	20140.00001			
Провер.										
Согласов.										
Нормир.				Вал промежуточный			01	02	1	005
Н. Контр.										

Позиция 1

Переход 2

Переход 3

430

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта: карта эскизов)

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
							01101.00001	11		
Разраб.				БГАТУ	50.08.32.017	-	20140.00001			
Провер.										
Согласов.										
Нормир.				Вал промежуточный			01	02	1	010
Н. Контр.										

Позиция 1

Переход 4

Переход 5

431

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта: карта эскизов)

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7										
Дубл.										
Взм.										
Подл.										
							01101.00001	15		
Разраб.										
Провер.										
Согласов.										
Нормир.										
Н. Контр.										
БГАТУ							50.08.32.017		20140.00001	
Вал промежуточный							01	02	2,3	015 020
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Шлифовальная 015</p> <p>Переход 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Фрезерная 020</p> <p>Переход 1</p> </div> </div> <p>1. Перекос шпоночного паза 8P9 относительно оси вала не более 0,02 мм; 2. Смещение шпоночного паза относительно оси вала не более 0,07 мм.</p>										
КЭ										

432

Примеры оформления комплекта документов технологического процесса  
(Операционная карта технического контроля: заглавный лист)

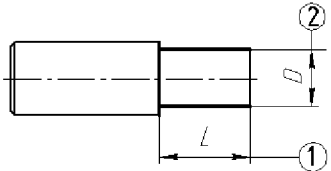
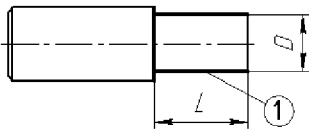
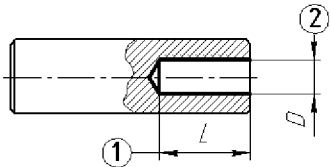
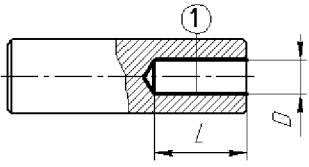
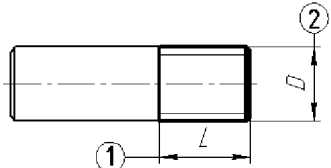
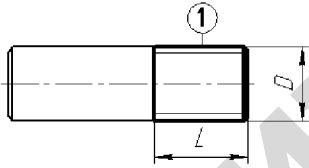
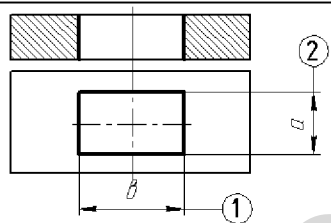
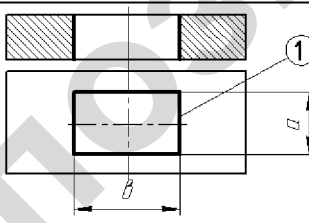
ГОСТ 3.1502-85 Форма 2											
Дубл.											
Взм.											
Подл.											
							01101.00001	1			
Разраб.											
Провер.											
Согласов.											
Нормир.											
Н. Контр.											
БГАТУ							50.08.32.017		60102.00001		
Вал промежуточный							01	02	4	025	
Наименование операции							Наименование, марка материала			МД	
Контроль							Сталь 45			0,210	
Наименование оборудования							Тв	Тв	Обозначение ИОТ		
Стол контрольный							5,37	-			
Р	Контролируемый параметр					Код средств измерений		Наименование средств измерений		Объем и ПК	Тв/Тв
Р 01	1. 237,5 <sup>±0,5</sup> ; 210,0 <sup>±1,3</sup> ; 40 <sup>±0,8</sup> ; 40 <sup>±0,02</sup>					ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80		Штангенциркуль		35	0,96
02	2. Ø40,0 <sup>±0,1</sup> ; Ø26,0 <sup>±0,21</sup> ; Ø25,0 <sup>±0,015</sup>					МК 50-2 ГОСТ 6507-78		Микрометр		50	0,17
03	4. Четыре фаски 1,6×45°					ГО301.01.317.08.03		Шаблон		20	0,35
О 04	5. Шероховатость обработанных поверхностей										
Т 05	Образцы шерох. Ra 0,8...3,2 мкм, точение ГОСТ 9378-75										
Р 06	6. 8P9					ПР 8311-6125; НЕ 8311-626		Калибр комплексный;		20	0,21
07	калибр непроходной										
08	7. Клеймить деталь					-		Клеймо ОТК		100	0,07
09											
10											
11											
12											
ОК											

