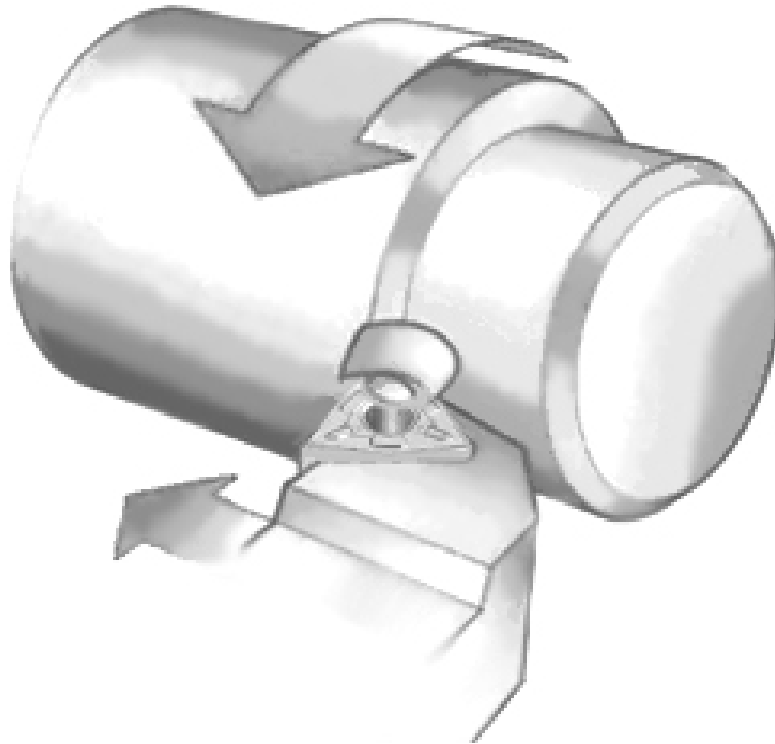


С.Ф. Соболев, Ю.П. Кузьмин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКОЙ**



Санкт-Петербург

2007

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**



ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ

С.Ф. Соболев, Ю.П. Кузьмин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКОЙ**



Санкт-Петербург

2007

УДК 65.015.13

Соболев С.Ф., Кузьмин Ю.П.

Методические указания по разработке технологических процессов изготовления деталей механической обработкой. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2007. – 118с.

Методические указания содержат основные рекомендации по разработке технологического процесса изготовления деталей и предназначено для использования студентами при выполнении курсового проекта, домашних заданий, на практических занятиях, при выполнении технологической части дипломного проекта.

Предназначены для студентов всех специальностей университета.

Рекомендовано к печати Советом факультета ТМиТ

Протокол №3 от 13 ноября 2007г.



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

© СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2007

© Соболев С.Ф., Кузьмин Ю.П. 2007.

Введение

Методические указания разработаны в соответствии с инновационной образовательной программой на основе использования развивающегося блока по разработке технологического процесса изготовления детали механической обработкой. Это предоставляет студенту возможность выполнять курсовой проект в любом из трех уровней. Выбор уровня зависит от способностей и желания каждого студента под руководством преподавателя.

1 уровень. Курсовой проект выполняется с использованием банка данных конструктивно несложных деталей и на основании справочных материалов, приведенных в данном пособии.

2 уровень. Курсовой проект выполняется с использованием банка данных конструктивно сложных деталей с использованием справочных материалов не только приведенных в данном пособии, но и с использованием технической литературы, предложенной в перечне литературы.

3 уровень. Разработка курсового проекта по выполнению реального заказа от промышленности (www.subcontract.ru или www.spb.subcontract.ru) с использованием всех возможностей интернет-технологий.

Методические указания выполнены как в обычном печатном издании, так и в электронном виде с размещением на сайте университета (www.de.ifmo.ru).

Настоящее пособие содержит учебно-методический и справочный материал, рассчитанный на использование его студентами в процессе технологического проектирования на кафедре технологии приборостроения, при выполнении курсового проекта, домашних заданий, на практических занятиях, а также при выполнении студентами-дипломниками технологической части дипломного проекта.

Методические указания предназначены для студентов осваивающих образовательную программу технологической направленности и для студентов других специальностей, изучающих дисциплину «Технология приборостроения».

В пособии использован комплект методических указаний ранее изданных в ИТМО, а также современная техническая литература и информационные ресурсы Интернета.

В пособии использованы новейшие материалы, стандарты ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП, использованы материалы из технической литературы по технологии приборостроения, вышедшие в последнее время.

1. Исходные данные

Разработка технологического процесса представляет собой важнейшую задачу при подготовке к производству новых изделий, создает предпосылки для прогрессивной организации производства, является основой для построения роботизированных комплексов и гибких автоматических производств.

Приступая к разработке технологического процесса, студент должен иметь следующую исходную информацию: базовую, включающую в себя конструкторскую документацию и годовой объем выпуска изделия; руководящую, включающую в себя ГОСТы по ЕСТПП, ЕСТД и др., ОСТы, классификаторы деталей и операций, трудовые нормативы и т.п.; справочную, включающую в себя справочники, каталоги, паспортные данные на оборудование пособия и т.п.

Руководящая и справочная информация имеется в данном пособии, в различных учебных пособиях, а также в технической литературе, в ГОСТах и т.п., находящихся в библиотеке.

1.1. Конструкторская документация



Конструкторская документация для разработки технологического процесса на механическую обработку резанием должна содержать: рабочий чертеж детали и технические условия на изготовление детали.


Рабочий чертеж детали должен быть выполнен в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД на форматы, масштабы изображения (виды, разрезы, сечения), нанесение размеров, условные изображения деталей и их конструктивных элементов, а также на обозначение допусков шероховатости, термообработки, предельных отклонений форм и расположения поверхностей и т.п. Условные обозначения материала должны соответствовать обозначениям, установленным стандартами на материал. Технические условия на изготовление детали, как правило, указываются непосредственно на чертеже детали.


Размеры относительно низкой точности (от 12-го качества и грубее) могут быть оговорены в чертеже общей записью в технических требованиях, а именно:

- а) неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - H14; валов - h14; остальных - + IT14/2.
- б) неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров H12, h12; остальных - + IT12/2.

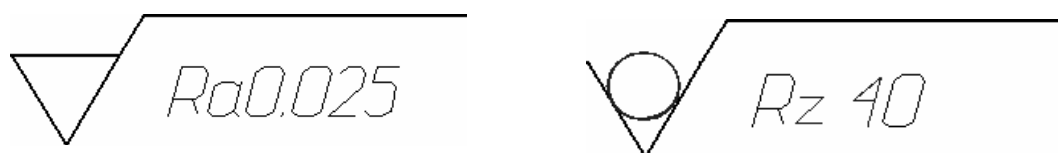
Обозначения шероховатости поверхностей должны быть выполнены в чертежах изделий в соответствии с государственными стандартами.

Знак  применяется во всех случаях, когда конструктор при назначении шероховатости не устанавливает вид обработки (получения) поверхности. Этот способ обозначения более предпочтителен. Однако при учебном проектировании следует отдавать предпочтение знаку .

Знак  применяется, если необходимо удалить поверхностный слой материала или использовать разделение материала, например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, вырубкой и т.п.

Знак  применяется в тех случаях, когда поверхность должна быть образована без удаления поверхностного слоя материала, например, литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом и т.п. Если в дополнение к этому установлен конкретный вид обработки, при помощи которого необходимо либо удалить слой материала, либо изготовить деталь без удаления поверхностного слоя материала, то это должно быть указано на полке соответствующего знака, например:

В табл. 1.1 показано, как перейти от обозначений шероховатости по ГОСТу 2789-59 к обозначению по ГОСТам 2789-73 и 2.309-73.



Значение шероховатости поверхности должно соответствовать допуску на заданный размер. Диаграмма (рис.1.1) позволяет ориентировочно определять минимально необходимую шероховатость поверхности по заданному допуску.

Пример: числовые величины предельных отклонений диаметра вала (рис. 1.1) составляют 20 и 72 мкм. Следовательно, допуск равняется $72 - 20 = 52$ мкм.

По диаграмме (см, стрелки) находим минимально необходимую шероховатость поверхности.

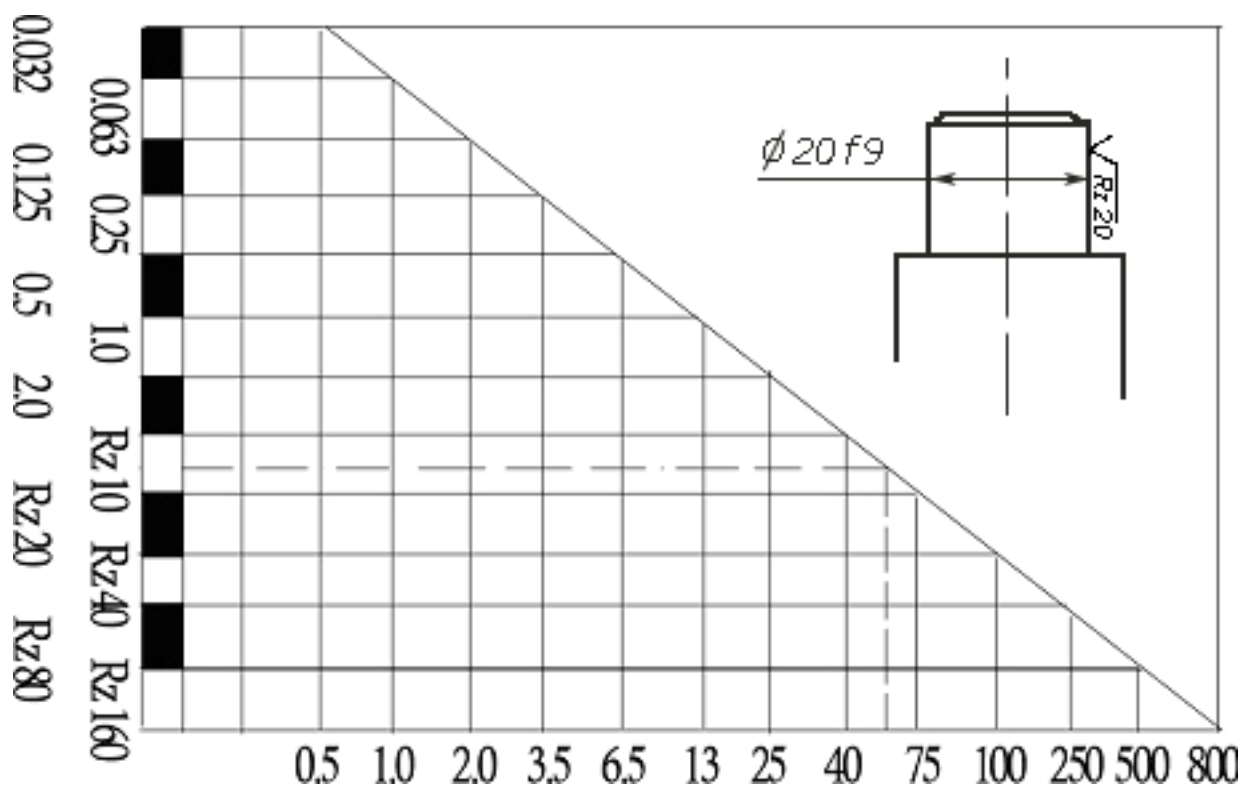


Рис.1.1. Допуск, мкм

1.2. Тип производства и объем выпуска деталей

Количество деталей, подлежащих изготовлению за год, т.е. годовой объем выпускаемых деталей указывается в задании на проектирование технологического процесса. Одновременно с этим указывается и тип производства. Условно принято, что при мелкосерийном производстве -изготавливается деталей до 1000 шт. в год; при среднесерийном производстве - от 1000 до 5000 шт.; при крупносерийном или массовом производстве – свыше 5000 шт, в год. Единичное производство характеризуется отсутствием повторяемости изготовления данных деталей.

2. Обработка конструкций и деталей на технологичность

Обеспечение технологичности конструкции изделия - это взаимосвязанные решения конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Под технологичностью конструкции понимается совокупность ее свойств, обеспечивающая в заданных условиях производства и эксплуатации наименьшие затраты труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и ремонте изделия.

Технологичность понятие относительное. Она различна для разных предприятий, зависит от типа производства, зависит от оборудования предприятия. В то же время технологичность комплексное понятие. При обработке изделия на технологичность должна осуществляться взаимосвязь между всеми этапами производства: заготовительным, механической обработкой, сборкой, контролем и настройкой. Обработка на технологичность предыдущей операции не должна усложнять следующую операцию.

Технологичность (в соответствии с ГОСТ 14,204-73) бывает производственная и эксплуатационная.

Производственная технологичность обеспечивает снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия. Производственная технологичность проявляется в сокращении времени и средств на:

- конструкторскую подготовку производства;
- технологическую подготовку производства;
- изготовление и сборку изделия.

Конструкторская подготовка производства предусматривает:

- разделение сборочных единиц на составные части;
- компоновку сборочных единиц стандартными и унифицированными деталями;
- правильную постановку размеров с учетом единства и постоянства баз;
- создание конфигураций деталей, позволяющих применять современные технологические процессы;
- создание конструкции изделия, позволяющей производить сборку методами полной или частичной взаимозаменяемости.

Технологическая подготовка производства предусматривает:

- использование расчленения конструкции;
- рациональный выбор заготовки;
- правильный выбор технологической оснастки;

выбор оптимальной шероховатости;
использование типовых и групповых технологических процессов.

Технологичность при изготовлении и сборке предусматривает:
сборку без разборки;
удобный допуск к местам регулировки и настройки.

Эксплуатационная технологичность обеспечивает снижение трудоемкости и стоимости работ по обслуживанию изделия при подготовке его к эксплуатации, профилактическому и техническому обслуживанию, а также при ремонте.

Основные пути повышения эксплуатационной технологичности:

рациональное выполнение конструкции, обеспечивающей удобство технического обслуживания и ремонта;

повышение надежности и ремонтпригодности конструкции.

Оценка технологичности конструкции может быть качественной и количественной. Обеспечение качественной оценки технологичности конструкции достигается опытом конструктора и технолога. Количественная оценка ведется с помощью системы показателей и применяется главным образом для сборочных единиц и специфицированных изделий. Показатели технологичности по значимости могут быть основными и вспомогательными, по способу выражения абсолютными и относительными.

Технологичность обеспечивается конструктивными, технологическими и эксплуатационными мероприятиями.

Конструктивные мероприятия: простота компоновочной схемы сборочных единиц и изделия в целом; членение изделия на самостоятельные сборочные единицы, допускающие независимую сборку, контроль и испытания; выбор простейших геометрических форм деталей; рациональный выбор материала; обоснованный выбор баз, системы простановки размеров, допусков и шероховатости поверхностей деталей; обеспечение беспригоночной сборки, а при необходимости - взаимозаменяемости; унификация материалов, сборочных единиц и других элементов конструкции.

Технологические мероприятия: сокращение сроков подготовки производства; использование современных высокопроизводительных процессов; сокращение расходов материалов; применение рациональных методов контроля; обеспечение точности изготовления, рациональной организации производственного процесса; сокращение номенклатуры специальной оснастки.

Эксплуатационные мероприятия: обеспечение простоты обслуживания и ремонта; сокращение расхода запасных частей; обеспечение надежности и долговечности изделия.

Работы по обеспечению технологичности конструкций деталей выполняют в следующем порядке (общий случай): выявляют конструктивные элементы, влияющие на качество выполнения изделием рабочих функций в условиях эксплуатации, отрабатывают конструкцию детали на технологичность по главным конструктивным элементам и на технологичность по остальным конструктивным элементам, сопоставляя их с факторами будущего технологического процесса с целью выявить те элементы конструкции, которые оказывают наиболее сильное влияние на технологию изготовления изделия (в данном случае детали), в особенности на трудоемкость и себестоимость процесса.

Отработка конструкции на технологичность должна быть составной частью разработки конструкции изделия, начиная с момента разработки технического задания, и сопровождать все стадии разработки конструкторской документации и изготовления опытных образцов и серий изделий.

Технологический контроль в общем виде проводится по трем разделам: форма, размеры, допуски. Естественно, что каждый, из разделов связан с рядом параметров. Например, форма детали, как правило, определяет преимущественную технологию ее изготовления. Установленная форма нередко позволяет выполнить деталь только одним конкретным методом. Форма связана одновременно и с материалом детали: трудно изготовить сложную деталь, подвергающуюся закалке из обычной углеродистой стали, необходимо применить легированную сталь. Простановка размеров и допусков, если они не диктуются требованиями конструкции, связана с методом изготовления, шероховатостью поверхности, покрытиями и т. п. Поэтому каждый из указанных разделов должен рассматриваться во взаимосвязи.

Следует стремиться к упрощению формы детали независимо от способа ее изготовления. В одних случаях, например, при литье по выплавляемым моделям сложность формы не является определяющим фактором, но при обработке резанием сложность формы иногда исключает возможность получения требуемой детали.

Во всех случаях при простановке размеров следует руководствоваться правилом, согласно которому в чертеже проставляют размеры от технологических и конструкторских баз, вполне удовлетворяющих конструктора и технолога, указывают допуски, максимально возможные при заданных требованиях к сборке и к работе детали, сборочной единицы и изделия в целом. Различные конструктивные решения при одних и тех же требованиях к качеству сборки позволяют значительно увеличить допуски на неточность изготовления деталей за счет уменьшения количества взаимосвязанных размеров, частичным изменением конструкции сборочной единицы.

Повышение точности удорожает производство, так как требуются более точное оборудование, сложная дорогостоящая оснастка и рабочие высокой квалификации. Кроме того, необоснованное назначение допусков на неточность изготовления деталей вызывает необходимость в пригоночных работах при сборке, которые должны быть сведены до минимума, а при крупносерийном и массовом производствах — исключены совсем. При технологической отработке конструкций деталей рекомендуется особое внимание обращать на следующие основные технические направления.

При использовании отливок:

- правильность выбора способа литья и возможность использования применяемых марок чугунов, сталей и других сплавов;
- правильность конструктивного решения по форме деталей с точки зрения упрощения разъемов и возможности отливки с минимальным количеством стержней;
- правильность выбора толщин стенок, соотношения толщин или площадей сечений близлежащих участков и достаточности радиусов переходов между сопрягаемыми стенками и ребрами;
- направление и достаточность формовочных уклонов;
- требуемая точность и шероховатость поверхностей, не подвергаемых последующим обработкам и соответствующих выбранному методу литья;
- выполнение особых требований к конструкции, связанных с изготовлением деталей (методами литья в кокиль, под давлением, в оболочковые формы и по выплавляемым моделям и др.);
- наличие указаний о допускаемых дефектах поверхности.

При использованииковки и штамповки:

- наличие, направленность и достаточность уклонов и радиусов переходов в зависимости от намечаемых методов изготовления;
- правильность соотношения толщин взаимосопрягаемых стенок, выступов и ребер или площадей сечений близлежащих участков;
- правильность назначения марок материалов, видов термической обработки, требуемых твердостей и других механических характеристик, степеней точности и шероховатости необрабатываемых поверхностей;
- выполнение особых требований к конструкторскому оформлению деталей в зависимости от намечаемых технологических методов получения заготовок;
- возможность использования для изготовления массовых деталей параметрического проката или фасонных профилей.

При использовании листовой штамповки:

- правильность выбранных форм детали с точки зрения рациональности раскроя, снижения отходов металла, унификации размеров (радиусы гибки и обрезки, размеры фасок и отверстий и др.), определяющих возможность использования универсальной оснастки;
- возможность использования гнутых и фасонных профилей проката;
- наличие и достаточность радиусов переходов в местах сгибов;
- правильность назначения марок материалов в зависимости от конструктивной формы детали, например, для деталей, получаемых методом высадки, вытяжки, гибки;
- правильность расстановки линейных размеров;
- возможность выполнения заданных требований по точности изготовления экономичными методами.

При использовании обработки резанием:

- возможность соблюдения единства баз для обработки и измерений;
- правильность линейных размеров и допусков на них в зависимости от предполагаемых способов обработки;
- правильность взаиморасположения обрабатываемых поверхностей (отверстий, внутренних канавок, выточек и т. п.) с точки зрения доступности подхода и уменьшения вылета и габаритных размеров инструмента;
- правильность назначения требуемых точности и шероховатости обработки поверхностей с целью обеспечения качества поверхности детали;
- возможность использования наиболее простой, универсальной оснастки,
- применение материала, по возможности, более легкообрабатываемого и без сливной стружки.

При использовании сварки:

- правильность выбора материала деталей, входящих в сварную конструкцию;
- возможность выполнения без дополнительных обработок задаваемых допусков на линейные и угловые размеры и правильность простановки размеров;
- соответствие линейных размеров, допусков и технических требований на изготовление деталей, входящих в сварные единицы, линейным размерам, допускам и техническим требованиям на сварные конструкции;

- правильность размещения сварных швов и сварочных точек с точки зрения устранения излишних короблений, концентрации напряжений, а также доступности подхода к месту сварки;
- правильность выбора метода сварки и соответствующих материалов;
- соответствие выбранных типов сварных соединений условиям и характеру действующих на них нагрузок; возможность выполнения сварки на автоматах и полуавтоматах, контактных машинах.

При использовании термообработки:

- соответствие марок материалов заданным требованиям по твердости и другим механическим свойствам после термической обработки и правильности установленных пределов разброса по ним;
- возможность замены недостаточно экономичных методов термической обработки более экономичными (например, замена цементации поверхностной закалкой с нагревом токами высокой частоты и т. п.);
- наличие, при необходимости, указаний о размерах и твердости переходных зон;
- правильность конструктивного оформления деталей (формы и соотношение толщины стенок, наличие радиусов переходов, отсутствие подрезов и т. п.).

При использовании покрытий:

- правильность назначения видов, толщин, количества слоев покрытий и цветов покрытия;
- правильность конструктивных форм и габаритных размеров деталей и сборочных единиц с тем, чтобы устранить места скопления краски, острые углы и переходы, способствующие неравномерности слоя покрытия и т.п.;
- возможность использования различных видов покрытий, применяемых на предприятии.

В помощь студентам для ведения анализа качественной оценки технологичности конструкций и внесения корректив в чертежи деталей приведем пример (рис.2.1).

В зависимости от типа производства одна и та же конструкция может выполняться в разных вариантах с выбором наиболее экономичной заготовки в данных, конкретных условиях. На рис. 2.1 а) изображена наиболее рациональная конструкция кронштейна - литая. При такой конструкции достигается наименьший расход металла (масса наименьшая), наименьший объем механической обработки

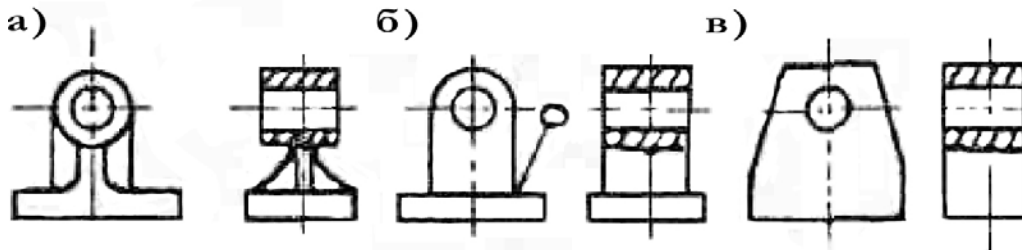


Рис.2.1 Возможные варианты конструкций кронштейнов.

Однако в условиях мелкосерийного производства может оказаться, что литая конструкция детали будет менее экономичной, чем, например, сварная, рис. 2.1 б). При единичном типе производства, когда нужно изготовить всего несколько деталей, наиболее рациональной может стать конструкция, показанная на рис 2.1 в), вырезанная непосредственно из полосовой или толстолистовой стали.

Номенклатуру показателей технологичности конструкции выбирают в зависимости от вида изделия, специфики и сложности конструкции, объема выпуска, типа производства и стадии разработки конструктивной документации. Номенклатуру показателей технологичности конструкции устанавливают с учетом экономической эффективности показателей, методики их определения и опытно-статистических (или расчетных) данных.

Отработка конструкций изделий на технологичность — весьма сложный процесс, поэтому идеальным в данной области является специалист, одинаково сильный и как технолог, и как конструктор.

3. Выбор вида технологического процесса

Технологические процессы и операции по организации производства подразделяются на единичные, типовые и групповые.

Единичный технологический процесс или операция разрабатывается для изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типоразмер - одна из нескольких деталей одного типа, отличается в основном только одним или несколькими размерами. Исполнение - одна из нескольких деталей одного типоразмера, отличающаяся от других или материалом или видом покрытия и т.п. при одних и тех же размерах.

Типовой технологический процесс разрабатывается для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс разрабатывается для изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Типовая технологическая операция характеризуется единством содержания и последовательности технологических переходов для группы изделий с общими конструктивными технологическими признаками.

Групповая технологическая операция характеризуется совместным изготовлением группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

В соответствии со стандартами ЕСТПП в первую очередь разрабатываются типовые или групповые технологические процессы и операции и только в случае невозможности этого разрабатываются единичные технологические процессы.

По степени детализации описания технологические процессы подразделяются на маршрутные, операционные и маршрутно-операционные.

В условиях учебного проектирования вид технологического процесса (единичный, типовой или групповой) определяется, как правило, заданием; а по степени детализации применяются описания операционные или маршрутно-операционные.

Типовые технологические процессы, как правило, имеют общий маршрут для всех деталей - типоразмеров одного типа.

При разработке групповых технологических процессов группирование может осуществляться как по отдельным операциям, так и по всему технологическому процессу.

В первом случае могут не совпадать количество и последовательность переходов, а во втором - операции обработки конкретных деталей, входящие в одну и ту же группу.

Поэтому при разработке групповых технологических процессов рекомендуется представить схему последовательности операции: группового технологического процесса для деталей группы (на основе комплексного маршрута) или переходов групповой операции (на основе комплексной детали), как это показано в табл.3.1 и 3.2.

Если групповой технологический процесс содержит несколько групповых операций, то оформление схемы проводится лишь для одной из операций, включающей в себя наибольшее число деталей группы.

Таблица 3.1

Наименование деталей	Операции						
	I	2	3	4	5	6	7
Комплексная деталь	X	X	X	X	X	X	X
Втулка	X	X	X	-	-	-	-
Гайка	X	X	X	-	X		

Таблица 3.2

Наименование деталей	Переходы						
	I	2	3	4	5	6	7
Комплексная деталь	X	X	X	X	X	X	X
Гайка	X	X	-	X	-	-	X
Заглушка	X	X	X	-	-	X	X

4. Выбор заготовки

4.1 Виды заготовок

Основными видами заготовок для деталей, изготавливаемых из металлов и их сплавов, являются:

- а) сортовой материал, изготавливаемый прокатом, волочением и т.п. из черных металлов и цветных сплавов (прутки круглого, квадратного и шестигранного сечения, трубы, плоский прокат - листы, полосы, ленты). Некоторые из этих видов заготовок могут применяться и для ряда неметаллических материалов (винипласт, гетинакс, текстолит и др.);
- б) отливки (литые заготовки);
- в) поковки и штамповки.

Для неметаллических деталей исходным сырьем чаще всего являются различные порошкообразные материалы, применяемые для последующего формообразования прессованием или другими методами.

Выбор метода изготовления заготовки зависит от материала детали и ее массы (габаритов), величины производственной партии, требований к точности формы, размеров и взаимного расположения поверхностей, их шероховатости, а иногда и от некоторых других факторов. При возможности назначения нескольких методов выбирается наиболее экономичный в данных производственных условиях.

4.2 Заготовки из сортового материала

Сортовой материал следует применять в тех случаях, когда профиль материала соответствует профилю детали.

Круглые прутки и трубы применяются в основном для изготовления деталей, имеющих форму тел вращения (осей, валиков, втулок и т.п.). Для деталей, обработка которых предусматривается на токарных автоматах или на прессах-автоматах, следует выбирать калиброванные прутки 7-11 квалитетов.

Плоский прокат используется главным образом в условиях единичного и мелкосерийного производства для деталей, заготовки к которым нецелесообразно изготавливать в виде отливок, объемных штамповок и т.п.

Плоский прокат малой толщины применяется для изготовления деталей методом холодной штамповки на прессах. В массовом и крупносерийном производствах для этих деталей целесообразно применять ленты (в бухтах).

Необходимые сведения о различных видах проката (размеры, точность изготовления, качество поверхности и др.) заключены в ГОСТах на сортамент.

Номинальные значения диаметральных размеров заготовки, соответствующие стандартизованным размерам по сортаменту, определяются по приводимым формулам (с последующим округлением размера до стандартизованного).

$$D1 = D + Z_{нар.}; d1 = d - Z_{вн}$$

где $D1$ - наружный расчетный диаметр заготовки; $d1$ - внутренний расчетный диаметр заготовки; D - наружный диаметр детали по чертежу; d - внутренний диаметр детали по чертежу; $Z_{нар.}$ - припуск на обработку по наружной поверхности; $Z_{вн.}$ - припуск на обработку по внутренней поверхности;

При расчете наружного диаметра заготовки следует учитывать только часть, определяемую минусовым отклонением, а при расчете внутреннего – только часть, определяемую плюсовым отклонением от номинала.

Величины припусков $Z_{нар.}$ и $Z_{вн.}$ выбираются из табл. 4.1, если допуски на размеры D и d не точнее значений 12- го качества, а шероховатость поверхности Ra - не менее 1,25 мкм.

На основании рассчитанных размеров $D1$ и $d1$ проводится выбор стандартизованных диаметров заготовки по сортаменту. При этом должно быть выдержано условие: наружный диаметр заготовки равен или больше диаметра детали, а внутренний диаметр заготовки равен или меньше диаметра детали.

Припуски на диаметр

Таблица 4.1

Диаметр обработки, мм	При длине обработки L, мм	
	до 100	св. 100 до 200
до 10	2,0	2,5
св. 10 до 30	2,2	2,8
св. 30 до 80	2,5	3,0
св. 80 до 180	3,0	4,0

Номинальный размер длины заготовки - $L1$ получаемой из прутка, определяется по формуле:

$$L1 = L + 2L1 + L2 + (L3 + L4) \cdot n, \text{ мм.},$$

где: L - размер детали по чертежу; $L1$ - припуск на подрезку торца с одной стороны; $L2$ - припуск на отрезку детали; $L3$ - длина отрезка, необходимого для зажима прутка в патроне или цанге при обработке последней детали; $L4$ - припуск на отрезку прутка в заготовительном цехе (участке); n – количество деталей, получаемых из одного прутка.

Так как длина прутка, подаваемая на токарные или токарно-револьверные станки, не должна превышать длины шпинделя, то количество деталей - n можно определить из неравенства $(L + 2L1 + L2) \cdot n + L3 < 600 - 800$ мм.

Величины L1, L2, L3, L4 выбираются из табл. 4.2.

Таблица 4.2

Диаметр прутка, мм	Величина припуска, мм				Диаметр прутка, мм	Величина припуска, мм			
	211	12	13	14		211	12	13	14
до 10	1,5	2	40	2	св. 30 до 50	2	4	50	5
св. 10 до 30	1,5	3	40	5	св. 50 до 80	2	4	50	8

Определение припусков и назначение номинальных размеров плоских заготовок. Номинальные размеры плоских заготовок, соответствующие стандартизованным размерам по сортаменту (по высоте или ширине), определяются с последующим округлением размера до стандартизованного по формуле:

$$B1 = B + 2Z_0$$

где: B1 - расчетный размер заготовки (высота или ширина); B- размер детали по чертежу; Z₀ - припуск на сторону;

Величина припуска - Z₀ выбирается из табл. 4.3, если допуск на размер B не точнее значений 12-го качества, а шероховатость поверхности по параметру Ra - не менее 1,25 мкм.

Припуски на размер B на сторону

Таблица 4.3

Размер обработки, мм	При длине обработки			
	Св. 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	св. 200 до 300
До 10	1,0	1,2	1,5	1,8
Св. 10 до 30	1,3	1,5	1,8	2,0
Св. 30 до 80	1,5	1,6	2,0	2,5
Св.80 до 180	1,6	1,8	2,2	2,8

На основании рассчитанного размера B, (или двух размеров - толщины и ширины или длины) выбирается стандартизованный размер (размеры) по сортаменту. При этом размер заготовки должен быть больше размера детали.

При расчете размера заготовки, получаемого путем отрезки (вырезка заготовки из плиты, отрезка полосы от листа, отрезка мерной заготовки по длине из прутка и т.п.) следует пользоваться формулой:

$$B1 = B + 2Z_0 + l_p + \delta_{\text{заг.}}$$

где B - размер детали по чертежу (или сумма размеров на n деталей при групповой заготовке); Z₀ - припуск на сторону, определяемый по табл. 4.3; l_p - ширина реза (выбирается по табл.4.4);

Величина l_p выбираются из табл. 4.4

Таблица 4.4

Оборудование для резки	Ширина реза l_p , мм при толщине заготовки, мм		
	до 4	св.4 до 12	св.12
Гильотинные ножницы	0	-	-
Рычажные ножницы	-	0	-
Дисковые ножницы	0	0	-
Дисковая пила	-	-	5- 10
Газовая резка	-	-	10
Фрезерный станок (только для цветного материала)	-	4	6

Примечание. Прочерк в графах указывает на неприменимость данного вида оборудования для резки материала.

Если деталь изготавливается методом холодной штамповки из мерной по ширине ленты (полосы), то при однорядном раскрое (см. рис.4.1)

$$A1 = A + Z_0; B1 = B + 2Z1$$

где $A1$, и $B1$ - расчетные размеры заготовки соответственно вдоль и поперек ленты (полосы); A и B - размеры детали соответственно вдоль и поперек ленты (полосы); Z_0 - величина перемычки между деталями вдоль заготовки; $Z1$ - величина боковой перемычки по краю заготовки.

На основании рассчитанного размера $B1$ по сортаменту выбирается стандартный размер ширины заготовки, при этом должно быть выдержано условие $B1 \gg B$, где $B1$ - размер заготовки по сортаменту.



Рис 4.1

4.3 Отливки

Правильный выбор заготовки оказывает существенное влияние на рациональное построение технологического процесса обработки заготовки.

Исходя из необходимости максимального приближения формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали, следует применять прогрессивные методы и способы получения заготовок, такие как литье, ковка, штамповка и т.д.

Прогрессивные способы получения заготовок снижают затраты и повышают качество продукции.

Одним из наиболее распространенных способов получения заготовок является литье, которое применяется для изготовления корпусных и других деталей довольно сложной конфигурации.

В табл.4.5 приведены наиболее используемые методы литья и достижимые параметры.

Таблица 4.5

Метод получения	Наименьшая толщина стенок, мм	Минимальный диаметр отверстия, мм	Квалитет	Шероховатость Rz, мкм
Литье в песчано глинистые формы	сталь 6...8	25	16-17	320-40
	чугун 3...4	10	16-17	
	цветн. 3...8	8-10	15-16	
	сплавы			
Литье в оболочковые формы	сталь 3...4	25	14-15	40-10
	чугун 3...4	10	14-15	
	цветн. 2...2,5	8-10	13-14	
	сплавы			
Литье в кокиль(металлические формы)	сталь 8...10	25	14-15	80-20
	чугун 4...15	10	14-15	
	цветн. 3...6	8-10	13-14	
	сплавы			
Литье по выплавляемым моделям	сталь 1,5	5	13-14	40-10
	чугун 1,0	5	13-14	
	цветн. 0,7...1,5	5	12-13	
	сплавы			
Литье под давлением	цветн. 0,6...1,5	1,5-5	12-13	20-5

Разброс значений минимальных толщин стенок отливок из стали и чугуна зависит от размера отливки, её массы и марки стали материала. Для цветных металлов наименьшее значение толщин стенок имеют отливки из магниевых и алюминиевых сплавов, наибольшее значение у отливок из медных сплавов.

При решении вопроса о применении одного из видов литья для получения заготовки-отливки часто приходится решать вопрос о возможности замены материала, не обладающего литейными свойствами. Иногда приходится решать обратную задачу. В табл. 4.6 даны некоторые рекомендации для таких замен.

Таблица 4.6

Марка материала, применяемого для проката и обработки давлением	Марка материалов-заменителей с литейными свойствами
Сталь: 20 30 40 50	Сталь: 20Л 30Л, 35Л 40Л. 45Л 50Л
Алюминиевые сплавы: Д1, Д1Т, Д16, Д16Т	Алюминиевые литейные сплавы: АЛ2, АЛ3
Латуни: ЛС59-1 Л062-1 ЛК80-3	Латуни: ЛС59-1Л Л062-1Л ЛК80-3Л
Бронза БрОЦС-4-4-2,5 БрОЦЧ-3 БрОЦСЗ-7-5-1 БрОЦС-6-6-3	Бронза БрАЫЦ9-2Л

Поверхности детали, для которой выбирается заготовка, могут выполняться без припуска на механическую обработку, если достижимые точность и шероховатость, соответствуют заданным или грубее их. Исключение составляют те поверхности, которые в последующем служат технологической или конструкторской (основной или вспомогательной) базами и подлежат обработке из соображений применения "чистовой" базы.

4.4 Штамповки и поковки

Ковкой получают поковки простой формы массой до 250 кг. Припуски и допуски на поковки 3-5мм, изготавливаемых на молотах $5\pm 1; 2$ мм, а на поковки, изготавливаемые на прессах 10 ± 3 мм.

С применением штампов(закрытых и открытых) получают поковки массой до 150 кг (главным образом мелкие до 5 кг) с относительно сложной формой с припусками от 3 мм и выше, допуски +1,5 и более.

Горячая штамповка выполняется на молотах и прессах в открытых и закрытых штампах, выдавливанием. гибкой.

Припуск на сторону для поковок, в зависимости от используемого оборудования, массы заготовок, материала: от 0,6 до 6,4 мм. Поля допусков соответственно от 0,6 до 11 мм.

5. Базы и базирование заготовок

5.1 Назначение баз

Технологическая база - это поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, принадлежащая заготовке и используемая для определения ее положения в процессе изготовления. Базирование при механической обработке - это придание заготовке с помощью комплекта баз требуемого положения для ее обработки. В значительной степени маршрут операций технологического процесса предопределяется выбором и назначением комплектов технологических баз.

Комплект баз для деталей, не являющихся телами вращения, определяется, как правило, тремя базами: установочной, лишающей деталь трех степеней свободы; направляющей, лишающей деталь двух степеней свободы; и опорной, лишающей деталь одной степени свободы. В некоторых случаях для базирования таких деталей, а также для базирования деталей - тел вращения служат базы: двойная направляющая, лишающая деталь четырех степеней свободы, и двойная опорная, лишающая деталь двух степеней свободы в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Графические обозначения баз, а в ряде случаев - опор, зажимов и установочных элементов, приводятся на операционных эскизах операционных карт технологических процессов, а также на сборочном чертеже оснастки.

5.2 Правила выбора баз

При выборе и назначении технологических баз необходимо соблюдать следующие основные правила.

1. Поверхность, принимаемая за технологическую базу, должна по возможности являться одновременно и конструкторской (основной или вспомогательной) базой, т.е. технологическая база должна совпадать с конструкторской (правило совмещения баз). Конструкторской называется база, используемая для определения положения детали в изделия. В случае невозможности определения конструкторской базы по этому признаку (т.е. при отсутствии сборочного чертежа) за конструкторскую базу следует принимать поверхность, определяемую размером до обрабатываемой поверхности. В приведенных на рис.5.1 примерах поверхности, обозначенные знаком " V ", являются либо конструкторскими базами, либо измерительными.

При использовании их в качестве технологических баз они обеспечивают отсутствие погрешности базирования. При несовпадении технологической базы с конструкторской и измерительной появляется погрешность базирования, величину которой необходимо определять расчетом.

2. Для определения точности взаиморасположения поверхностей детали, подлежащих обработке в разных операциях технологического процесса, желательно сохранять в них постоянно установочную технологическую базу (рис.4,2). Это правило называется правилом постоянства баз.

3. В качестве установочной технологической базы применять по возможности наиболее протяженные и наиболее точно и чисто обработанные поверхности.

4. Необработанные поверхности применять в качестве технологических установочных (черновых) баз только для первых операций технологического процесса.

5. При использовании черновых баз не допускать на их поверхности наличия следов литников, выпоров, облоя и других следов.

6. При выборе черновых баз для первой операции желательно использование таких поверхностей заготовки, которые будут оставаться необработанными после окончательной обработки детали.