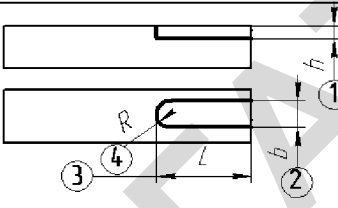
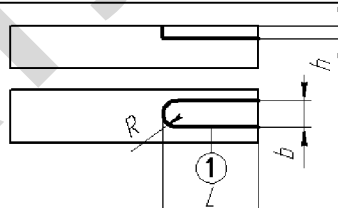
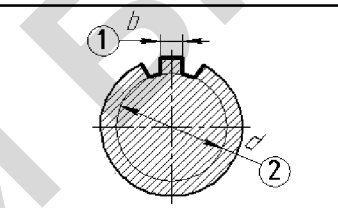
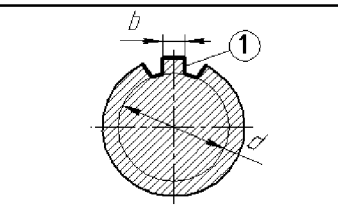
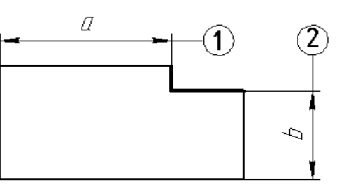
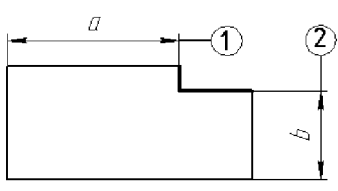
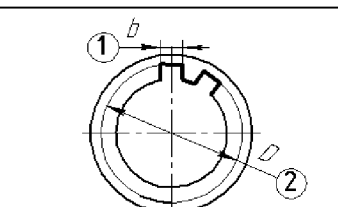
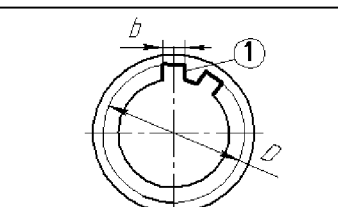
433

Примеры записи технологических переходов (ГОСТ 3.1702-79)

Таблица П6.1

Примеры форм записи содержания технологических переходов и соответствующих им форм эскизов

Полная запись	Сокращенная запись
 <p>Точить (шлифовать, полировать и т.п.) поверхность, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Точить (шлифовать, полировать и т.п.) поверхность 1</p>
 <p>Сверлить (зенкеровать, развернуть т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Сверлить (зенкеровать, развернуть т.п.) отверстие 1</p>
 <p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать, накатать и т.п.) резьбу, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать, накатать и т.п.) резьбу 1</p>
 <p>Прошить (долбить, протянуть и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Прошить (долбить, протянуть и т.п.) отверстие 1</p>

 <p>Фрезеровать паз, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4</p>	 <p>Фрезеровать паз 1</p>
 <p>Фрезеровать (шлифовать) поверхность шлицев, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Фрезеровать (шлифовать) поверхность шлицев 1</p>
 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) уступ, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) уступ 1</p>
 <p>Долбить (протянуть) шлицы, выдерживая размеры 1 и 2</p>	 <p>Долбить (протянуть) шлицы 1</p>

<p>Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4</p>	<p>Фрезеровать шпоночный паз 1</p>
<p>Долбить (протянуть) шпоночный паз, выдерживая размеры 1 и 2</p>	<p>Долбить (протянуть) шпоночный паз 1</p>
<p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, шлифовать и т.п.) зубья, выдерживая размер 1</p>	<p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, шлифовать и т.п.) зубья 1</p>
<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) поверхность, выдерживая размер 1</p>	<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) поверхность 1</p>

Коды технологических операций

Код	Наименование операции
0101	Разметка
0108	Слесарная
0109	Зачистка
0125	Промывка
0180	Маркирование
0200	Контроль
0400	Перемещение
0401	Транспортирование
0421	Сортирование
0424	Укладывание
0440	Складирование
0600	Испытания
0620	Испытания механические
0800	Консервация и упаковка
1000	Литье металлов и сплавов
2100	Обработка давлением
2101	Отрезка (на прессах)
2121	Осадка
2122	Высадка
2123	Протяжка
2125	Радиальное обжатие
2128	Раскатка
2129	Гибка
2148	Обкатка
2149	Калибровка
2153	Накатка
2156	Правка
2160	Ковка
2170	Штамповка
2171	Штамповка объемная
2173	Штамповка листовая
4100	Обработка резанием
4105	Резьбонарезная
4110	Токарная
4111	Токарно-револьверная

Продолжение табл. Пб.2

4112	Автоматная токарная
4114	Токарно-винторезная
4117	Токарно-копировальная
4130	Шлифовальная
4131	Круглошлифовальная
4132	Внутришлифовальная
4133	Плоскошлифовальная
4134	Бесцентрово-шлифовальная
4135	Резьбошлифовальная
4136	Координатно-шлифовальная
4137	Обдирочно-шлифовальная
4141	Шлицешлифовальная
4145	Торцешлифовальная
4150	Зубообрабатывающая
4151	Зубошлифовальная
4152	Зубодолбежная
4153	Зубофрезерная
4154	Зубострогальная
4155	Зубопротяжная
4156	Зубозакругляющая
4157	Зубошевинговальная
4163	Зубохонинговальная
4165	Шлицефрезерная
4170	Строгальная
4175	Долбежная
4180	Протяжная
4190	Отделочная (хонинговальная, суперфинишная, доводочная, полировальная и др.)
4210	Сверлильная
4211	Сверлильно-центровальная
4212	Радиально-сверлильная
4214	Вертикально-сверлильная
4220	Расточная
4221	Горизонтально-расточная
4223	Координатно-расточная
4230	Программная
4231	Расточная с ЧПУ

Окончание табл. Пб.2

4232	Сверлильная с ЧПУ
4233	Токарная с ЧПУ
4234	Фрезерная с ЧПУ
4236	Шлифовальная с ЧПУ
4237	Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ
4260	Фрезерная
4261	Вертикально-фрезерная
4262	Горизонтально-фрезерная
4269	Фрезерно-центровальная
4271	Шпоночно-фрезерная
4274	Резьбофрезерная
4280	Отрезная
4281	Ножовочно-отрезная
4284	Токарно-отрезная
4285	Пило-отрезная
4286	Фрезерно-отрезная
4287	Абразивно-отрезная
5000	Термическая обработка
5010	Отжиг
5030	Закалка
5045	Термоциклическая обработка
5050	Отпуск
6500	Порошковая металлургия
7100	Получение покрытия
7500	Электрофизическая, электрохимическая и радиационная обработка
8800	Сборка
8803	Балансировка
8823	Запрессовывание
8841	Клепка
8846	Склеивание
8858	Монтаж
8864	Слесарно-сборочная
9000	Сварка

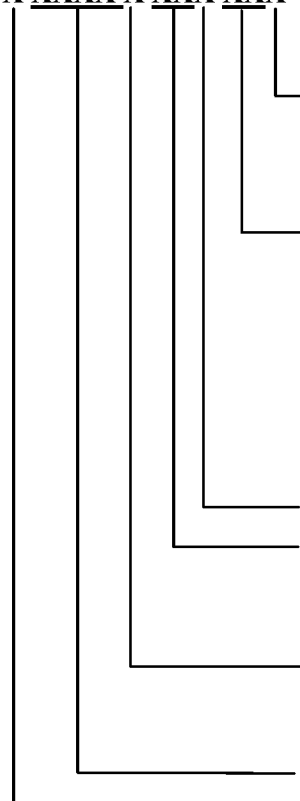
Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения. 185151. – М: Изд-во стандартов, 1987. – 72 с.

Таблица Пб.3

Коды профессий и условий труда

Степень механизации, разряд, система оплаты труда и условия труда в технико-экономической документации кодируется следующим образом:

X XXXX X XXX XXX

**код условий труда:**

- 1 – нормальные;
- 2 – тяжелые и вредные;
- 3 – особо тяжелые и особо вредные.