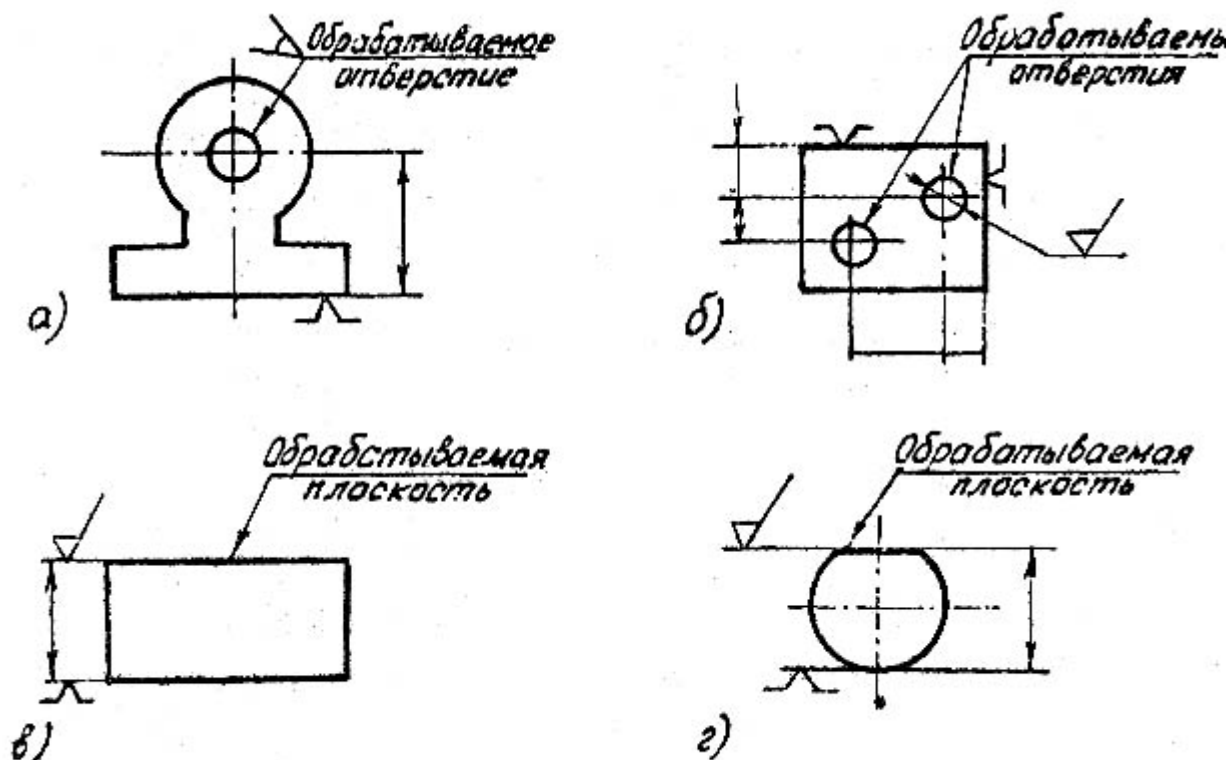


Рис.5.1

На рисунках показаны наиболее распространенные схемы установки и базирования деталей при выполнении различных операций механической обработки резанием, с двумя видами схем обозначения баз. Теоретические схемы базирования следует использовать только для эскизов на сборочных чертежах приспособлений.

Схемы установки, базирования и закрепления заготовок для оформления операционных эскизов в маршрутах операций и технологических карт. При оформлении операционных эскизов скрытые базы разрешается не указывать.



Рис. 5.2

5.3 Пересчет размеров при смене баз

Если при разработке маршрута операций технологического процесса выявляется, что конструкторская база не может быть использована и необходимо выбрать технологическую базу, не совпадающую с конструкторской, то, во избежание возникновения погрешности базирования необходим пересчет размеров.

Пример. В вилке кронштейна (рис.5.3) требуется фрезеровать паз, выдерживая размеры 1, 2, 3. Вспомогательной конструкторской базой, от которой конструктором задан размер 1 глубины паза 12Н14, является линия N - образующая полуцилиндра. В качестве технологической установочной базы выбирается плоскость - M. Требуется определить размер X, допуск на него σ_X и предельные отклонения, которые позволят несмотря на смену базы, обеспечить наладкой станка автоматическое достижение установленного конструктором размера глубины паза и заданных на него допуска и предельных отклонений.

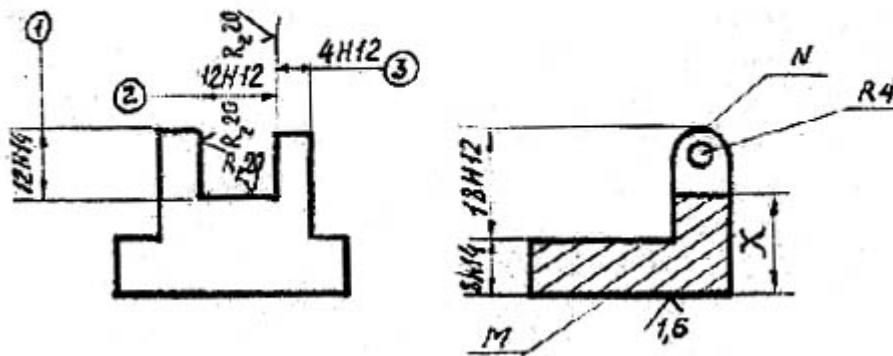


Рис.5.3

Из размерной цепи (рис. 5.4.) находим:

$$X = A_1 + A_2 - A_0 = 8 + 18 - 12 = 14 \text{ мм.}$$

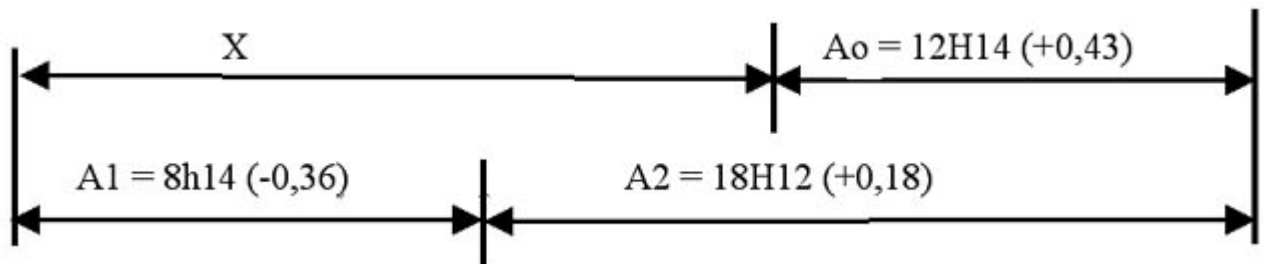


Рис.5.4

Уравнение цепи следует решать относительно размера - A_0 точность которого технолог обязан обеспечить в пределах отклонений, заданных конструктором.

Размер A_0 в то же время является замыкающим звеном технологической размерной цепи, так как он получается последним в процессе обработки кронштейна. Тогда: $oA_0 = oA_1 + oA_2 + oX$, откуда получаем: $oX = oA_0 - oA_1 - oA_2 = 0,43 - 0,36 - 0,18 < 0$.

Значение допуска не может быть отрицательным. В то же время оно должно быть в пределах экономической точности фрезерования плоскости торцевой фрезой, т.е. оно не должно выходить в данном случае за пределы 11-го качества.

В данном случае следует ужесточить допуск на один из составляющих размеров цепи. Это можно сделать по отношению к размеру A_1 , заменив для него грубый допуск 14-го качества на 12-й, что даст новое значение допуска $oA_1 = 0.15$ мм. Пересчитаем значение $oX = 0,43 - 0.15 - 0,18 = 0.10$, что можно допустить (экономическая точность фрезерования - 0,11 мм).

Отмечая, что размеры A1 и A2 являются увеличивающими размерами размерной цепи, а размер X - уменьшающим, находим:

$ESA_0 = esA_1 + ESA_2 - eiX$, откуда

$eiX = esA_1 + ESA_2 - ESA_0$ и тогда

$eiX = 0 + 0,18 - 0,43 = - 0,25\text{мм}, \quad - 0,15$

$esX = eiX + o = - 0,25 + 0,10 = - 0,15\text{мм},$ и $X = 14 - 0,25$.

Во избежание назначения специальной скобы для измерения этого размера выбираем посадку, наиболее близко подходящую к отклонениям размера.

Находим, что допуск на размер X соответствует полю допуска 11 квалитета.

При рассчитанных таким образом отклонениях размера X размер A0 будет колебаться в следующих пределах:

$ESA_0 = esA_1 + ESA_2 - eiX = 0 + 0,18 + 0,26 = 0,44;$

$EIA_0 = eiA_1 + EIA_2 - esX = - 0,15 + 0 + 0,15 = 0$.

Полученное отклонение, выходящее из пределов заданного конструктором допуска на 0,01 мм, допустимо.

5.4 Общая классификация баз

Все многообразие поверхностей деталей сводится к четырем видам:

1) исполнительные поверхности - поверхности, при помощи которых деталь выполняет свое служебное назначение;

2) основные базы - поверхности, при помощи которых определяется положение данной детали в изделии;

3) вспомогательные базы - поверхности, при помощи которых определяется положение присоединяемых деталей относительно данной;

4) свободные поверхности - поверхности, не соприкасаемые с поверхностями других деталей.

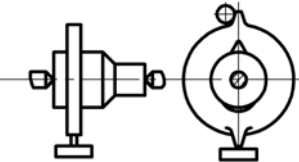
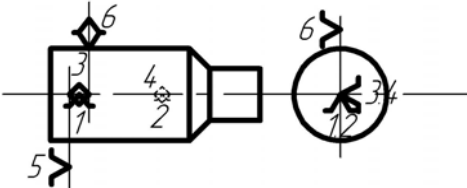
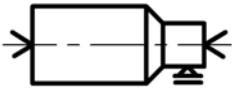
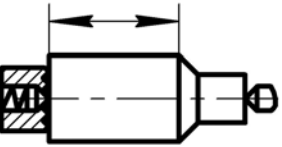
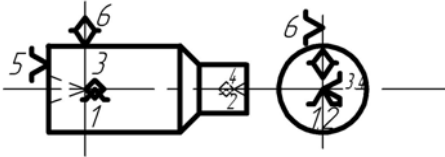
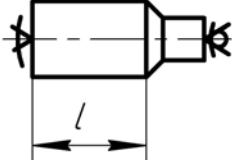
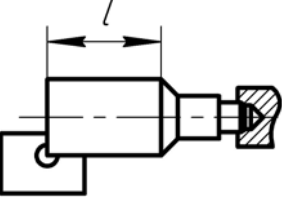
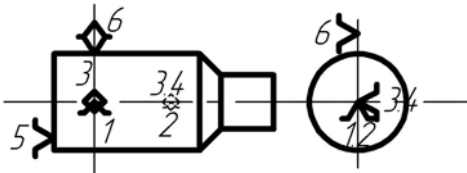
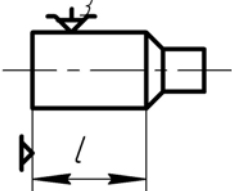
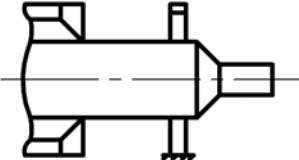
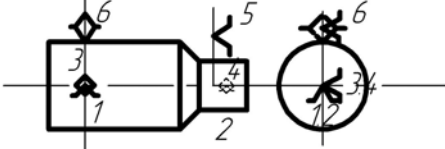
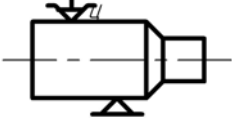
Конструкторская база – основная или вспомогательная база используется в изделии для определения положения детали в выбранной системе координат.

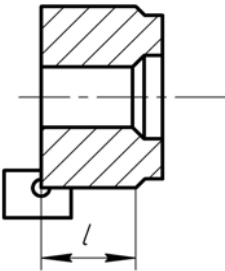
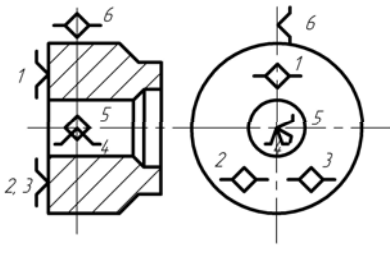
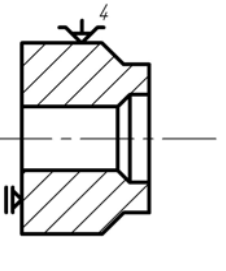
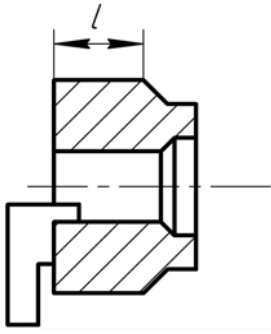
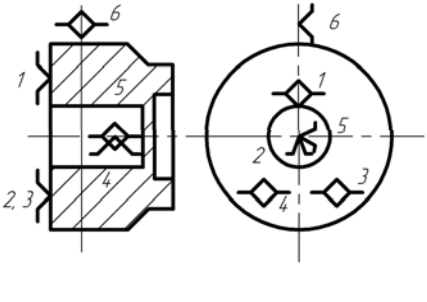
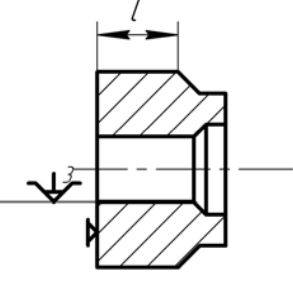
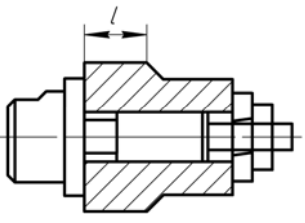
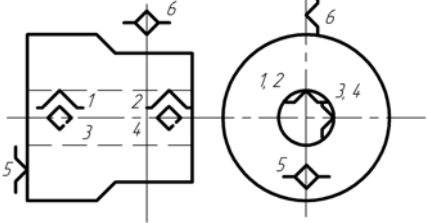
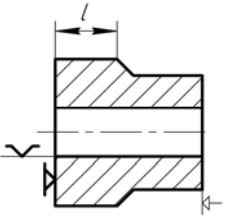
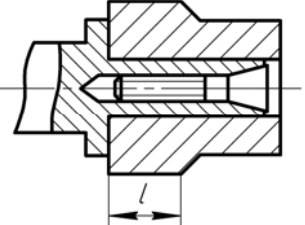
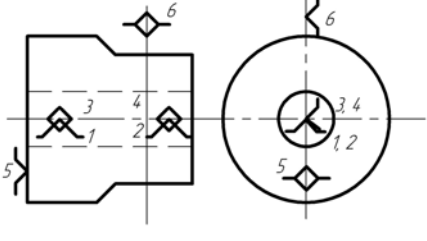
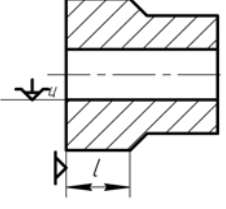
Технологическая база - база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта.

Общая классификация баз имеет следующий вид:

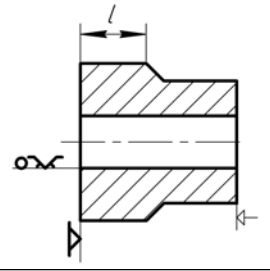
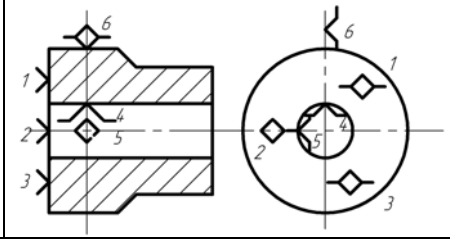
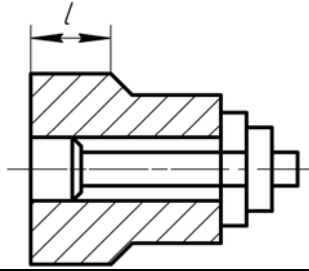
А. По назначению:	Б. По лишаемым степеням свободы:	В. По характеру проявления:
конструкторская	установочная	скрытая
- основная	направляющая	явная
- вспомогательная	опорная	
технологическая	двойная направляющая	
измерительная	двойная опорная	

Таблица 5.1

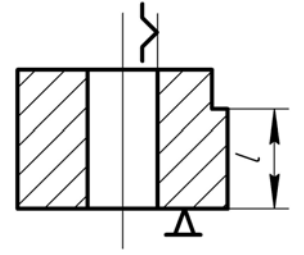
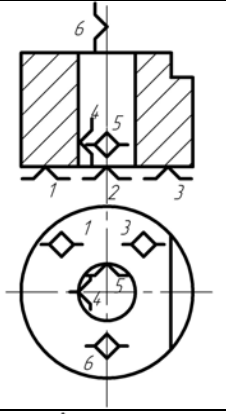
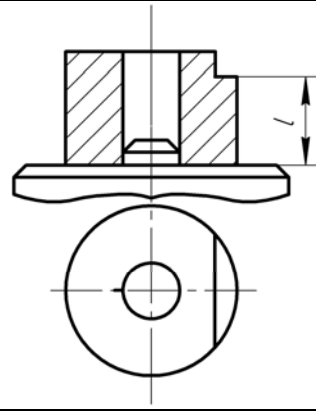
Наименование	Схема установки	Теоретическая Схема базирования	Обозначение опор, зажимов и установочных устройств
1	2	3	4
В центрах с поводковым патроном и подвижным люнетом			
В центрах с упорным рифленным плавающим и вращающимся центрами			
В трехкулачковом патроне с упором в торец и с обратным центром			
В цанговом патроне без упора в торец с неподвижным люнетом			

<p>В трехкулачковом патроне с базированием (с вращающимся упором) по торцу</p>			
<p>В трехкулачковом патроне с базированием по торцу</p>			
<p>На цилиндрической оправке с зазором и упором в торец</p>			
<p>На цанговой оправке с упором в торец</p>			

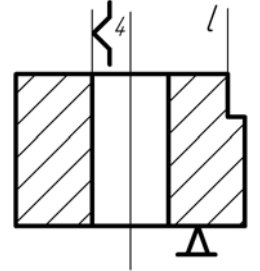
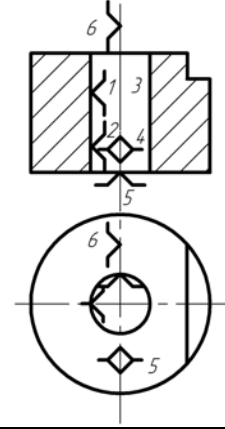
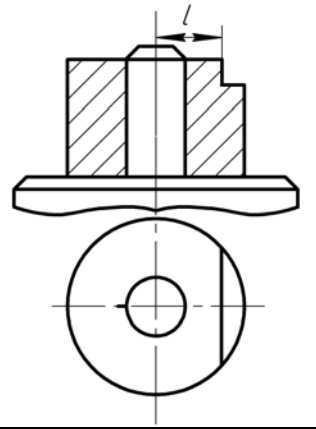
На резьбовой оправке
(короткой) с базированием
по торцу



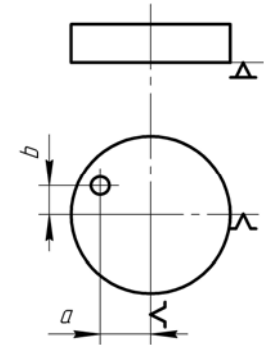
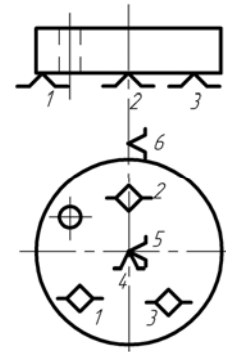
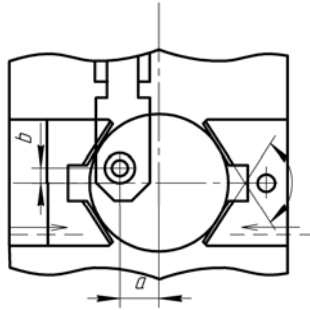
В приспособлении на
низком пальце с
базированием по торцу



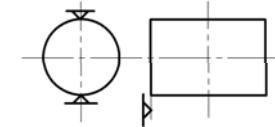
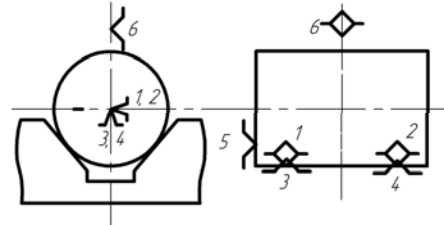
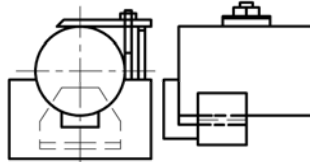
В приспособлении на
высоком пальце с упором в
торец



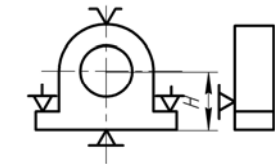
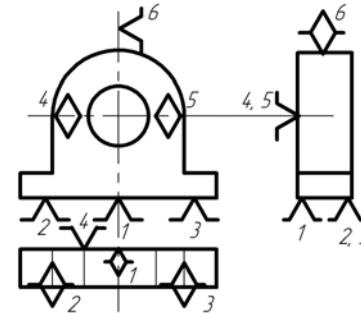
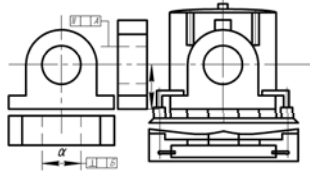
В приспособлении при
выдерживании
координатных размеров от
осей