**форма и система оплаты труда:**

- 10 – сдельная форма оплаты труда;
- 11 – система оплаты труда прямая;
- 12 – система оплаты труда премиальная;
- 13 – система оплаты труда прогрессивная;
- 20 – повременная форма оплаты труда;
- 21 – система оплаты труда простая.

**тарифный разряд выпуск Единого тарифно-классификационного справочника (ЕТКС):** для приведенных профессий выпуск 02 (кроме профессий «Водитель...» и «Маркировщик»)

**контрольное число (КЧ)** для защиты кодов Общесоюзных классификаторов технико-экономической информации.

**код профессии**

**степень механизации (СМ).**

Коды степени механизации (СМ)

Продолжение табл. Пб.3

Код СМ	Условия выполнения работ
1	Рабочие, выполняющие работу на автоматах, автоматизированных агрегатах, установках, аппаратах
2	Рабочие, выполняющие работу при помощи машин и механизмов
3	Рабочие, выполняющие работу вручную при машинах и механизмах
4	Рабочие, выполняющие работу не при машинах и механизмах
5	Рабочие, выполняющие работу вручную по наладке и ремонту машин и механизмов

Продолжение табл. Пб.3

Коды профессий и условий труда

Код КЧ	Наименование профессии рабочего	Тарифный разряд
1463 7	Водитель электро- и автотележки (ЕТКС 00)	–
1629 8	Гальваник	1–5
1853 7	Доводчик-притирщик	2–6
1883 8	Долбежник	2–4
2242 4	Заточник	2–5
2273 7	Зуборезчик	2–6
2277 8	Зубошлифовщик	2–6
3063 2	Контролер станочных и слесарных работ	2–6
3460 5	Маркировщик (ЕТКС 00)	–
4899 4	Наладчик автоматических линий и агрегатных станков	4–8
4901 8	Наладчик автоматов и полуавтоматов	4–6
4914 5	Наладчик зубофрезерных и резбофрезерных станков	4–6
4989 3	Наладчик станков и манипуляторов с ПУ	4–8
5004 9	Наладчик шлифовальных станков	4–6

Продолжение табл. Пб.3

Код КЧ	Наименование профессии рабочего	Тарифный разряд
5474 5	Оператор автоматических и полуавтоматических линий станков и установок	2–4
5555 5	Оператор-гальваник на автоматических и полуавтоматических линиях	3–4
5634 6	Оператор конвейерных печей	3
6045 9	Оператор станков с ПУ	2–5
6069 5	Оператор-термист на АЛ	4–5
7485 7	Протяжчик	2–4
7636 9	Разметчик	2–6
7914 0	Резчик металла на ножницах и прессах	1–4
7928 2	Резчик металла на пилах, ножовках и станках	1–3
7983 1	Резьбонарезчик на специальных станках	2–4
7985 0	Резьбофрезеровщик	2–4
7986 5	Резьбошлифовщик	2–6
8355 5	Сверловщик	2–5
8466 6	Слесарь механосборочных работ	2–6
8809 9	Станочник широкого профиля	2–8
8891 5	Строгальщик	2–6
9100 0	Термист	2–6
9104 9	Термист на установках ТВЧ	2–5
9149 6	Токарь	2–6
9158 5	Токарь-полуавтоматчик	2–5
9163 6	Токарь-расточник	2–6
9165 5	Токарь-револьверщик	2–4
9479 5	Фрезеровщик	2–6
9606 1	Шевинговальщик	2–5
9630 5	Шлифовщик	2–6
9700 7	Штамповщик	2–5
9756 2	Электрогазосварщик	1–6
9939 4	Электрохимобработчик	2–6
9940 7	Электроэрозионист	2–6

Окончание табл. Пб.3

## Разряды работ станочников-операторов

Профессия	Разряд работы в производстве	
	массовом	серийном
Автоматчик	2	–
Доводчик-притирщик	2	3–4
Долбежник	2	3–4
Заточник	3–4	4
Зуборезчик	2	3–5
Зубошлифовщик	-	3–4
Протяжчик	2	3
Резчик	2	2
Резьбофрезеровщик	2	3
Резьбошлифовщик	-	2–5
Сверловщик	2	3–4
Строгальщик	-	2
Токарь	2	3–5
Токарь-карусельщик	2	3–5
Токарь-расточник	2	3–5
Токарь-револьверщик	2	3
Токарь-полуавтоматчик	2–3	3–4
Фрезеровщик	2	3–4
Шевинговальщик	2	3
Шлифовщик	2–3	3–5



Примеры заполнения маршрутной и технологических карт сборки

444

ГОСТ 31118 - 82 Форма 2																	
Дудн	Ванн	Паш								Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб	Проф	Белорусско-Российский университет		КП 021 05 01 00													
Тл техн	И контр			Редуктор													
А	Шк	Зч	РН	Стар	Код	Наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Тлз	Тшт	
К/М	Наименование детали с/с единицы или материала					Обозначение код						ОПТ	ЕВ	ЕН	КМ	Н раск	
A 01					005	Сборка переднего вала	ИОТ 1875 - 82										
B 02						Верстак специальный											
O3																	
A 04					010	Сборка выходного вала	ИОТ 1875 - 82										
B 05						Присл 121 071											
O6																	
A 07					015	Сборка обшара	ИОТ 1875 - 82										
B 08						Стенд сборочный											
O9																	
A 10					020	Обкатка	ИОТ 1875 - 82										
B 11						Стенд специальный											
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
МК																	

Рис. П7.1. Форма маршрутной карты сборки и пример ее оформления

445

ГОСТ 31407 - 86 Форма 1																
Дудн	Ванн	Паш								Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		
Разраб	Проф	Белорусско-Российский университет		ДП 021 05 01 00												
Тл техн	И контр			Редуктор									005			
Наименование операции					Обозначение документа						МШ					
Сборка					ИОТ 1875 - 82						14,4					
Код наименование оборудования					Обозначение документа						Тв	Тс				
Верстак специальный											4,5	12,3				
К/М	Наименование детали с/с единицы или материала					Обозначение код						ОПТ	ЕВ	ЕН	КМ	Н раск
Р																
K 01	Вал					ДП 021 05 01 01										
O2	Шпоки					8 x 7 x 30 ГОСТ 23160 - 78										
O3	Шестерни					ДП 021 05 01 07										
O4	Подшипник 12шт					206 ГОСТ 8038 - 67										
O5	Кольцо стопорное 12 шт					1А 30 ГОСТ 1942 - 68										
Н 06	Масло индустриальное					1А 30 ГОСТ 1942 - 68										
Н 07	Безкил Б70															
O 08	1 Закрыть вал в присл. Запрессовать шпоку															
T 09	Приспособление специальное, стружка 7828 - 0001 ИИ 487 - 60															
Ю																
ОК																

Рис. П7.2. Форма операционной карты сборки (первый лист) и пример ее оформления



Приложение 8

Слесарно-сборочные инструменты и оборудование

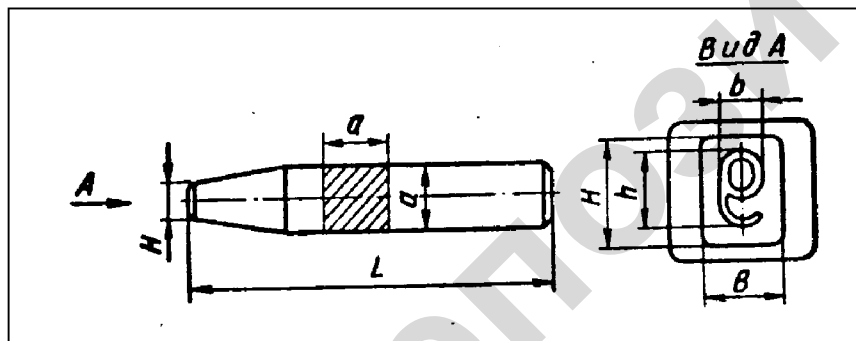
Таблица П8.1

Перечень ГОСТов и нормалей на инструмент и приспособления для слесарных работ

Наименование	Номер ГОСТа или МН
Зубила	7211-72
Крейцмейсели	7212-74
Канавочники	МН 485-60
Молотки слесарные	2309-54**
Молотки пневматические	15997-70
Тиски слесарные	4045-75
Ручные ножовки	МН 524-60
Ножовочные полотна	6645-68*
Кусачки (острозубцы)	7282-75
Ножницы ручные для резки листовых материалов	7210-75
Напильники общего назначения	1465-69
Борнапильники	МН 2227-61-МН 2234-61
Надфили	1513-67
Рашпили	6876-68