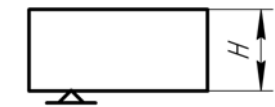
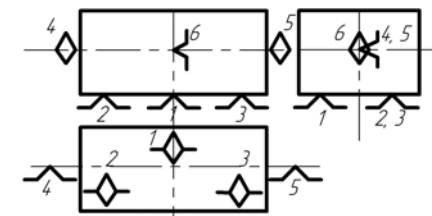
В приспособлении по
призме (или двух коротких
призмах) с упором в торец

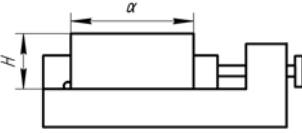
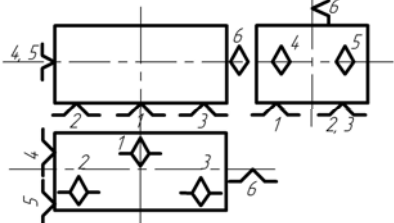
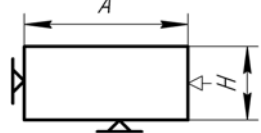
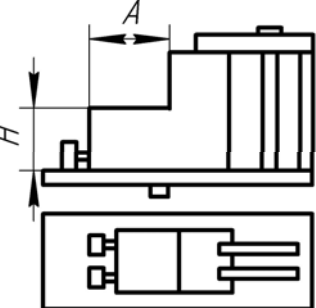
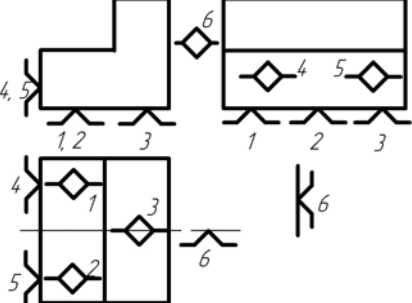
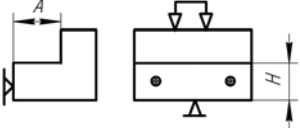
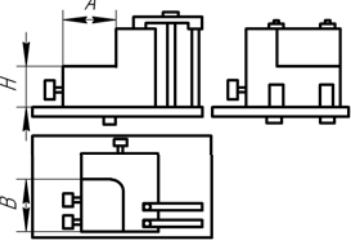
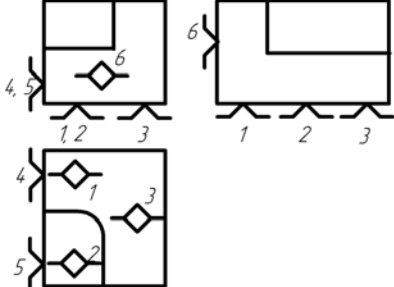
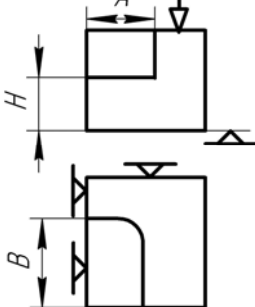
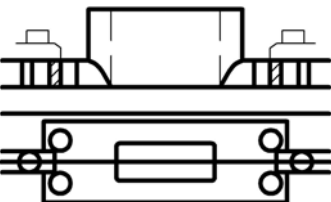
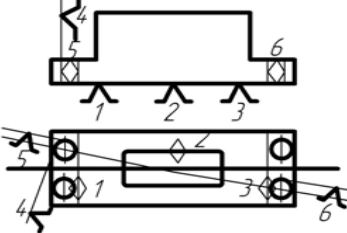
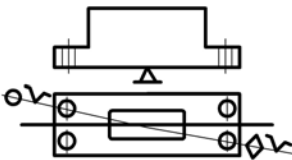


В токарном
приспособлении при
расточке отверстия с
заданными размерами и
соотношениями



На магнитном столе при
обработке плоскости с
выдерживанием размера
только по высоте



<p>В тисках при обработке плоскостей с выдерживанием размеров в двух координатах</p>			
<p>В тисках (или приспособлении) при обработке плоскостей с выдерживанием размеров в двух координатах</p>			
<p>В тисках (или приспособлении) при обработке плоскостей с выдерживанием размеров в трех координатах</p>			
<p>В приспособлении при базировании по плоскости и двум отверстиям</p>			
<p>Примечание: в операционных эскизах технологических процессов схемы выполняются по ГОСТУ 31107-81</p>			

6. Выбор маршрута обработки заготовки

Определение последовательности технологических операций
Разработка технологического процесса изготовления детали представляет собой сложную задачу с большим числом возможных решений.

Общая схема технологического процесса изготовления детали может быть представлена в виде последовательных приближений к показателям детали в соответствии с требованиями чертежа. Этапы приближения: операции 1-го приближения (заготовительные); операции 2-го приближения (черновая обработка); операции 3-го приближения (чистовая обработка); операции 4-го приближения (отделочные работы). Подобный методический подход объясняется тем, что на стадии черновой обработки появляются сравнительно большие погрешности, вызываемые деформациями, возникающими в процессе резания, а также значительным нагревом заготовки. Кроме того, вынесением отделочных операций в конец маршрута уменьшают риск случайного повреждения окончательно обработанных поверхностей в процессе транспортировки. Также учитывается то, что черновую обработку могут выполнять рабочие более низкой квалификации на изношенном оборудовании.

При установлении общей последовательности обработки сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы. Затем обрабатывают остальные поверхности в последовательности, обратной степени их точности. Изложенный принцип построения маршрута, однако, не во всех случаях обязателен. При жесткой заготовке и малых размерах обрабатываемых поверхностей окончательную обработку отдельных элементов можно выполнять и в начале маршрута. Данный принцип, кроме того, в известной степени противоречит принципу концентрации обработки, когда в одной операции можно совместить переходы черновой и чистовой обработок.

Если деталь подвергают термической обработке, то технологический процесс изготовления детали расчленяют на две части: до термообработки и после нее. Для устранения возможных деформаций часто приходится предусматривать правку деталей или обработку отдельных поверхностей после термообработки.

Последовательность обработки зависит от назначенных конструкторских баз.

После операции механообработки, как правило, назначают контрольную операцию.

Последовательность операций также может измениться, если деталь обрабатывается по типовому или групповому процессу.

Составление технологического маршрута обработки детали предшествует оформлению технологического процесса на картах и ведется в черновой тетради, с последующим изложением в пояснительной записке (для курсовых проектов).

При разработке двух или нескольких вариантов маршрутов (изготовление детали из разных заготовок, на разном оборудовании и т.п.) выбирается наиболее экономичный в данных производственных условиях. Если его определить затруднительно, то проводится соответствующий экономический расчет. В маршрут включаются все операции.

Технологический маршрут изготовления детали, утвержденный руководителем, служит основанием для разработки технологического процесса на операционных картах.

Маршрутную карту рекомендуется оформлять после завершения работы над операционными картами, так как в процессе проектирования первоначально выбранный маршрут нередко подвергается вынужденной корректировке.

7. Разработка содержания операций

Разработка содержания операций означает последовательность переходов в операции.

Каждая технологическая операция может быть описана на отдельном документе - на операционной карте. В учебном проектировании механообрабатывающие операции обязательно следует оформлять на операционных картах. Операционная карта разрабатывается для серийного и массового производства и является дополнением к маршрутной карте.

В операционной карте указываются последовательность выполнения переходов, данные о технологическом оснащении, технологических режимах и трудовых затратах. Разработка технологической операции начинается с выявления элементарных поверхностей, обработка которых должна осуществляться определенным инструментом, т.е. с расчленения операции на переходы. В табл. 7.1 приведены схемы обработки поверхностей на различных станках.

Полную запись переходов следует применять, если нет операционного эскиза. При наличии операционного эскиза следует применять сокращенную запись. Операционный эскиз служит графической иллюстрацией к обработке заготовки. На эскизе изображается заготовка в той стадии обработки, которая достигается после данной операции. Эскиз выполняется на операционной карте.

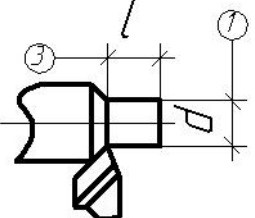
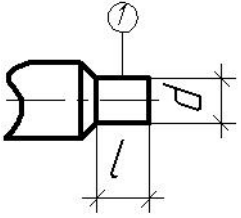
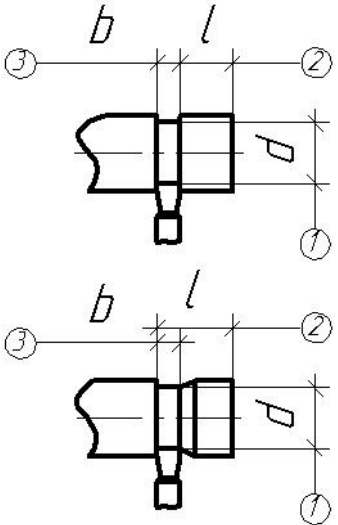
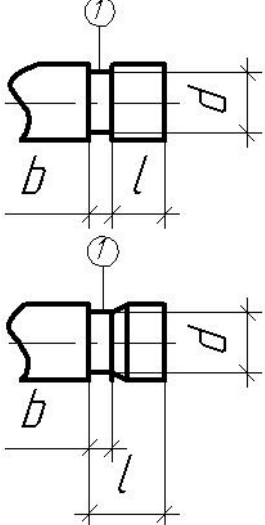
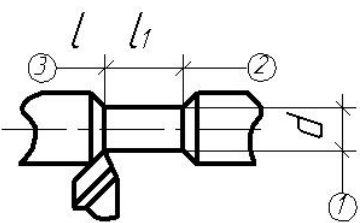
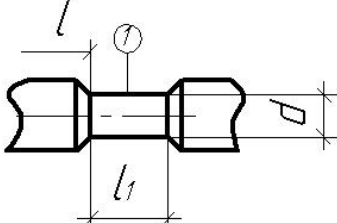
В тех случаях, когда эскиз очень сложен, он может выполняться и на отдельном листе, в виде приложения к операционной карте.

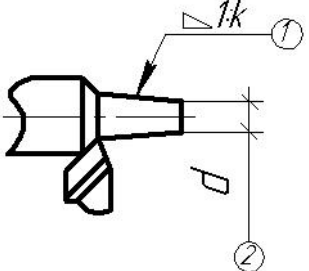
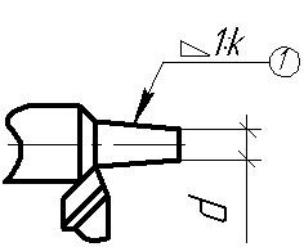
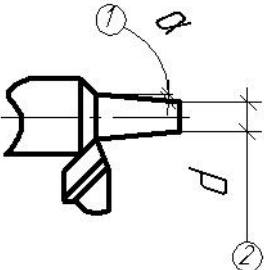
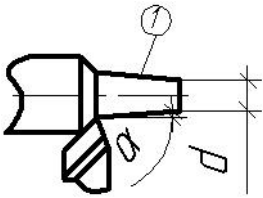
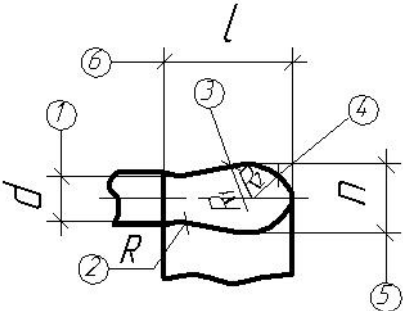
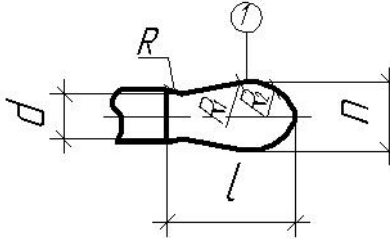
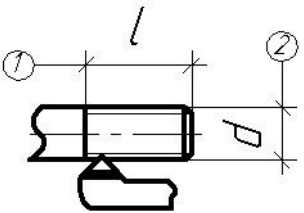
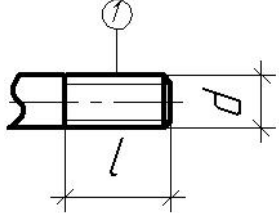
Переходы содержат указания - какими инструментами можно получить каждую элементарную поверхность в зависимости: от требуемой точности и шероховатости. Одновременно с этим определяется количество проходов с расчетом глубины резания для каждого прохода (см. расчет припусков и режимы обработки).

После определения содержания переходов рассматривают возможность сокращения количества инструментов, возможность применения нескольких инструментов в одной наладке и в связи с этим - сокращения количества проходов и переходов.

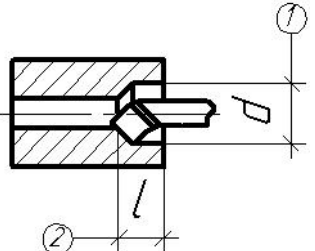
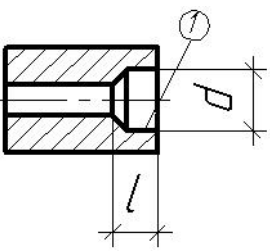
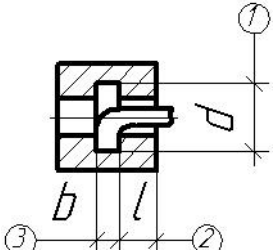
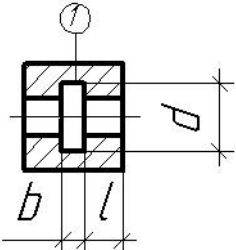
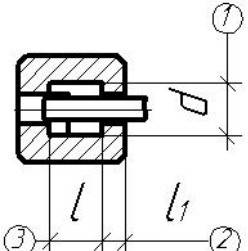
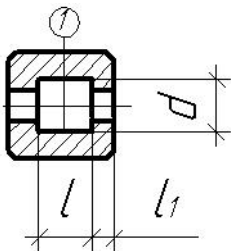
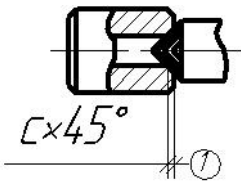
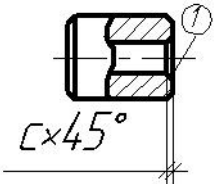
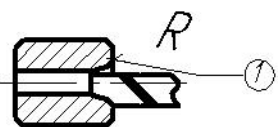
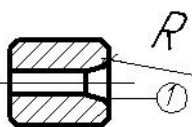
В процессе разработки переходов следует учесть, что одновременная обработка нескольких поверхностей обеспечивает соосность данных поверхностей с более высокой точностью.

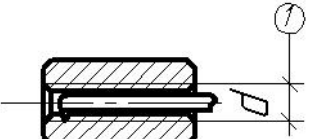
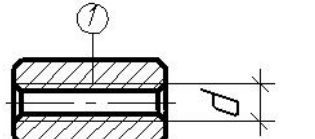
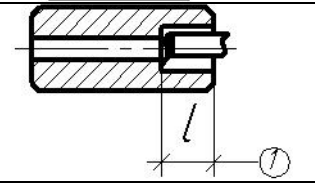
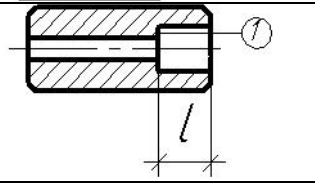
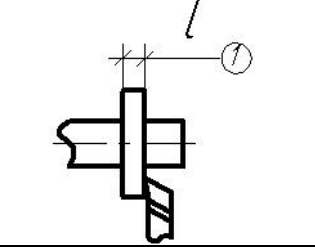
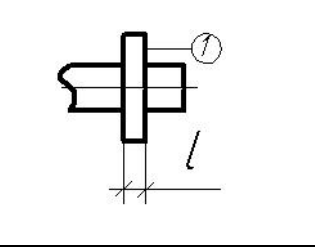
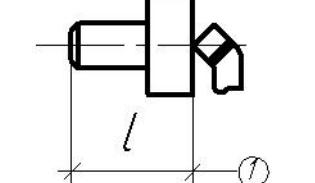
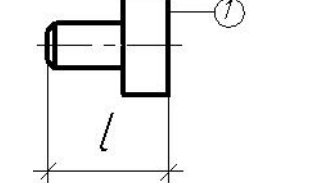
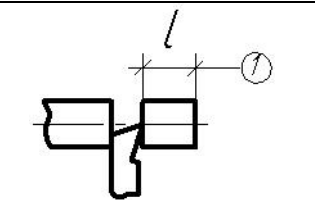
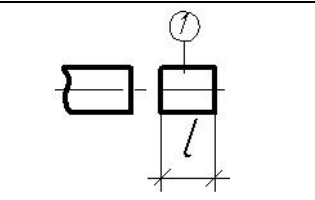
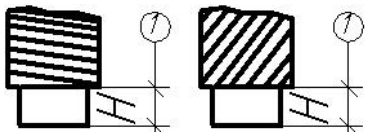
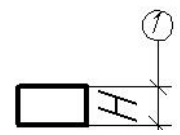
Операция может содержать один и более установов, а также один и более переход. Сначала рассматривают и определяют количество и последовательность установов, а потом - переходов. Для каждого установова выполняется отдельный эскиз с указанием номера установова.

Схемы обработки поверхностей	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
1	2	3	4
Токарные и сверлильные работы			
	<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку, выдерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Точить (шлифовать, довести, полировать и т. п.) канавку 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку, выдерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку 1</p>

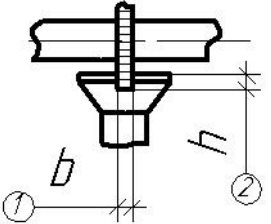
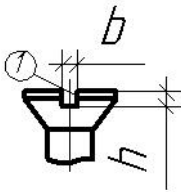
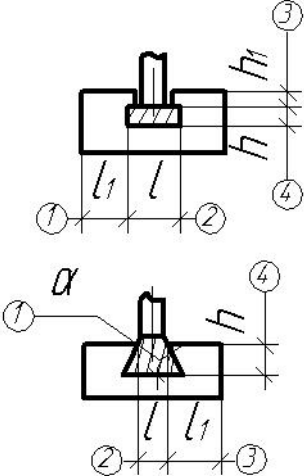
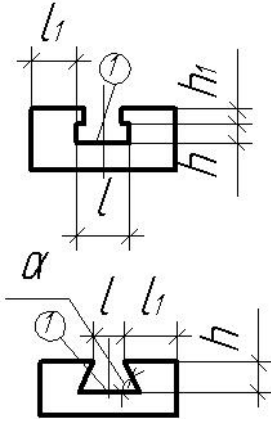
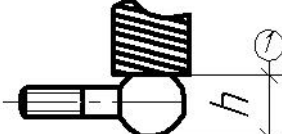
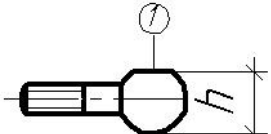
	<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) криволинейную поверхность, выдерживая размеры 1 - 6</p>		<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) криволинейную поверхность 1</p>
	<p>Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т. п.) резьбу, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Нарезать (фрезеровать, накатать, и т. п.) резьбу 1</p>