Таблица П8.2

Клейма цифровые (МН 544-60) и буквенные (МН 545-60)



Окончание табл. П8.2

Обозначение	Размеры, мм					
	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>b</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>A</i>
7858-0101	1,5	2,5	0,9	2,9	60	4
7858-0102	2	3	1,2	3,3		5
7858-0103	2,5	3,5	1,5	4,3		6
7858-0104	3	4	1,8	4,7		6
7858-0105	4	5	2,4	5,6	80	7
7858-0106	5	6	3	6,5		
7858-0107	6	7	3,6	8,4		
7858-0108	8	9	4,8	10,2		
7858-0109	10	13	6	12		12

Обозначение комплекта клейм  $h \times b = 4 \times 2,4$  мм – комплект цифр 7858-0105 МН 544-60. Изготовитель – Кобринский инструментальный завод.

Таблица П8.3

Ключи гаечные с открытыми зевами двусторонние (ГОСТ 2839-71)

Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм
7811-0001	4×5	80
7811-0002	5,5×7	95
7811-0003	8×10	110
		120
7811-0021	12×14	125
		110
7811-0023	17×19	160
		175
7811-0025	22×24	205
		220
7811-0041	27×30	250
		260
7811-0043	32-36	310
		350
7811-0044	36×41	380
		420
7811-0046	46×50	460
		420
7811-0047	50×55	500
		420

Обозначение ключа с размерами зева 17×19 мм, группы прочности С, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838-71, с хромовым покрытием толщиной 9 мкм – ключ 7811-0023 С.Х9 ГОСТ 2839-71.

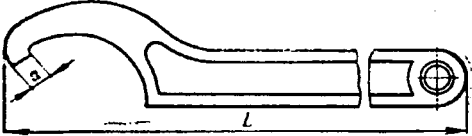
Ключи гаечные с открытым зевом односторонние (ГОСТ 2841-71)

Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм	Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм	Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм
7811-0101	3,2	70	7811-0121	14,0	135	7811-0145	41,0	340
7811-0102	4,0		7811-0122	17,0	160	7811-0146	46,0	380
7811-0103	5,0		7811-0123	19,0	170	7811-0147	50,0	410
7811-0104	5,5		7811-0124	22,0	195	7811-0148	55,0	460
7811-0105	7,0	80	7811-0125	24,0	215	7811-0149	60,0	490
7811-0106	8,0	95	7811-0141	27,0	240	7811-0150	65,0	530
7811-0107	10,0	110	7811-0142	30,0	260	7811-0151	70,0	580
7811-0108	12,0	125	7811-0143	32,0	270	7811-0152	75,0	615
7811-0109	13,0	135	7811-0144	36,0	300	7811-0153	80,0	650
Обозначение ключа с размером зева 17 мм, группы точности С, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838-71, с хромовым покрытием толщиной 9 мкм – ключ 7811-0122С ГОСТ 2841-71.								

Ключи гаечные с открытым зевом односторонние укороченные (ГОСТ 3108-71)

Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм	Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм	Обозначение	Размер зева, мм	Длина ключа, мм
7811-0181	85	330	7811-0186	110	420	7811-0191	175	690
7811-0182	90	350	7811-0187	115		7811-0192	180	710
7811-0183	95	370	7811-0188	130	545	7811-0193	185	730
7811-0184	100	380	7811-0189	145	600	7811-0194	200	775
7811-0185	105	400	7811-0190	155	615	7811-0195	210	825
						7811-0196	225	875
Обозначение гаечного ключа с размером зева 100 мм, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838-71, с покрытием окисным с промасливанием – ключ 7811-0184 хим.окс.прм. ГОСТ 3108-71.								