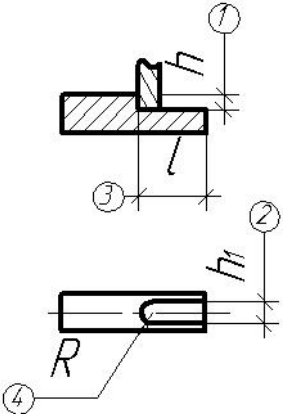
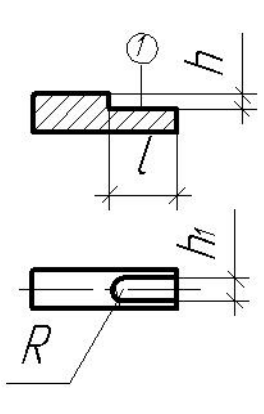
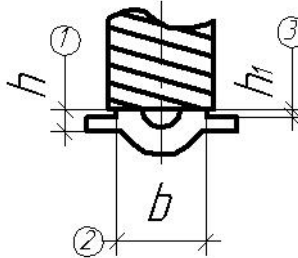
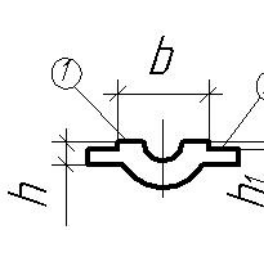
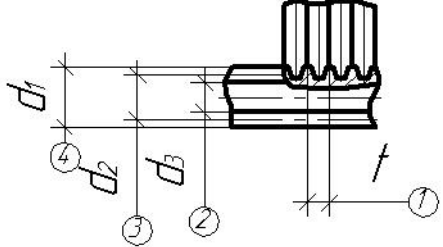
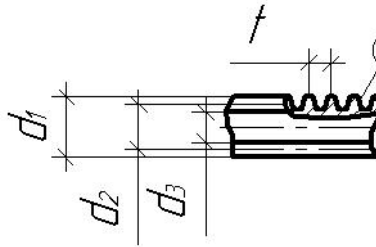
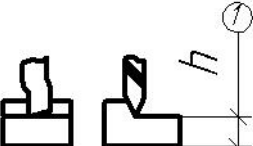
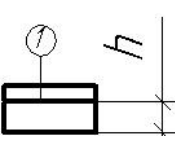
	<p>Накатать рифление, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Накатать рифление 1</p>
	<p>Центровать отверстие</p>		<p>Центровать отверстие</p>
	<p>Центровать торец, выдерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Центровать торец 1</p>
	<p>Сверлить (зенкеровать, развернуть и т. п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Сверлить (зенкеровать, развернуть и т. п.) отверстие 1</p>
	<p>Сверлить (рассверлить, зенкеровать, и т. п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Сверлить (рассверлить, зенкеровать, и т. п.) отверстие 1</p>

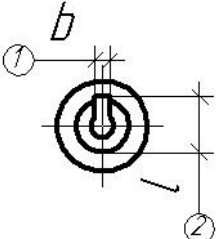
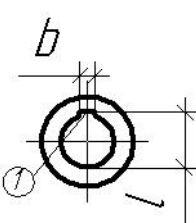
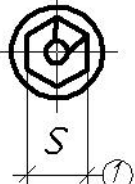
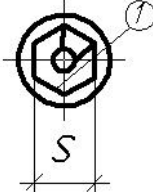
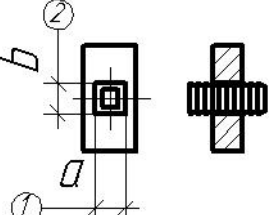
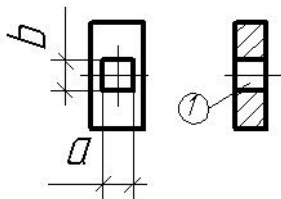
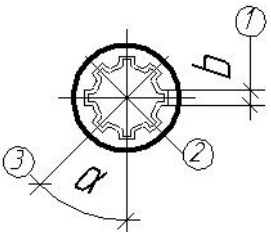
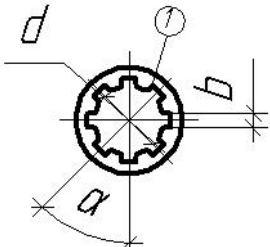
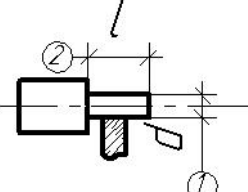
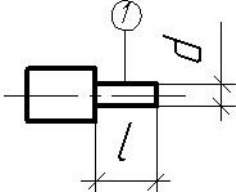
	<p>Расточить (зенкеровать, шлифовать и т. п.) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Расточить (зенкеровать, шлифовать и т. п.) отверстие 1</p>
	<p>Расточить канавку, выдерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Расточить канавку 1</p>
	<p>Расточить (полировать, довести и т. п.) выточку, выдерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Расточить (полировать, довести и т. п.) выточку 1</p>
	<p>Зенковать (шлифовать, полировать и т. п.) фаску, выдерживая размер 1</p>		<p>Зенковать (шлифовать, полировать и т. п.) фаску 1</p>
	<p>Расточить (зенковать, шлифовать, полировать и т. п.) галтель, выдерживая размер 1</p>		<p>Расточить (зенковать, шлифовать, полировать и т. п.) галтель 1</p>

	Нарезать (шлифовать, довести и т. п.) резьбу, выдерживая размер 1		Нарезать (шлифовать, довести и т. п.) резьбу 1
	Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) дно отверстия, выдерживая размер 1		Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) дно отверстия 1
	Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец буртика, выдерживая размер 1		Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец буртика 1
	Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец, выдерживая размер 1		Подрезать (шлифовать, полировать и т. п.) торец 1
	Отрезать деталь (заготовку), выдерживая размер 1		Отрезать деталь (заготовку) 1
Фрезерные работы			
	Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) поверхность, выдерживая размер 1		Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) поверхность 1

	<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) фаску, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т. п.) фаску 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>Фрезеровать (строгать, шлифовать, протянуть и т. п.) галтель, выдерживая размер 1</p>		<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать, протянуть и т. п.) галтель 1</p>
	<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать, протянуть и т. п.) паз, выдерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать, протянуть и т. п.) паз 1</p>
	<p>Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Фрезеровать шпоночный паз 1</p>

	<p>Фрезеровать (протянуть) шлиц, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Фрезеровать (протянуть) шлиц 1</p>
	<p>Фрезеровать (протянуть) паз, выдерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Фрезеровать (протянуть) паз 1</p>
	<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать, и т. п.) лыску, выдерживая размер 1</p>		<p>Фрезеровать (строгать, шлифовать, и т. п.) лыску 1</p>

	<p>Фрезеровать паз по разметке, выдерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Фрезеровать паз 1 по разметке</p>
	<p>Фрезеровать (шлифовать, полировать и т. п.) поверхности, выдерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Фрезеровать (шлифовать, полировать и т. п.) поверхности 1 и 2</p>
	<p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т. п.) червяк, выдерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т. п.) червяк 1</p>
Строгальные, долбежные, протяжные и прошивочные работы			
	<p>Строгать (шлифовать и т. п.) поверхность, выдерживая размер 1</p>		<p>Строгать поверхность 1</p>

	<p>Долбить (протянуть) шпоночный паз, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Долбить (протянуть) шпоночный паз 1</p>
	<p>Долбить (протянуть) шестигранник, выдерживая размер 1</p>		<p>Долбить (протянуть) шестигранник 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>Протянуть шлицы, выдерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Протянуть шлицы 1</p>
Шлифовальные и доводочные работы			
	<p>Шлифовать (полировать, суперфиниговать) поверхность, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Шлифовать (полировать, суперфиниговать) поверхность 1</p>

	<p>Шлифовать (полировать) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Шлифовать (полировать) отверстие 1</p>
	<p>Шлифовать (полировать, суперфининговать) конус, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Шлифовать (полировать, суперфининговать) конус 1</p>
	<p>Шлифовать поверхность, выдерживая размер 1</p>		<p>Шлифовать поверхность 1</p>
	<p>Хонинговать отверстие, выдерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Хонинговать отверстие 1</p>

Зуборезные работы

	<p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т. п.) зубья, выдерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т. п.) зубья 1</p>
	<p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, зачистить и т. п.) зубья, выдерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Фрезеровать (долбить, строгать, протянуть, закруглить, шевинговать, притереть, обкатать, зачистить и т. п.) зубья 1</p>

8. Расчет межоперационных припусков

Припуском называется слой металла, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

При механической обработке заготовки заданные чертежом формы, размеры и качество поверхностного слоя достигаются последовательно за несколько операции или переходов.

Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон квалитетов, допусков, размеров, параметров шероховатости и глубины дефектного слоя.

Для черновых операций (переходов) обработка связана с точностью исходной заготовки, для чистовых – с точностью выполнения предшествующих операций(переходов).

Точность на каждой последующей операции (переходе) обработки данного элемента поверхности обычно повышается при черновой обработке на один – три квалитета, при чистовой – на один- два квалитета точности. Для деталей из чугуна и цветных сплавов размеры обрабатываемых поверхностей выдерживают на один квалитет точнее, чем для деталей из стали, обрабатываемых в аналогичных условиях.

Среднеэкономические точности для различных методов обработки и переходов при обработке приведены в табл.8.1

Обработка плоских поверхностей

Таблица 8.1

Обработка лезвийным инструментом													
строгание и долбление						фрезерование							
черновое		чистовое		тонкое		черновое		полу-чистовое		чистовое		тонкое	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
13...11	12.5..3.2	12...10	1.6...0.8	10...9	1.6...0.2	13...11	12.5..3.2	12...10	3.2..1.6	10...8	1.6..0.8	8...6	1.6..0.2

Обработка лезвийным инструментом							
протягивание				шабрение			
черновое		чистовое		ручное		механическое	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
11...10	3.2...1.6	9...6	1.6...0.4	7...6	0.63...0.08	8...7	0.8...0.1

Обработка абразивным инструментом									
шлифование						доводка			
черновое		чистовое		тонкое		предварительная		окончательная	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
9...8	1.6...0.4	8...7	0.4...0.1	7...6	0.2...0.05	5...4	0.63...0.16	4...3	0.32...0.04

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

Таблицы позволяют назначить припуски независимо от технологического процесса детали и условий его осуществления и поэтому, в общем случае, являются завышенными и содержат резервы снижения расхода материала и трудоемкости изготовления детали.

Значения припусков на обработку для различных операций приведены в табл., 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8.

Припуски на обработку для различных операций

Операционные припуски на обтачивание, мм

Таблица 8.2

Интервалы размеров	Черновое обтачивание		Чистовое обтачивание			
	термически необработанных и обработанных материалов		термически необработанных материалов		термически обработанных материалов	
	длина					
	до 200	св.200 до 400	до 200	св.200 до 400	до 200	св.200 до 400
	припуск на диаметр					
от 3 до 6	-	-	0.5	-	0.8	-
св. 6 до 10	1.5	1.7	0.8	1.0	1.0	1.3
10...18	1.5	1.7	1.0	1.3	1.3	1.5
18...30	2.0	2.0	1.3	1.3	1.3	1.5
30...50	2.0	2.2	1.4	1.5	1.5	1.9
50...80	2.3	2.5	1.5	1.8	1.8	2.0
80...120	2.5	2.8	1.5	1.8	1.8	2.0
120...180	2.5	2.8	1.8	2.0	2.0	2.3
180...260	2.8	3.0	2.0	2.3	2.3	2.5
260...360	3.0	3.3	2.0	2.3	2.3	2.5

Операционные припуски на тонкое растачивание, мм

Таблица 8.3

Интервалы размеров	Припуски на диаметр при растачивании					
	алюминия		бронзы и чугуна		стали	
	предварит.	окончат.	предварит.	окончат.	предварит.	окончат.
до 30	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
св. 30 до 50	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
50...80	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
80...120	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
120...180	0.5	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1

Операционные припуски на зенкерование, растачивание и развертывание, мм

Таблица 8.4

Интервалы диаметров	После сверления				После зенкерования или растачивания		Чистовое развертывание после чернового
	зенкерование	растачивание	чистовое растачивание	развертывание	развертывание	черновое развертывание	
от 3 до 6	-	-	-	0.15	-	0.15	0.05
св.6 до 10	-	-	-	0.2	0.2	0.2	0.1
10...18	0.8	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1
18...30	1.2	1.2	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1
30...50	1.5	1.5	1.0	-	-	-	-
50...80	-	2.0	1.0	-	-	-	-
80...120	-	2.0	1.3	-	-	-	-
120...180	-	2.0	1.5	-	-	-	-

Операционные припуски на фрезерование плоскостей, мм

Таблица 8.5

Толщина	Черновое фрезерование после грубого						Чистовое фрезерование после чернового					
	ширина до 200 мм			ширина св.200 до 400 мм			ширина до 200 мм			ширина св.200 до 400 мм		
	припуск на толщину при длине											
	до 100	св. 100 до 260	св. 260 до 400	до 100	св. 100 до 260	св. 260 до 400	до 100	св. 100 до 260	св. 260 до 400	до 100	св. 100 до 260	св. 260 до 400
6...30	1.0	1.2	1.5	1.2	1.5	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
30...50	1.0	1.5	1.7	1.5	1.5	2.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2	1.2
50...	1.5	1.7	2.0	1.7	2.0	2.5	1.0	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5

Операционные припуски на наружное шлифование, мм

Таблица 8.6

Интервалы диаметров	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 3	
	Окончател. шлифование термически обработанных и необработанных заготовок	шлифование после термообработки		черновое шлифование до термообработки	чистовое шлифование после термообработки
		черновое	чистовое		
припуск на диаметр					
3...6	0.2	0.15	0.05	-	-
6...10	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
10...18	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
18...30	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4
30...50	0.4	0.3	0.1	0.3	0.4
50...80	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
80...120	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
120...180	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8
180...260	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8
260...360	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8

Операционные припуски на внутреннее шлифование, мм Таблица 8.7

Интервалы диаметров	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 3	
	Окончательн. шлифование термически обработанных и необработанных заготовок	шлифование после термообработки		черновое шлифование до термообработки	чистовое шлифование после термообработки
		черновое	чистовое		
Припуск на диаметр					
6...10	0.2	-	-	-	-
10...18	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
18...30	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
30...50	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4
50...80	0.4	0.3	0.1	0.3	0.4
80...120	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
120...180	0.5	0.3	0.2	0.5	0.5

Операционные припуски на шлифование поверхностей, мм Таблица 8.8

Толщина	1-й вариант					2-й вариант									
	окончательное шлифование термически обработанных и необработанных заготовок					шлифование после термообработки									
						черновое					чистовое				
	ширина до 250		ширина св.250 до 400			ширина до 250		ширина св.250 до 400			ширина до 250		ширина св.250 до 400		
	припуск на толщину при длине														
до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	
6...30	0.3	-	0.3	-	-	0.2	-	0.2	-	-	0.1	-	0.1	-	-
30...50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
50...	0.5	-	0.5	-	-	0.3	-	0.3	-	-	0.2	-	0.2	-	-

Расчетно-аналитический метод припусков предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим операциям (переходам) обработки данной поверхности заготовки (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих размеры заготовки.

Расчетной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемой операции (переходе) погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующей операции (переходе) и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемой операции (переходе).

Промежуточные размеры, определяющие размеры заготовки рассчитывают с использованием минимального припуска.

Минимальный припуск при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск) Z_{min}

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

где: Rz_{i-1} - высота неровностей профиля на предшествующей операции (переходе);

h_{i-1} - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующей операции (переходе);

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - суммарные отклонения расположения поверхности отклонения расположения поверхности и отклонения формы поверхности на предшествующей операции (переходе)

ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемой операции (переходе)

Минимальный двусторонний припуск при параллельной обработке противоположных поверхностей из выражения

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

Значения Rz_{i-1} , h_{i-1} , $\Delta_{\Sigma i-1}$, берут из справочной литературы.

Суммарные отклонения рассчитывают как

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\Delta_d + \Delta_b + \Delta_c}$$

где, Δ_d , Δ_b , Δ_c - отдельные отклонения расположения и формы поверхностей.

ε_i больше всего зависит от погрешности установки заготовки и определяется как векторная сумма погрешности закрепления.

Расчетные данные согласно маршруту обработки заготовки заносятся в табл. 8.9

Таблица 8.9

Технологический маршрут обработки заготовки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск Z_{min} , мкм (Z_{min})	Расчетный минимальный размер, мм	Допуск на изготовление T_d , мкм	Принятые (округленные) размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	Rz	h	Δ	ε							

9. Расчет режимов резания

9.1 Общие рекомендации

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Элементы режима резания обычно устанавливаются в порядке указанном ниже.

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 СПИЗ, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке – в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

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

$$V_{тб} = \frac{C_v}{T^m t^x s^y}$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени m , x , y содержащихся в этой формуле, так же как и период стойкости T инструмента, применяемого для конкретного вида обработки, приведены в таблицах для каждого вида обработки.

Вычисленная с помощью табличных данных скорость резания $V_{тб}$ получена при определенном виде обработки, конкретных материалах режущей кромки резца и заготовки, в определенном диапазоне подач. Поэтому для получения действительного значения скорости резания V с учетом конкретных значений упомянутых факторов вводится поправочный коэффициент K_v . Тогда действительная скорость резания $V = V_{тб} K_v$, где K_v – произведение ряда коэффициентов. Важнейшими из них, общими для различных видов обработки, являются:

K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 9.1, 9.2, 9.3);

K_{pv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки (табл. 9.4);

K_{iv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента (табл. 9.5)

Поправочный коэффициент K_{MV} для стали и чугуна, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания Таблица 9.1

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$
Серый чугун	$K_{MV} = K_r \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_V}$
Ковкий чугун	$K_{MV} = K_r \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_V}$

Приведенные в таблице σ_B и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания. Коэффициент K_r , характеризующий группу стали по обрабатываемости и показатель степени n_V см. в табл.9.2

Таблица. 9.2

Обрабатываемый материал	Коэф. для инструмента		Показатели степени n_V , при обработке								
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами				
	из быстрореж. стали	из твердого сплава	из быстрореж. стали	из твердого сплава	из быстрореж. стали	из твердого сплава	из быстрореж. стали	из твердого сплава			
Сталь углеродист. ($C \leq 0,6 \%$) σ_{MV} , МПа: < 450 450...550 > 550	1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 1,0	-1,0 1,75 1,75	1,0	-0,9 -0,9 0,9	1,0	-0,9 -0,9 0,9	1,0			
повышенной и высокой обрабатываемости резанием хромистая	1,2	1,1	1,75		1,05		-				
углеродистая ($C > 0,6 \%$)	0,85	0,95	1,75		1,45		1,35				
хромоникелевая, хромомолибдено-ванадиевая	0,8	0,9	1,5								
хромомарганцовистая, хромокремнистая, хромокремне-марганцовистая, хромоникель-молибденовая, хромомолибдено-алюминиевая	0,7	0,8	1,25								
Чугун: серый ковкий	- -	- -	1,7 1,7		1,25 1,25		1,3 1,3		1,3 1,3	0,95 0,85	1,25 1,25

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

Таблица 9.3

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

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

Таблица 9.4

Состояние поверхности заготовки					
без корки	с коркой				
	прокат	поковка	стальные и чугунные отливки при корке		медные и алюминиевые сплавы
			нормальной	загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8 – 0,85	0,5 – 0,6	0,9

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

Таблица 9.5

Обрабатываемый материал	Зависимость коэффициента K_{IV} в зависимости от инструментального материала						
	T5K12B	T5K10	T14K8	T15K6	T15K6	T30K4	BK8
Сталь конструкционная	0,35	0,65	0,8	1,00	1,15	1,4	0,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8	T5K10	T15K6	P18	–		
	1,0	1,4	1,9	0,3			
Серый и ковкий чугун	BK8	BK6	BK4	BK3	BK2	–	
	0,83	1,0	1,1	1,15	1,25		
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	P6M5	BK4	BK6	9XC	XBG	Y12A	–
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5	

9.2 Точение

Глубина резания t при черновом точении и отсутствии ограничений по мощности оборудования, жесткости системы СПИЗ принимается равной припуску на обработку; при чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем.

При параметре шероховатости обработанной поверхности Ra 3,2 включительно $t = 0,5 \dots 2,0$ мм; $Ra \geq 0,8$ мкм, $t = 0,1 \dots 0,4$ мм.

Подача s при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИЗ, прочности режущей пластины и прочности державки. Рекомендуются подачи при черновом наружном точении приведены в табл. 9.6, а при черновом растачивании – в табл. 9.7

Подачи при чистовом точении выбираются в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца (табл. 9.8)

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров паза, диаметра обработки (табл. 9.9)

Скорость резания V (м/мин): при наружном продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывается по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v$$

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v$$

Среднее значение стойкости T при одноинструментальной обработке 30 – 60 мин. Значения коэффициента C_v , показателей степеней x, y и m приведены в табл. 9.10

Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

Таблица 9.6

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал							
		Сталь конструкционная углеродистая и легированная				Чугун, медные и алюминиевые сплавы			
		Подача s , мм/об, при глубине резания t , мм							
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12
До 20	От 16 x 25 до 25 x 25	0,3–0,4	–	–	–		–		–
Св. 20 до 40	От 16 x 25 до 25 x 25	0,4–0,5	0,3–0,4			0,4–0,5			
» 40 » 60	От 16 x 25 до 25 x 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 x 25 до 25 x 40	0,6–1,2	0,5–1,1	0,5–0,9		0,8–1,4	0,7–1,2	0,6–1,0	
» 100 » 400	От 16 x 25 до 25 x 40	0,8–1,3	0,7–1,2	0,6–1,0		1,0–1,5	0,8–1,9	0,8–1,1	
					0,4–0,8				0,5–0,9
					0,5–0,9				0,6–0,9

Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам державки и менее прочным обрабатываемым материалам.

Подача при черновом растачивании на токарных станках резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

Таблица 9.7

Резец или оправка		Обрабатываемый материал					
Диаметр круглого сечения резца или размеры прямоугольного сечения оправки, мм	Вылет резца или оправки, мм	Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная			Чугун, медные и алюминиевые сплавы		
		Подача s , мм/об, при глубине резания t , мм					
		2	3	5	2	3	5
10	50	0,08	–	–	0,12–0,16	–	–
12	60	0,10	0,08	0,1	0,12–0,20	0,12–0,18	0,1–0,18
16	80	0,1–0,2	0,15		0,20–0,30	0,15–0,25	
20	100	0,5–0,8	0,15–0,25	0,12	0,3–0,4	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	–	0,5–0,8	0,3–0,8

Подачи, мм/об, при чистовом точении

Таблица 9.8

Шероховатость 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

Подачи даны для обработки сталей с $\sigma_B = 700 \dots 900$ МПа и чугунов; для сталей с $\sigma_B = 500 \dots 700$ МПа значения подач умножить на коэффициент $K_s = 0,45$; для сталей с $\sigma_B = 900 \dots 1100$ МПа значения подач умножить на коэффициент $K_s = 1,25$

Подачи, мм/об, при прорезании пазов и отрезании

Таблица 9.9

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь конструкционная углеродистая и легированная	Чугун, медные и алюминиевые сплавы
До 20	3	0,06–0,08	0,11–0,14
Св. 20 до 40	3–4	0,1–0,12	0,16–0,19
» 40 » 60	4–5	0,13–0,16	0,20–0,24
» 60 » 100	5–8	0,16–0,23	0,24–0,32

Значение коэффициента C_v и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами Таблица 9.10

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
<i>Обработка конструкционной углеродистой стали $\sigma_s = 750$ МПа</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	T15K6	s до 0,3 s св. 0,3 до 0,7 s > 0,7	350	0,15	0,20	0,20
			290		0,35	
			280		0,45	
Отрезание	T5K10 P18	-	47	-	0,80	0,20
			23,7		0,66	0,25
Нарезание крепежной резьбы	T15K6	-	244	0,23	0,30	0,20
<i>Обработка серого чугуна, 190 НВ</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK6	s ≤ 0,40 s > 0,40	292	0,15	0,20	0,20
			243		0,40	
Отрезание	BK6	-	68.5	-	0,40	0,20
<i>Обработка ковкого чугуна, 150 НВ</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK8	s ≤ 0,40 s > 0,40	317	0,15	0,20	0,20
			215	0,15	0,45	0,20
Отрезание	BK6	-	86	-	0,40	0,20
<i>Обработка медных гетерогенных сплавов средней твердости, 100 ... 140 НВ</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18	s ≤ 0,20 s > 0,20	270	0,12	0,25	0,23
			182		0,30	
<i>Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_s = 100...200$ МПа, НВ ≤ 65; дюралюминия, $\sigma_s = 300...400$ МПа, НВ ≤ 100</i>						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18	s ≤ 0,20 s > 0,20	485	0,12	0,25	0,28
			328		0,50	

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.

При токарной обработке наряду с поправочным коэффициентом $K_{\text{ив}}$, учитывающим влияние инструментального материала на скорость резания необходимо учитывать влияние параметров резца.

Коэффициенты, учитывающие влияние параметров резца на скорость резания

Таблица 9.11

Главный угол в плане φ°	Коэффициент $K_{\varphi v}$	Вспомогательный угол в плане φ_1°	Коэффициент $K_{\varphi 1 v}$	Радиус при вершине резца r^* , мм	Коэффициент $K_{r v}$
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.

Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках приведены отдельно в табл. 19.12

Режимы резания при тонком точении и растачивании

Таблица 9.12

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части инструмента	Шероховатость поверхности Ra , мкм	Подача, мм/об	Скорость резания, мм/мин
Сталь: $\sigma_B < 650$ МПа $\sigma_B = 650 \dots 800$ МПа $\sigma_B > 800$ МПа	Т30К4	1,25–0,63	0,06–0,12	250–300 150–200 120–170
Чугун: 149...163 НВ 156...229 НВ 170...241 НВ	ВК3	2,–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

Глубина резания 0,1–0,15 мм.

Меньшие значения параметра шероховатости поверхности соответствуют меньшим подачам.

9.3 Сверление. Рассверливание. Зенкерование. Развертывание

Глубина резания. При сверлении глубина резания $t=0,5D$ (рис. 9.1, а), при рассверливании, зенкеровании и развертывании $t=0,5(D-d)$ (рис. 9.1, б).

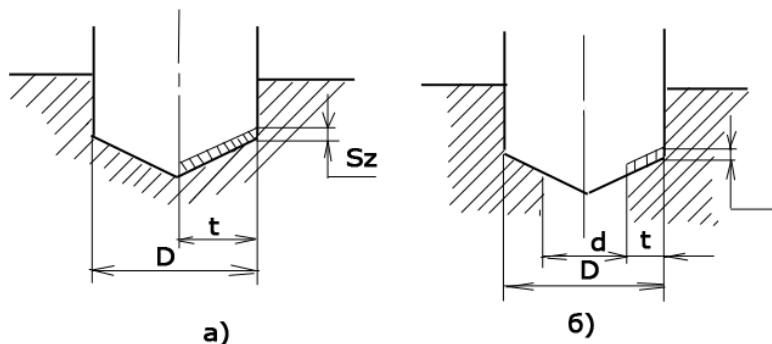


Рис.9.1. Схема резания при сверлении

Подача. При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую по прочности сверла подачу (табл. 9.13). При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена до 2 раз. При наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны.

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

Таблица 9.13

Диаметр сверла D , мм	Сталь				Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	$HB < 160$	$160 \dots 240 HB$	$240 \dots 300 HB$	$HB > 300$	$HB \leq 170$	$HB > 170$
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
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

Приведенные подачи применяют при сверлении отверстий глубиной $l \leq 3D$ с точностью не выше 12-го качества в условиях жесткой технологической системы. В противном случае вводят поправочные коэффициенты на глубину отверстия от 0,9 при $l \leq 5D$ до 0,75 при $l \leq 10D$.

Подачи при зенкерованием приведены в табл. 9.14, а при развертывании в табл. 9.15.

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

Таблица 9.14

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, $HB \leq 200$ 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 $HB > 200$	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

Приведенные значения подачи применять для обработки отверстий с допуском не выше 12-го качества. Для достижения более высокой точности (9-11 качества), а также при подготовке отверстий под следующую обработку их одной разверткой или под нарезание резьбы метчиком вводить поправочный коэффициент $K=0,7$.

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

Таблица 9.15

Обрабатываемый материал	Диаметр развертки D , мм									
	До 15	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, $HB \leq 200$ и медные сплавы	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5,0
Чугун $HB > 200$	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8

Подачу следует уменьшать:
при чистовом развертывании в один проход с точностью по 9-11-му квалитетам и параметром шероховатости поверхности $Ra=3.2...6.3$ мкм или при развертывании под полирование и хонингование, умножая на коэффициент $K=0,8$.

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

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

а при рассверливании, зенкерования, развертывании

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

Значения коэффициентов C_v и показателей степени для сверления приведены в табл. 9.16 для рассверливания, зенкерования и развертывания - в табл. 9.17, а значения периода стойкости T – в табл. 9.18

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Таблица 9.16

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача $s, \text{мм/об}$	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			C_v	q	y	m	
Сталь конструкционная высокоуглеродистая, $\sigma_B=750$ МПа	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,40	0,70	0,20	Есть
		$> 0,2$	9,8		0,50		
Сталь жаропрочная 12X18H9T, 141 HB		-	3,5	0,50	0,45	0,12	
Чугун серый, 190 HB	VK8	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,12	Нет
		$> 0,3$	17,1		0,40	5	
	VK8	-	34,2	0,45	0,30	0,20	
Чугун ковкий, 150 HB	P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,12	Есть
	VK8	$> 0,3$	25,3		0,40	5	
	VK8	-	40,4	0,45	0,3	0,20	Нет
Медные гетерогенные сплавы средней твердости, 100...140 HB	P6M5	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,12	Есть
		$> 0,3$	32,6		0,40	5	
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_B=100...200$ МПа, $HB \leq 65$; дюралюминий, $HB \leq 100$	P6M5	$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,12	Есть
		$> 0,3$	40,7		0,40	5	

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при рассверливании, зенкерования и развертывании

Таблица 9.17

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					Охлаждение
			C_v	q	x	y	m	
Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_B=750$ 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	0,4	
Конструкционная закаленная сталь, $\sigma_B=1600...1800$ МПа, 49...54 HRC	Зенкерование	T15K6	10,0	0,6	0,3	0,6	0,45	
	Развертывание		14,0	0,4	0,75	1,05	0,85	
Серый чугун, 190 HB	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, 150 HB	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

Средние значения периода стойкости сверл, зенкеров и разверток

Таблица 9.18

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 сталь	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	-
		Твердый сплав	8	15	20	25	35	45	-	-
	Коррозионностойкая сталь	Быстрорежущая сталь	6	8	15	25	-	-	-	-
Сверло (сверление и рассверливание)	Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	25	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
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

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

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

где K_{MV} - коэффициент на обрабатываемый материал (см. табл. 9.1-9.3); K_{IV} - коэффициент на инструментальный материал (см. табл. 9.5); K_{lv} - коэффициент, учитывающий глубину сверления (см. табл. 9.19). При рассверливании и зенкерования литых или штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент K_{IV} (табл. 9.4.)

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

Таблица 9.19

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

9.4 Фрезерование

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы (рис. 9.2). Её размеры определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя. Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшей величины, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

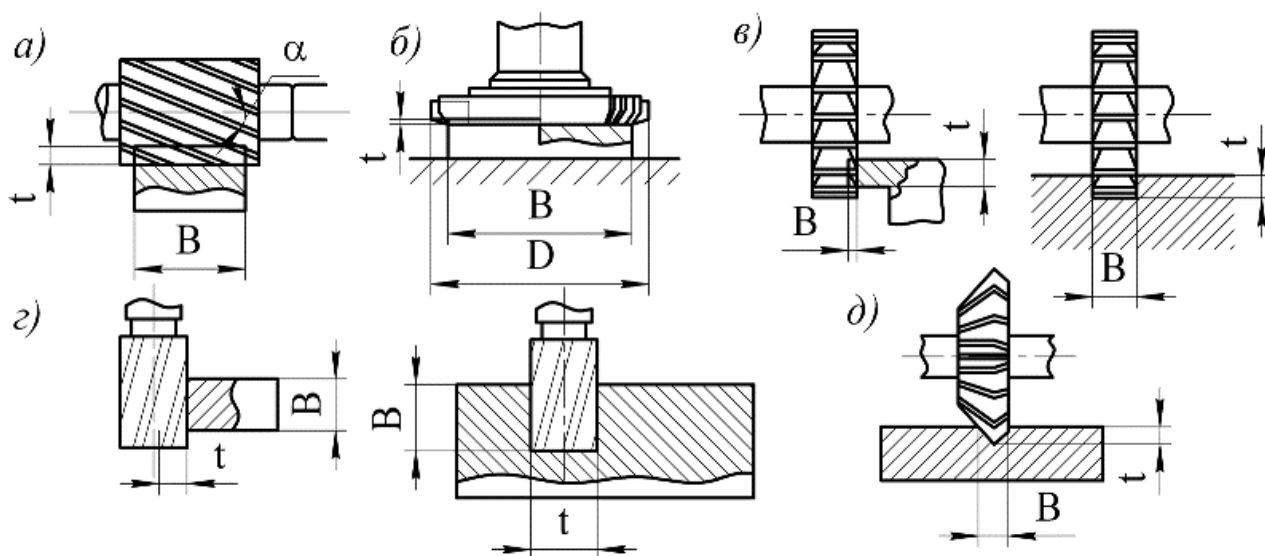


Рис. 9.2 Виды фрезерования.

Глубина фрезерования t и ширина фрезерования B – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании (см. рис. 9.2). Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой; t измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании; B измеряют в направлении, параллельном оси фрезы. При торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами.

Подача. При фрезеровании различают подачу на один зуб, подачу на один оборот фрезы s и подачу минутную s_M , которые находятся в следующем соотношении:

$$s_M = sn = s_z z n ,$$

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

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб s_z , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы s , по которой для дальнейшего

использования вычисляют величину подачи на один зуб $s_z = s / z$.
 Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания
 приведены в табл. 9.20 – 9.22

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

Таблица 9.20

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	0,15-0,25	0,30-0,50	0,30-0,40	0,40-0,60
	Пониженная	0,10-0,15	0,20-0,30	0,20-0,30	0,25-0,40
5 – 10	Повышенная	0,12-0,20	0,30-0,50	0,25-0,40	0,30-0,50
	Средняя	0,08-0,15	0,20-0,40	0,12-0,20	0,20-0,30
	Пониженная	0,06-0,10	0,15-0,25	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	0,04-0,06	0,10-0,20	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	0,06-0,10	0,15-0,30	0,06-0,10	0,10-0,15
	Пониженная	0,04-0,08	0,10-0,20	0,06-0,08	0,08-0,12
До 5	Средняя	0,04-0,06	0,12-0,20	0,05-0,08	0,06-0,12
	Пониженная	0,03-0,05	0,08-0,15	0,03-0,06	0,05-0,10

Большие значения подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшие –
 для больших значений глубины и ширины.

Подачи при фрезеровании стальных заготовок различными фрезами из быстрорежущей стали

Таблица 9.21

Диаметр фрезы D, мм	Фрезы	Подача на зуб s, мм, при глубине фрезерования t, мм								
		3	5	6	8	10	12	15	20	30
16	Концевые	0,08-0,05	0,06-0,05	-	-	-	-	-	-	-
20		0,10-0,06	0,07-0,04	0,08-0,04 0,10-0,05						
25		0,12-0,07	0,09-0,05							
35		0,16-0,10	0,12-0,07							
40	Угловые и фасонные	0,08-4,04	0,07-0,05	0,06-0,04 0,12-0,05	0,08-0,05	-	-	-	-	-
		0,20-0,12	0,14-0,08	0,07 0,06-0,03						
40	Концевые Угловые и фасонные Прорезные	0,09-0,05	0,07-0,05	0,01-0,007 0,13-0,08 0,07-0,04	0,08-0,05	-	-	-	-	-
		0,009-0,005	0,007-0,003		0,06-0,03					
		0,25-0,15	0,15-0,10		-					
50	Концевые Угловые и фасонные Прорезные	0,10-0,06	0,08-0,05	0,012-0,008	0,10-0,07	-	-	-	-	-
		0,010-0,006	0,008-0,004	0,07-0,04	0,06-0,03					
		0,10-0,06	0,08-0,05	0,015-0,01	0,012-0,008					
60	Угловые и фасонные Прорезные Отрезные	0,013-0,008	0,010-0,005	0,025-0,015	0,06-0,04	0,05-0,03	-	-	-	-
		0,12-0,08	-	0,09-0,05	0,015-0,01	0,022-0,012				
75	Угловые и фасонные Прорезные Отрезные	-	0,10-0,06	0,025-0,01	0,07-0,05	0,06-0,04 0,02-0,01 0,025-0,01	0,06-0,03 0,017-0,008 0,022-0,01	0,015-0,007 0,02-0,01	-	-
		-	0,15-0,005	0,03-0,015	0,022-0,01					
		-	0,12-0,05	0,11-0,05	0,027-0,012					
90	Угловые и фасонные Отрезные	0,12-0,08	-	0,03-0,02	0,10-0,05	0,09-0,04	0,08-0,04	0,07-0,03	0,05-0,03	-
		-		0,03-0,02	0,028-0,016					
110	Отрезные	-	-	-	-	-	0,023-0,015 0,025-0,02	0,022-0,012 0,025-0,02	0,023-0,013 0,025-0,015	-
150-200		-	-	-	-	-	-	0,03-0,02	0,028-0,016	0,02-0,01

При фрезеровании чугуна, медных и алюминиевых сплавов подачи могут быть увеличены на 30-40%

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

Таблица 9.22

Диаметр шероховатости поверхности Rz, 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	-	-	-	-	-	-	-	

Скорость резания - окружная скорость фрезы, м/мин,

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y B^u z^p} K_v \text{ ---}$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в табл. 9.23, а периода стойкости T - в табл. 9.24.

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

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 9.1-9.3) K_{pv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 9.4); K_{iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента (табл. 9.5)

Таблица 9.23

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании.

Фрезы	Материал режущей части	Операция	Параметры срезаемого			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
			B	t	S _Z	C _v	q	x	y	и	p	т
Обработка конструкционной и углеродистой стали δB= 750 МПа												
Торцовые	T15K6*1	Фрезеровани е плоскостей	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	P6M5*2		-	-	≤0,1 >0,1	64,7 41	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
Цилинд- рические	T15K6*1		≤35	≤2	-	390	0,17	0,19	0,28	-	0,1	0,33
			>35	>2	-	443	0,17	0,38	0,28	0,05	0,1	0,33
				≤2 >2		616 700		0,19 0,38		0,08		
	P6M5*2		-	-	≤0,1 >0,1	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые цельные	P6M5*2	-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2 0,33	
Концевые цельные	P6M5*2	-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	ОЛ			
Прорезные и отрезные	P6M5*2	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

Обработка серого чугуна, 190 НВ

Торцовые	ВК6*1	Фрезерование плоскостей	-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	Р6М5*1		-	-	-	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилиндрические	ВК6*1		-	<2,5	≤0,2	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,14	0,42
					>0,2	588	0,37	0,40	0,47	0,23	0,14	0,42
					≤0,2	1180			0,19			
	>0,2				750			0,47				
	Р6М5*1		-		≤0,15	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
					>0,15	27			0,6			
Дисковые со вставными ножами	Р6М5*1	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	-	85	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Дисковые цельные	Р6М5*1		-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15

Обработка ковкого чугуна, 150 НВ

Торцевые	ВК6*1	Фрезерование плоскостей	-	-	≤0,18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33
					>0,18	695			0,32			
	Р6М5*2		-	-	≤0,1	90,05	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
					>0,1	57,4			0,4			
Цилиндрические	Р6М5*2		-	-	≤0,1	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
					>0,1	49,5			0,4			
Дисковые со вставными ножами	Р6М5*2	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	≤0,1	105,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
					>0,1	68			0,4			
Дисковые	Р6М5*2		-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевые	Р6М5*2	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	Р6М5*2	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, 100 ... 140 НВ

Торцевые	Р6М5*1	Фрезерование плоскостей	-	-	0,1	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
						0,1	86,2			0,4		
Цилиндрические	Р6М5*1		-	-	0,1	115,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
					0,1	74,3			0,4			
Дисковые	Р6М5*1	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	-	114	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2

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
Концевые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	103	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33
Прорезные и отрезные	P6M5*1	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	111.3	0.25	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2

Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_B = 100 \dots 200$ МПа, $HB \leq 65$ и дюралюминия, $\sigma_B = 300 \dots 400$ МПа, $HB \leq 100$

Торцовые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей	-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	245 155	0.25	0.1	0.2 0.4	0.15	0.1	0.2
Цилиндрические	P6M5*1		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	208 133.5	0.45	0.3	0.2 0.4	0.1	0.1	0.33
Дисковые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей и уступов и пазов	-	-	-	259	0.25	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
Концевые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	185.5	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33
Прорезные и отрезные	P6M5*1	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	200	0.25	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2

Средние значения стойкости T фрез

Таблица 9.24

Фрезы	Стойкость T , мин при диаметре фрезы, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцовые	-		120	180				240		300	400	
Цилиндрические С крупн. 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	-					

9.5 Шлифование

Разработку режимов резания при шлифовании начинают с установления характеристики инструмента. Инструмент при шлифовании различных конструкционных и инструментальных материалов выбирают по данным, приведенным в справочниках /1,2/.

Основные параметры резания при шлифовании: V_3 , м/мин, - скорость вращательного или поступательного движения заготовки; t , мм, - глубина шлифования, определяемая слоем металла, снимаемого 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; продольная подача S - перемещение шлифовального круга в направлении его оси в миллиметрах на один оборот заготовки при круглом шлифовании или в миллиметрах на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга; V_k , м/сек, - скорость круга.

Параметры резания при различных видах шлифования конструкционных и инструментальных сталей приведены в табл. 9.25.