## Ключи для круглых гаек шлицевых (ГОСТ 16984-71)



Размеры, мм

Обозначение	Наружный диаметр гаек	<i>a</i>	<i>L</i>	Обозначение	Наружный диаметр гаек	<i>a</i>	<i>L</i>
7811-0311	12		105	7811-0322	100-110		315
7811-0312	14-16	1,3	110	7811-0323	115-120	8,0	340
7811-0313	22-24		130	7811-0324	125-130		350
7811-0314	26-28	3,5	145	7811-0325	135-140	10,0	370
7811-0315	30-34		155	7811-0326	150-160		390
7811-0316	38-42	4,5	165	7811-0327	165-170	12,0	420
7811-0317	45-52		190	7811-0328	175-190		440
7811-0318	55-60			7811-0329	200-210		480
7811-0319	65-70	5,0	215	7811-0330	220-230	14,0	515
			240	7811-0331	240-250		580
7811-0320	75-85						
7811-0321	90-95	7,0	270				
			290				

Обозначение ключа для круглых шлицевых гаек наружным диаметром 55-60 мм, шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2838-71, с хромовым покрытием толщиной 9 мкм – ключ 7811-0318 Х9 ГОСТ 16984-71.  
Изготовитель – Камышинский завод слесарно-монтажного инструмента.

451

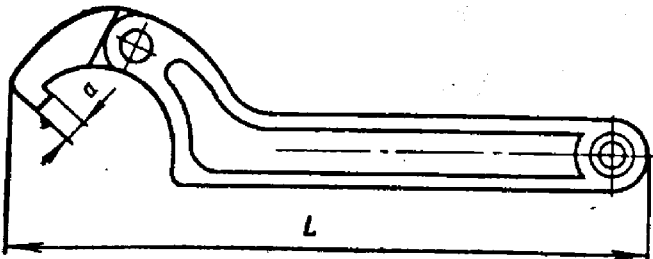
## Характеристики молотков со вставными бойками

Медь		Материал бойка				Размеры бойка, мм		Длина молотка
обозначение	масса кг	Фибра		Дуралюмин		диаметр	высота	
7850-0071	0,15	7850-0081	0,09	7850-0091	0,110	15	56	210
7850-0072	0,29	7850-0082	0,190	7850-0092	0,210	18	66	260
7850-0073	0,44	7850-0083	0,260	7850-0093	0,290	25	78	260
7850-0074	0,88	7850-0084	0,560	7850-0094	0,600	30	99	310
7850-0075	1,4	7850-0085	0,900	7850-0095	0,980	35	114	360

Обозначение молотка диаметром 18 мм с медным бойком – Молоток 7850-0072 МН 536-60.

452

## Ключи шарнирные для круглых гаек шлицевых (ГОСТ 16985-71)



Размеры, мм

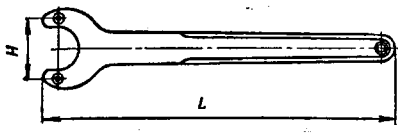
Обозначение	Наружный диаметр гаек	$a$	$L$	Обозначение	Наружный диаметр гаек	$a$	$L$
7811-0311	12	1,3	105	7811-0317	45-52	4,5	190
7811-0312	14-16		110	7811-0318	55-60	5,0	215
7811-0313	22-24	3,5	130	7811-0319	65-70		7,0
7811-0314	26-28		145	7811-0320	75-85	270	
7811-0315	30-34	4,5	155	7811-0321	90-95	9,0	290
7811-0316	38-42		165	7811-0322	100-110		315

Изготовитель – Камышинский завод слесарно-монтажного инструмента.

453

Ключи рожковые (ГОСТ 6394-73)

Таблица П8.9



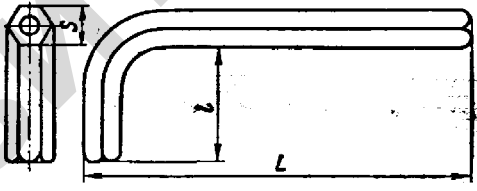
Размеры, мм

$H$	$L$	$H$	$L$	$H$	$L$	$H$	$L$
22	125	34	160	56	200	90	280
24	140	38	180	64	220	100	320
27	160	42	200	72	250	110	360
30		48		80	250	120	

Обозначение рожкового ключа размером  $H = 30$  мм – ключ рожковый 30 ГОСТ 6394-73.  
Изготовитель – Черновицкий инструментальный завод.