Таблица 9.25

Характеристика процесса шлифования	Скорость круга V_k , м/сек	Скорость заготовки V_3 , м/мин	Глубина шлифован. t , мм	Продольн подача S	Радиальн. подача S_p , мм/об
Круглое наружное шлифование					
С продольной подачей на каждый ход:	30-35				
предварительное		12-25	0.01-0.025	(0.3-0.7)В	
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					
предварительное		30-50			0.002-0.075
окончательное		20-40			0.001-0.005
Круглое внутреннее шлифование					
На станках общего назначения:					
предварительное	30-35	20-40	0.005-0.02	(0.4-0.7)В	
окончательное			0.0025-0.01	(0.2-0.4)В	

Плоское шлифование периферией круга					
На станках с круглым столом: предварительное окончательное	30=35	20-60	0.005-0.015	(0.3-0.6)В	
		40-60	0.005-0.01	(0.2-0.3)В	
На станках с прямоугольным столом: предварительное окончательное	30-35	8-30	0.015-0.04	(0.4-0.7)В	
		15-20	0.005-0.015	(0.2-0.3)В	
Плоское шлифование торцом круга					
На станках с прямоугольным столом: предварительное окончательное	25-30	4-12	0.015-0.04		
		2-3	0.005-0.01		
На станках с круглым столом с вертикальной подачей на каждый оборот : предварительное окончательное	25-30	10-40	0.015-0.03		
		10-40	0.005		

10. Выбор оборудования

Вид оборудования и конкретная модель подбирается в основном в соответствии с ее размерными и точностными характеристиками для выполнения конкретной детали-операции.

В настоящее время существует достаточно большое количество фирм предлагающих свои услуги на рынке по оборудованию. На кафедре, в вычислительной сети, находится небольшой каталог оборудования, но студентам рекомендуется использовать имеющиеся возможности в сети Интернет.

Ниже приведены некоторые фирмы и их сайты по продаже оборудования.

АСМ-Сервис	Продажа электроэрозионных и фрезерных станков фирмы Jiten. Установка, обучение, гарантийное и послегарантийное обслуживание. Запасные части и расходные материалы.
ЛенСтанкоМаш	Производство качественных, высокоточных и надёжных металлорежущих станков и кузнечно-прессового оборудования.
ООО «Ивтехсервис»	Станки токарно-винторезные ЧПУ
ООО РОССТАН	Станки: токарные, сверлильные, шлифовальные, Зубообрабатывающие, Фрезерные. Кузнечно-прессовое и Ленточнопильное оборудование.
ООО Росстанкосервис	Широкий спектр различных — токарных, фрезерных, шлифовальных, сверлильных и расточных станков, прессов, листогибов и гильотин со склада в Санкт-Петербурге и под заказ.
ООО Станки и инструменты	Металлорежущее оборудование станки - токарно-винторезные, фрезерные, сверлильные, отрезные, заточные, шлифовальные, трубогибочные и другие. кузнечнопрессовое оборудование - листогибочные машины, гильотинные ножницы, правильно-отрезные автоматы, пресс-ножницы, прессы новые и б/у, молоты ковочные и многое другое.
ООО Станкопром СПб	Листогибочное оборудование, гильотинные ножницы, координатно-пробивные прессы, ленточные пилы, лазерная резка, фрезерные станки, сверлильно-отрезные станки, шлифовальные станки, токарные станки.
Станкокомпания "Гигант"	Станки по металлу отечественные. Станкокомпания "Гигант" - официальный дилер 20 крупнейших заводов производителей металлообрабатывающего оборудования России, Беларуси, Украины, Чехии и Тайваня
М.Т.Е.-ФИНАНС	Высококачественные токарные станки ЧПУ, фрезерные станки ЧПУ, хонинговальные станки, металлообрабатывающий и режущий инструмент разного рода, а также многофункциональные обрабатывающие центры
ПромГруппа "АСВ - Техника"	Токарные станки, станки сверлильно-расточной группы, шлифовальной группы, заточные станки, фрезерные станки, отрезные станки, строгальные и долбежные станки, оснастка
ЗАО Троица	Изготовление трубогибов, трубогибочных станков для холодной дорновой и бездорновой гибки труб и иного металлопроката
ООО «КНУТ-РУССЛАНД»	Сверлильные станки, токарные, фрезерные, шлифовальные, прессштамповочное оборудование, эрозионная обработка, резка
Негоциант Инжиниринг	Заточное оборудование
ПромСнабКомплект	Печи электрические для термообработки
НПК "ЛенТерм"	Литейное и термическое оборудование
ПГ «ДЮКОН»	Металлообрабатывающее оборудование
ПромСнабКомплект	Прессовое оборудование

11. Выбор технологической оснастки

Технологическая оснастка - это средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса и устанавливаемые на технологическом оборудовании (или применяемые рабочим) для выполнения данной конкретной операции или группы операций. К оснастке при получении заготовок относятся: штампы, литейные формы, модели, пресс-формы и др. К оснастке при механической обработке относятся: приспособления, режущий, вспомогательный и мерительный инструмент.

Приспособление - это технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции. Станочное приспособление это не имеющее формообразующих средств вспомогательное орудие производства, предназначенное для установки в нем заготовок с целью изготовления изделий на механообрабатывающем оборудовании.

Приспособления подразделяются по виду оснащаемых работ на: фрезерные, сверлильные, токарные, шлифовальные и т.д. 70% трудозатрат на постановку в производство изделий связано с проектированием и изготовлением технологической оснастки и инструмента. Единственный путь успешного внедрения прогрессивней оснастки это:

Переход от разработки отдельных конструкций к стандартизации целевых комплексов и систем оснастки;

Совершенствование и стандартизация методов планирования и внедрения технологической подготовки и освоения производства изделий на предприятиях;

Организация специализированного серийного производства стандартной оснастки;

Введение оценки качества и уровня оснащения технологии производства изделий;

В зависимости от правил проектирования и эксплуатации приспособлений существует шесть систем станочных приспособлений;

1. Универсально-безналадочные приспособления (УБП). Например: 3-х и 4-х кулачковые патроны, поводковый патрон, машинные тиски. Изготавливаются централизованно. Рекомендуются к применению при всех типах производства.

2. Универсально-наладочные приспособления (УНП). Например: 3-х кулачковые патроны со сменными кулачками, машинные тиски со сменными губками, планшайбы со сменными прихватами, делительные головки к фрезерным станкам. Изготавливаются централизованно или на заводе-потребителе. Применяются в серийном и массовом типе производства.

3. Универсально-сборные приспособления (УСП), собираемые из комплекта стандартных деталей, изготавливаемых централизованно.

Сборка приспособления ведется без чертежа, непосредственно для данной операции, после чего приспособление разбирается.

Рекомендуется к применению в единичном и мелкосерийном производстве.

4. Сборно-разборные приспособления /СРП/. Собираются из комплекта стандартизованных и не стандартизованных деталей самим рабочим на рабочем месте для каждой операции, после чего - разбираются. По мере необходимости нестандартные детали проектируются и изготавливаются для новых деталей. Рекомендуются к применению в серийном типе производства для групп деталей /унифицированная технология/.

5. Специализированные наладочные приспособления /СШ/. Их также называют групповыми или быстропереналаживаемыми приспособлениями. Проектируются на заводе - потребителе для определенных групп деталей /унифицированная технология/ в условиях единичного и серийного производства.

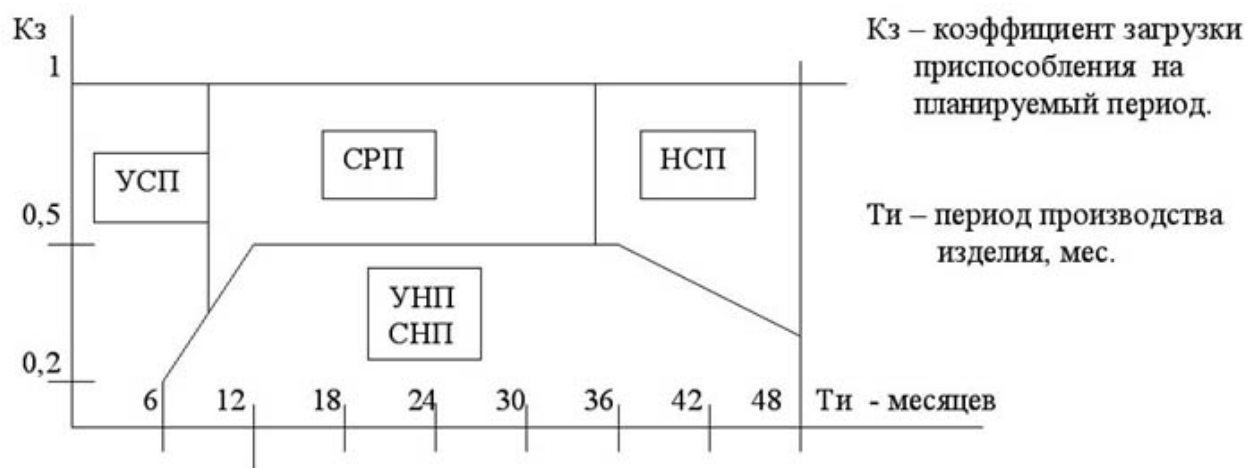
6. Не разборные специальные приспособления /НСП/. Проектируются на заводе - потребителе и применяются только для одной детали-операции /единичная технология/. Рекомендуются к применению в массовом и крупносерийном производстве, реже в среднем и мелкосерийном, но при отсутствии возможности использования приспособлений других систем.

Как видно из представленных систем, вытекает правило при оснащении технологической оснастки - от минимума затрат для подготовки производства к вынужденному максимуму.

Способы достижения заданной точности обработки в приспособлениях различных систем.

Системы приспособлений	Заданная точность обработки			
	10-9 качество	9-8 качество	8-7 качество	5 – 6 качество
УБП	Выверка заготовок по разметке.	Выверка заготовок с помощью измерительных инструментов	-	-
УСП УНП СНП СРП	Сборка приспособлений и обеспечение требуемой точности без компенсационных устройств.		Сборка приспособлений с применением компенсаторов.	Доработка установочных и опорных поверхностей приспособлений при установке на оборудование.
НСП	Проектирование и изготовление приспособлений с заданной точностью.			Доработка установочных и опорных поверхностей приспособлений при установке на оборудование.

Зоны рентабельности применения станочных приспособлений различных систем.



Необходимо учитывать время на проектирование и изготовление приспособлений. Это не относится к УБП, т.к. такие приспособления поставляются вместе с оборудованием и всегда имеются на рабочем месте.

Приспособления классифицируются: - по количеству одновременно закрепляемых заготовок (одноместные и многоместные); - по способу закрепления (ручные, механизированные и автоматизированные); - по способу закрепления. Способы механизации закрепления могут быть весьма разнообразные.

Все детали, из которых состоят приспособления, можно рассматривать как элементы этих приспособлений.

По типовому назначению установлены следующие элементы: установочные, зажимные, установочно-зажимные, направляющие, делительные механизмы, корпусные детали, крепеж и прочие детали вспомогательного назначения.

Установочные элементы служат для установки на них заготовок и точного их базирования. Иногда в качестве установочных поверхностей используют непосредственно корпус приспособления.

Однако, поскольку корпус всегда изготавливается сырым, термически не обрабатывается, это допустимо лишь для специальных упрощенных приспособлений, проектируемых для изготовления очень малых партий деталей. Установочные элементы изготавливаются из инструментальных сталей и термически обрабатываются, а затем шлифуются. Разновидности установочных стандартизованных элементов: штыри, пальцы, призмы и т.п. Опоры могут быть жесткими, регулируемыми, самоустанавливающимися.

Зажимные элементы. Их назначение: обеспечить соприкосновение базовых поверхностей заготовок с установочными поверхностями и надежно закрепить заготовки, гарантируя невозможность смещения их при приложенном усилии резания. Зажимные элементы следует размещать: над опорными точками установочных элементов, не допуская смещения заготовок во время закрепления, а также деформации их и создавать усилие зажима в направлении усилия резания. Зажимные элементы должны размещать в удобных для рабочего местах, соблюдая правила техники безопасности. Основные типы зажимных устройств: прижимные болты с пятой, захваты рычажного типа и др.

Направляющие служат для направления движения режущего инструмента, например сверла, или для направления перемещения элементов приспособления.

Делительные механизмы применяются для более сложных приспособлений, когда необходимо в одном приспособлении провести обработку детали на нескольких позициях, без закрепления приспособлений. Например - токарные приспособления для нарезания многоходовых резьб, фрезерные приспособления, иногда сверлильные приспособления. Делительные приспособления имеют диск с необходимым для деления количеством отверстий или пазов и фиксатор, Такое устройство значительно усложняет конструкцию приспособлений.

Корпуса для сложных и рассчитанных на долгое употребление приспособлений делаются чугунными или литыми.

Для серийного же производства желательно подбирать фасонные профили или делать их составными или сварными с последующим отжигом.

Способы механизации закрепления заготовок.

1. Пневматический. Преимущества: дешевый вид энергии, имеющийся на заводах; обеспечивает быстроту зажима; прост в управлении.

Недостатки: относительно небольшая сила зажима, большие габариты устройства при больших усилиях, создает удар при зажиме. Подвод сжатого воздуха осуществляется с применением арматуры, обеспечивающей фильтрацию воздуха, подачу распыленной смазки, возможность наблюдения за давлением в сети и невозможность падения давления в системе.

2. Гидравлический. Гидравлический привод представляет собой насосную станцию со своим электродвигателем, масляным резервуаром и аппаратурой. Преимущества: компактность, значительно более высокие усилия зажима, плавность хода. Недостатки: сложнее конструкция, дороже ремонт, сложнее устранять протечки в гидросистемах.

3. Пневмогидропривод. Это устройства позволяющее преобразовать пневматическое давление в гидравлическое. Применение пневмогидравлического привода позволяет при тех же габаритах увеличивать усилие на штоке, причем усилие зажима получается плавным. Такие усилители давления позволяют осуществлять надежный и плавный зажим, иногда с применением последовательного действия малого и большого усилий зажима.

4. Магнитный. Электромагнитные приспособления применяются в виде электромагнитных столов, главным образом при шлифовании. Имеются разработки по применению магнитных приспособлений при фрезеровании и на других станках. Естественно, с такими приспособлениями можно обрабатывать только детали с магнитными свойствами.

5. Вакуумные. Применяются для зажима легких, плоских заготовок.

6. Приспособления с гидропластом. Гидропласт - полихлорвиниловая смола с соответствующими наполнителями, обеспечивающими ее резиноподобное состояние. Окраска - светло-коричневая. Плавится при температуре 120°C. Равномерно, как жидкость, распределяет гидростатическое давление, оказанное на массу давление, во все стороны. Объем массы уменьшается на 0,5% на каждые 100

кг/см² давления. При давлении до 300 кг/см² не просачивается через зазоры резьбы (0,03 мм). Сохраняет свои свойства в течение многих лет. Применяется для точного центрирования

7. Электроприводные. В последнее время все шире применяются станочные приспособления с электроприводом. Это стало возможным ввиду создания конструкций выдерживающих тяжелые условия эксплуатации на столе механообрабатывающего оборудования.

Выбор технологической оснастки зависит от конструкции детали, от типа производства, возможностей конкретного производства. На данном этапе курсового проектирования следует ориентировочно выбрать тип приспособления и указать на операционном эскизе условные обозначения установочных и опорных элементов приспособлений. Проектирование конкретного приспособления является задачей другого курса.

К технологической оснастке относится также мерительный, режущий и вспомогательный инструмент.

12. Нормирование

12.1. Определение нормы времени

Исходным документом при нормировании операции технологического процесса является операционная технологическая карта.

Норма времени на любую станочную работу определяется по формуле

$$T_{ш.к.} = T_o + T_g + T_{обсл.} + T_{отд.} + \frac{T_{н.з.}}{N}, \quad (12.1)$$

где: $T_{ш.к.}$ - штучно-калькуляционное время на обработку одной единицы изделия; T_o - основное время – время, непосредственно затрачиваемое на изменение формы и размеров изделия; T_g - вспомогательное время – время, затрачиваемое на выполнение приемов, помогающих произвести на станке изменение формы и размеров изделия; $T_{обсл.}$ - время обслуживания рабочего места (смена затупившегося инструмента, сметание стружки, смазка, чистка станка и т. п.); $T_{отд.}$ - время на отдых и личные надобности; N – число деталей в партии; $T_{н.з.}$ - норма подготовительно-заключительного времени на партию деталей в N штук.

При нормировании операций унифицированного технологического процесса технически обоснованная норма времени и стоимость операции определяется не на каждую деталь, а на детали-представители (группы, типа). В качестве деталей-представителей принимают одну самую сложную из группы (типа) и одну самую простую из группы (типа) деталь. На изготовление этих деталей норма времени и расценок определяются по правилам технического нормирования.

12.2. Определение основного времени

Основное технологическое время T_o , мин рассчитывается по каждому переходу на основании установленных режимов резания по формулам:

$$T_o = \frac{L}{n * S} * i - \text{для токарных и сверлильных работ};$$

$$T_o = \left(\frac{L}{n * S} + \frac{L}{n_{обр.} * S} \right) * i - \text{резьбонарезных работ};$$

$$T_o = \frac{L}{S_m} * i = \frac{L}{S_z * z * n} * i - \text{для фрезерных работ},$$

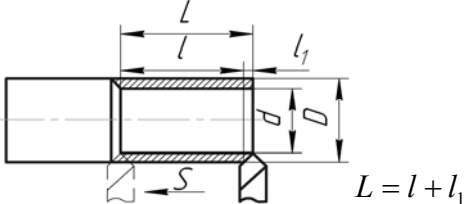
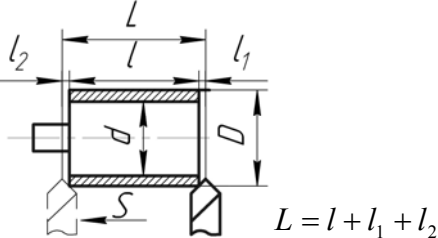
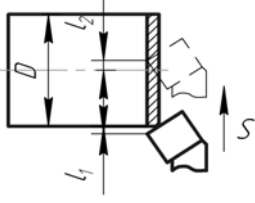
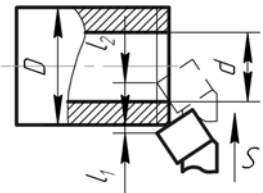
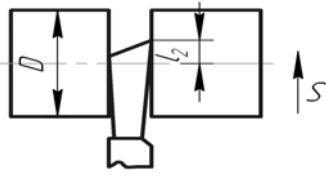
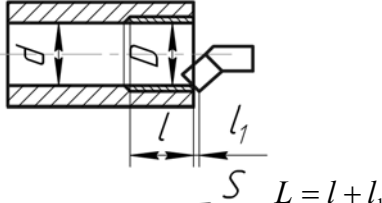
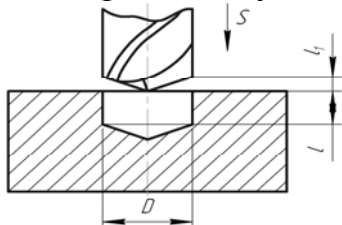
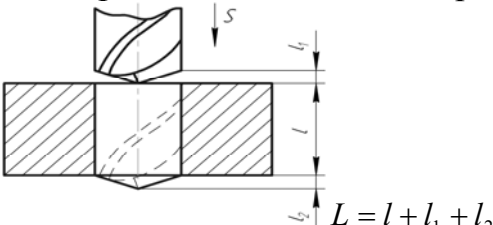
где L – расчетная длина обработки, мм; n – частота вращения шпинделя, об/мин; $n_{обр.}$ - частота вращения шпинделя при холостом вращении в обратную сторону, об/мин; S – подача за один оборот шпинделя, мм/об; S_m - подача за одну минуту (минутная подача), мм/мин; S_z - подача на зуб, мм/зуб; z - число зубьев фрезы.