Ключи для деталей с шестигранным углублением под ключ (ГОСТ 11737-74)

Таблица П8.10



Размеры, мм

$S$	$L$	$l$	$S$	$L$	$l$	$S$	$L$	$l$
3	60	15	8	110	82	17	200	50
4	70	20	10	130	36	19	220	55
5	80	25	12	150	40	22	250	60
6	90	28	14	170	45	27	300	70

Обозначение ключа размером  $S = 10$  мм – ключ 10 ГОСТ 11737-74.  
Изготовитель – Кулябинский завод слесарно-монтажного инструмента.

454

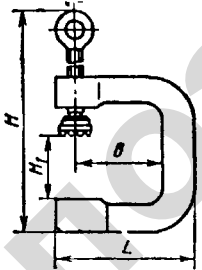
## Тиски слесарные

Наименование и модель	Ширина губок, мм	Длина хода губок, мм	Длина тисков, мм	Высота тисков, мм
Тиски слесарные неповоротные (ГОСТ 4045-75)	60	45	200	90
	80	65	360	110
	100	100	420	170
	120	140	480	210
	140	180	560	230
Тиски слесарные поворотные (ГОСТ 4045-75)	80	65	360	170
	100	100	420	210
	120	140	480	250
	140	180	560	280
Тиски инструментальные со свободным ходом передней губки П 5768В	120	140	465	240
Тиски пневматические горизонтально-поворотные 132.125.9019	120	150	540	260

455

Таблица П8.12

## Струбцины скобообразные (МН 483-60)

Эскиз	Обозначение	$B$	$H_{1 \text{ наиб}}$	$H$	$L$
 Размеры, мм	7828-0001	70	45	152	112
	7828-0002	100	75	215	155
	7828-0003	150	120	285	222
	7828-0004	200	165	360	280
	7828-0005	250	215	425	340
Обозначение струбцины $H_{1 \text{ наиб}} = 75$ мм – струбцина 7828-0002 МН 483-60.					

456

Таблица П8.13

## Струбцины параллельные (МН 484-60)

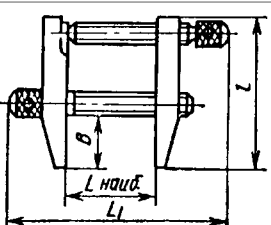
Эскиз	Обозначение	$L_{\text{наиб}}$	$L_1$	$L$	$B$
 Размеры, мм	7828-0011	60	115	70	26
	7828-0012	65	134	100	40
	7828-0013	90	164	120	45
	7828-0014	110	204	150	54
Обозначение струбцины $L_{\text{наиб}} = 65$ мм – струбцина 7828-0012 МН 484-60.					

Таблица П8.14

Характеристика термокамеры мод. ТКСИ-02-80

Рабочий объем, м <sup>3</sup>	0,2 (600×1050×350 мм)
Диапазон температур в рабочем объеме камеры, °С	До 80
Мощность установленная, кВт	6,3
Габаритные размеры, мм	2800×1125×995
Масса, кг	1120

Таблица П8.15

Назначение и устройство камеры для охлаждения деталей с помощью сухого льда

Камера предназначена для охлаждения деталей и состоит из трех отделений. Сухой лед загружается в два крайних отделения, а в среднем находится спирт, свободно циркулирующий и соприкасающийся с сухим льдом. Деталь охлаждается в спирте, что создает лучшие условия для теплообмена, ускоряет процесс охлаждения и уменьшает потери спирта и сухого льда.

Таблица П8.16

Характеристика установки для охлаждения деталей в жидком азоте

Температура охлаждения деталей, °С	-100
Размеры камеры охлаждения, мм:	
– диаметр	400
– высота	300
Габаритные размеры установки, мм	930×820×705
Масса установки, кг	180



ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ И СБОРКИ ПРИ РЕМОНТЕ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.  
ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Учебно-методическое пособие*

Ответственный за выпуск *В. М. Катцевич*  
Редактор *В. М. Воронович*  
Компьютерная верстка *Д. И. Чергейко*

Подписано в печать 23.07.2013 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 26,73. Уч.-изд. л. 20,9. Тираж 144 экз. Заказ 498.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.  
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.  
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.