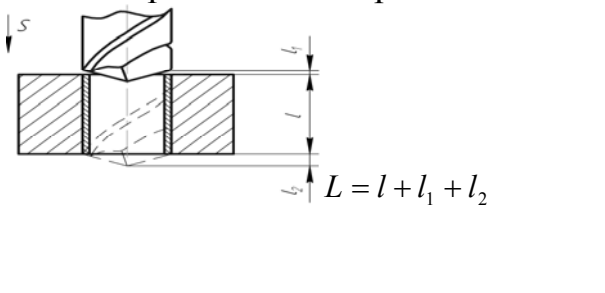
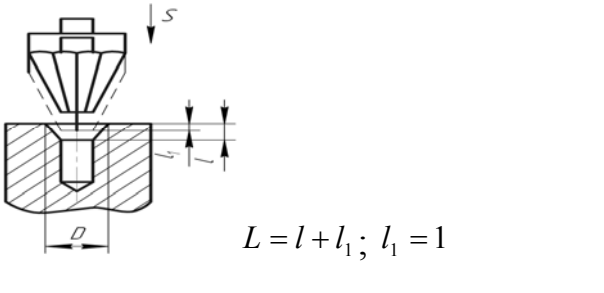
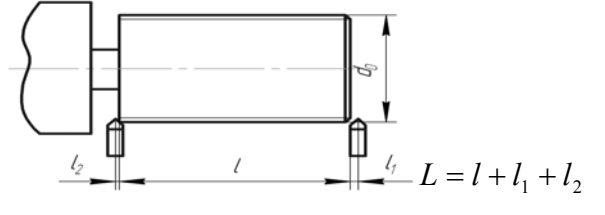
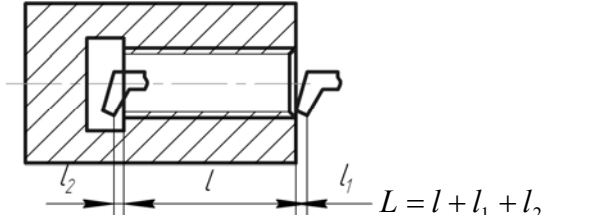
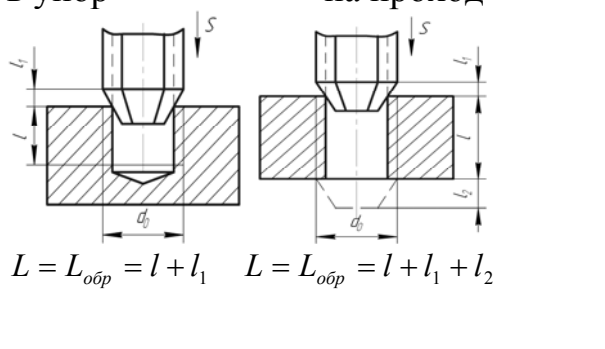
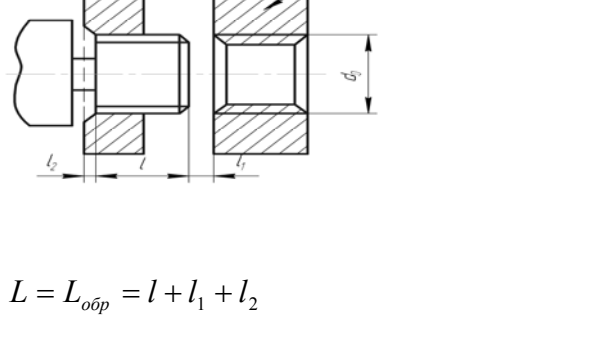
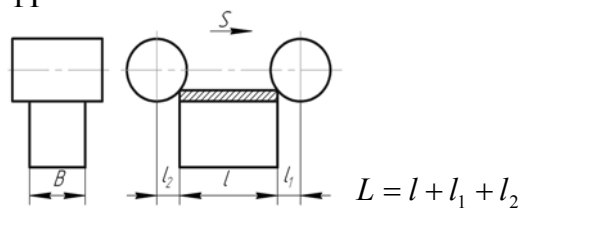
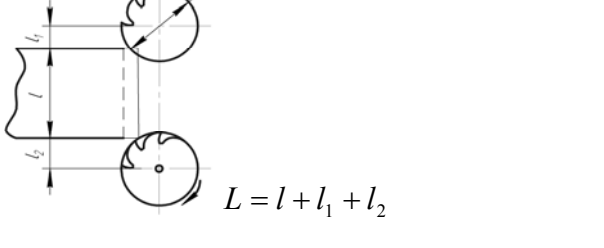
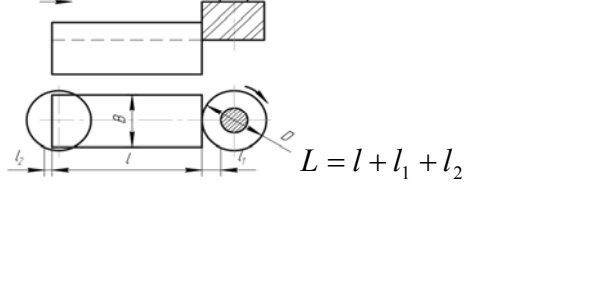
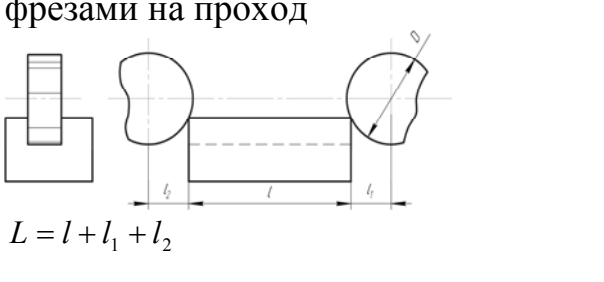
В зависимости от вида обработки $L=l+l_1$, или $L=l+l_1+l_2$,
 где l - длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 - величина
 врезания инструмента, мм; l_2 - величина перебега инструмента,
 мм.

В табл. 12.1 приведены наиболее часто встречающиеся схемы
 обработки при точении, нарезании резьбы, сверлении и
 фрезеровании и соответствующие этим схемам формулы расчета
 длины обработки, принимаемой при определении основного
 времени.

В табл. 12.2 – 12.5 даны значения величины l_1 и l_2 при
 различных видах обработки.

Таблица 12.1

<p>1. Обтачивание цилиндрической поверхности в упор</p>  <p>$L = l + l_1$</p>	<p>2. Обтачивание цилиндрической поверхности на проход</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>
<p>3. Подрезка торца сплошного сечения</p> 	<p>4. Подрезка торца не сплошного сечения</p>  <p>$L = \frac{D-d}{2} + l_1 + l_2$</p>
<p>5. Отрезка сплошного материала</p>  <p>$L = \frac{D}{2} + l_2$</p>	<p>6. Растачивание</p>  <p>$L = l + l_1$</p>
<p>7. Сверление глухого отверстия</p>  <p>$L = l + l_1$</p>	<p>8. Сверление сквозного отверстия</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>

<p>9. Рассверливание отверстия</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>	<p>10. Зенкование</p>  <p>$L = l + l_1; l_1 = 1$</p>
<p>11. Нарезание наружной резьбы резцом</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>	<p>12. Нарезание внутренней резьбы резцом</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>
<p>13. Нарезание резьбы метчиком: в упор на проход</p>  <p>$L = L_{обр} = l + l_1$ $L = L_{обр} = l + l_1 + l_2$</p>	<p>14. Нарезание резьбы плашкой</p>  <p>$L = L_{обр} = l + l_1 + l_2$</p>
<p>15. Фрезерование цилиндрическими фрезами</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>	<p>16. Фрезерование концевыми фрезами</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>
<p>17. Фрезерование торцевыми фрезами</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>	<p>18. Фрезерование дисковыми фрезами на проход</p>  <p>$L = l + l_1 + l_2$</p>

Величины резания и перебега инструмента при обработке резцами

Таблица 12.2

Типы резцов	Угол резца в плане φ , град.	Величина врезания и перебега $l_1 + l_2$, мм; при t , мм			
		до 1,0	св.1 до 2,0	св.2,0 до 4,0	св.4,0 до 6,0
Проходные	45	2	3,5	6	8
Подрезные	60	2	2,5	4	5
Расточные	75	2	2,5	3	4
	90	3 - 5			
Прорезные и отрезные		2 - 5			
Резьбовые	На проход	(5+8) S			
	В упор	(3+4) S			

Величины врезания и перебега инструмента при обработке сверлами, зенкерами, развертками, метчиками и плашками, накатными роликами.

Таблица 12.3

Вид обработки	Диаметр инструмента, мм, до										
	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	
		$l_1 + l_2$, мм									
Сверление на проход	2	2,5	5	6	8	10	12	15	18	22	
Сверление в упор	1,5	2	4	5	7	9	11	14	17	21	
Рассверливание при глубине резания, мм, до	5	-	-	-	4	4	5	5	5	6	
	10	-	-	-	-	-	8	8	8	9	
	15	-	-	-	-	-	-	-	11	12	
Зенкерование на проход при глубине резания, мм до	1	-	-	-	3	3	3	4	4	5	
	3	-	-	-	5	5	5	6	6	7	
	5	-	-	-	-	7	7	8	8	9	
Зенкерование в упор	-	-	-	2	2	2	3	3	4	4	
Развертывание на проход	8		9	15	18	22	28	35	45	55	
в упор	2	3	3	3	4	4	4	4	4	5	
Зенкерование коническими зенковками	0,5		1				1,5				
Нарезание резьбы метчиками на проход (4-8) S, в упор (2,5-8) S											
Нарезание резьбы плашками (1,5-2) S											
Накатывание накатными роликами (2-3) S											

Величина врезания и перебега при обработке торцевыми и концевыми фрезами Таблица 12.4

Ширина фрезерования или ширина паза, <i>B</i> , мм	Диаметр фрезы, мм								
	16	20	25	32	40	50	63	80	100
	$l_1 + l_2$, мм								
10	3,0	2,5	-	-	-	-	-	-	-
15	-	4,5	4,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	-
20	-	-	6,5	5,0	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0
30	-	-	-	-	8,5	7,0	6,5	5,5	5,5
40	-	-	-	-	-	12,0	10,0	8,0	7,5
60	-	-	-	-	-	-	25,0	13,0	13,0
80	-	-	-	-	-	-	-	-	23,0

Величины врезания и перебега при обработке цилиндрическими дисковыми, концевыми, прорезными и фасонными фрезами

Таблица 12.5

Глубина резания, мм	Диаметр фрезы, мм									
	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100
	$l_1 + l_2$, мм									
0,5	3,0	4,0	4,0	5,0	5,5	6,5	7	8	9	10
1,0	4,0	5,0	5,0	6,5	7	8,5	9	10	11	13
1,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	11	12	13	15
2	5,0	6,5	7,0	8,5	9,5	11	12	14	15	17
3	5,5	7,5	8,0	9,5	11	13	14	16	18	20
4	6,0	8,0	9,0	11	12	14	16	18	20	23
5	-	8,5	9,5	12	13	15	17	20	22	25
6	-	-	10,0	12	14	16	18	21	24	27
7	-	-	11,0	13	15	17	19	22	25	29
8	-	-	-	13	15	18	20	24	27	30
9	-	-	-	-	16	19	21	25	28	32

12.3. Определение вспомогательного времени - T_s , мин.

По содержанию каждого перехода устанавливается необходимый комплекс вспомогательных приемов.

Вспомогательное время T_s , мин определяется путем суммирования времени, затрачиваемого на выполнение установленных вспомогательных приемов, по следующим элементам вспомогательного времени: на установку и снятие детали; на приемы управления станком; на измерение деталей.

В табл. 12.6-12.15 приведен перечень приемов и время по всем трем элементам вспомогательного времени.

В табл. 12.16-12.18 представлено суммарное время ($T_o + T_s$) на снятие фасок, заусенцев, притупление острых кромок при токарных, сверлильных и фрезерных работах.

12.31. Вспомогательное время на токарных (токарно-винторезных) станках
 Вспомогательное усредненное время на установку и снятие заготовки

Таблица 12.6

В самоцентрирующем или цанговом патроне		В разных приспособлениях		На оправках	
Диаметр прутка, мм до...	Время, мин	Способ крепления заготовки в приспособлении	Время, мин	Вид оправки	Время, мин
20	0,24	рукояткой пневматического зажима	0,04	гладкая	0,1
30	0,26			гладкая с гайкой	0,4
40	0,28				
50	0,30	прихватами, планкой с гайкой	0,50	разжимная или резьбовая	0,25
60	0,35				

Вспомогательное время, связанное с переходом

Таблица 12.7

Характер обработки	Время, мин
<u>Продольное точение, растачивание, обточка фасок, галтелей, накатывание:</u>	
Резцом, установленным на размер	0,09
С установкой резца по упору или лимбу	0,15
Со взятием одной пробной стружки (11+12-го качества)	0,38
Со взятием двух пробных стружек (8+9-го качества)	0,68
Обточка фасок и галтелей	0,04
Накатывание	0,08
Обточка конуса	0,18
<u>Поперечная обточка, подрезка, отрезка, расточка (проточка) внутренних и наружных канавок:</u>	
Резцом, установленным на размер	0,10
С установкой резца по упору или лимбу	0,14
Со взятием одной пробной стружки	0,28
Расточка внутренних канавок без установки резца на размер	0,12
Расточка внутренних канавок с установкой резца на размер	0,28
Внутренняя подрезка дна или уступа	0,12
<u>Нарезание резьбы, сверление, рассверливание, зенкование, развертывание:</u>	
Нарезание резьбы резцом с промером резьбовым кольцом или резьбовой пробкой	0,47
Нарезание резьбы метчиком или плашкой	0,25
Сверление, рассверливание, зенкерование, зенкерование и развертывание с отводом и подводом задней бабки	0,36

Вспомогательное время на приемы, связанные с переходом Таблица 12.8

Наименование приемов	Время, мин
Изменить частоту вращения: - одним, двумя рычагами - поворотной ручкой	0,05 0,07
Изменить величину подачи одним, двумя рычагами или поворотной рукояткой	0,05
Повернуть резцовую головку с пружинным фиксатором	0,05
Установить проходной или расточной резец и снять	0,6
Установить отрезной, резьбовой или фасонный резец и снять	0,9
Установить сверло, развертку, зенкер и снять	0,12
Включить и выключить охлаждение	Перекрывается машинным временем
Примечание. Перечисленные приемы не вошли в табл. 12.6 и 12.7.	

Вспомогательное время на измерение деталей на настроенном станке (наибольший измеряемый диаметр – 100 мм, наибольшая измеряемая длина – 200мм). Таблица 12.9

Измерительный инструмент	Точность измерения	Время, мин
Штангенциркуль	0,1 мм	0,19
Микрометр, индикатор	0,01 мм	0,23
Скоба двухсторонняя предельная	11-13 кв.	0,14
Скоба двухсторонняя предельная	7-9 кв.	0,21
Пробка двухсторонняя предельная	11-13 кв.	0,19
Пробка двухсторонняя предельная	7-9 кв.	0,28
Резьбовые кольца, резьбовые пробки	-	0,5
Шаблоны	7-14 кв.	0,12

12.3.3. Вспомогательное время на сверлильных станках и резьбонарезных станках

Вспомогательное усредненное время на установку и снятие детали
в кондукторах

Таблица 12.10

Характеристика кондуктора	Габаритные размеры, мм	Время, мин
Накладные, пальцевые с винтовым или эксцентриковым зажимом	100×100	0,35
	200×200	0,40
Со съемной крышкой (функции крепления выполняет съемная крышка)	100×100	0,40
	200×200	0,45
Деталь крепится накладной планкой или крышкой с последующим завертыванием крепежными винтами	100×100	0,50
	200×200	0,55

Вспомогательное время, связанное с переходом

Таблица 12.11

Рабочие приемы	Площадь детали, см ²		
	до 35	до 75	свыше 75
	Время, мин		
Включить и выключить станок	0,04		
Подвести и отвести сверло, зенковку или зенкер	0,04		
Подвести метчик или развертку	0,08	0,08	0,10
Подвести деталь с кондуктором под сверло и отвести	0,05	0,07	0,10
Передвинуть деталь с кондуктором	0,06	0,07	0,09
Передвинуть кондуктор	0,04	0,05	0,07
Передвинуть кондуктор к другому шпинделю	0,04	0,06	0,08
Повернуть многопозиционную сверлильную или резьбонарезную головку	0,04		

12.3.4. Вспомогательное время на фрезерных станках

Вспомогательное время на установку и снятие деталей (без крепления)

Таблица 12.12

Способ установки детали	Время, мин
По двум плоскостям или по цилиндрической поверхности на призму	0,08
На концевой оправке с креплением гайкой	0,43
На концевой резьбовой оправке	0,26

Вспомогательное время на закрепление и открепление детали

Таблица 12.13

Способ крепления детали	Время, мин
Рукояткой пневматического зажима	0,04
Гайкой или винтом от руки	0,06
Гайкой или винтом с помощью ключа	0,16

Вспомогательное время, связанное с переходом

Таблица 12.14

Наименование приемов	Время, мин
Изменить частоту вращения шпинделя	0,06
Изменить величину подачи	0,05
Переставить приспособление с рабочей позиции на загрузочную	0,09
Повернуть делительную головку или приспособление на одну позицию	0,04

Вспомогательное время на измерения

Таблица 12.15

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер, мм			
		25	50	100	200
Шаблон	-	0,12	0,13	0,15	0,18
Калибр-пробка	7-9	0,16	0,18	0,24	-
Калибр-пробка	11-13	0,13	0,15	0,19	-
Скоба предельная	7-9	0,09	0,09	0,11	-
Скоба предельная	11-14	0,06	0,06	0,07	-

Примечание. Частоту промеров см. в табл. II.9

Вспомогательное время на слесарную обработку

Таблица 12.16

Наименование режущего инструмента	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм до...				
	10	20	30	40	50
	Время, мин				
Шабер	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13
Напильник					

Сверлильные работы

Таблица 12.17

Диаметр отверстия, мм	Время, мин	Диаметр отверстия, мм	Время, мин	Диаметр отверстия, мм	Время, мин
1	0,02	4	0,05	7	0,09
2	0,03	5	0,07	8	0,12
3	0,04	6	0,08	10	0,14

Фрезерные работы

Таблица 12.18

Форма обрабатываемого шабером или напильником контура	Периметр контура, мм							
	25	50	75	100	150	200	250	300
	Время, мин							
Прямолинейная	0,13	0,14	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,28
Криволинейная	0,15	0,17	0,18	0,19	0,22	0,25	0,28	0,36

12.4. Определение времени обслуживания рабочего места

Время на обслуживание рабочего места $T_{обсл}$ состоит из двух частей: времени на техническое обслуживание рабочего места, которое затрачивается на смену затупившегося режущего инструмента, на регулировку и подналадку станка во время работы, на уборку стружки на рабочем месте; времени на организационное обслуживание рабочего места, которое требуется для раскладки инструмента в начале смены и уборки его в конце смены, смазки и чистки станка, уборки рабочего места.

12.5. Определение времени перерывов на отдых и личные надобности

Время на отдых $T_{отд}$ определяется в процентах от суммы T_o и T_e : $T_{отд} = 0,05(T_o + T_e)$

12.6. Определение подготовительно-заключительного времени

Подготовительно-заключительное время $T_{п.з.}$ нормируется на партию деталей, и часть его, приходящаяся на одну деталь, включается в норму штучно-калькуляционного времени.

Подготовительно-заключительное время включает в себя: ознакомление с работой; настройку оборудования на выполнение данной работы; пробную обработку детали; получение задания; получение режущего инструмента, приспособлений; сдачу продукции; сдачу инструмента, приспособлений.

Подготовительно-заключительное время в зависимости от используемого оборудования определяется из табл.12.22-12.26, а при обработке деталей на сверлильных станках в кондукторах составляет приблизительно 11 мин.

Подготовительно-заключительное время на наладку токарного станка

Таблица 12.19

Способ установки детали	Кол-во режущих инструментов	Время, мин	Способ установки детали	Кол-во режущих инструментов	Время, мин
в самоцентрирующемся патроне, цанговом патроне	2	17,0	на планшайбе с угольником	2	21,0
	4	19,0		4	22,0
	6	28,0		6	26,0
в центрах	2	16,0	на различных оправках	2	16,0
	4	18,0		4	18,0
	6	28,0		6	20,0
Примечание. Подготовительно-заключительное время на получение и сдачу инструмента, приспособления, продукции, ознакомление с работой составляет приблизительно 10 мин.					

Подготовительно-заключительное время на наладку токарно-револьверного станка

Таблица 12.20

Способ установки детали	Кол-во режущего инструмента	Время, мин
в патроне, в цанге или на оправке	2	18
	4	22
	6	26
	9	32
	12	38
в приспособлении	2	23
	4	27
	6	31
	9	37
	12	43

Подготовительно-заключительное время на пробную обработку деталей при наладке токарно-револьверного станка

Таблица 12.21

Количество резцов, устанавливаемых на размер с допусками на обработку до 0,1 мм	$(T_o + T_e)$ мин, до...				
	3	5	10	15	св.15
	Время, мин				
-	4	6	10	12	15
1	5	7	11	13	16
2	6	8	12	14	17
3	7	9	13	15	18
4	8	10	14	16	19
5	9	11	15	17	20

Примечание. Подготовительно-заключительное время на получение и сдачу инструмента, приспособления; ознакомление с работой; сдачу готовой продукции составляет приблизительно 10 мин.

Подготовительно-заключительное время при использовании фрезерного станка

Таблица 12.22

Содержание приемов	Время, мин
Наладка станка, установка инструмента, приспособления	18
Получение и сдача инструмента, приспособления, продукции; ознакомление с работой	10
Поворот шпиндельной бабки на угол	2
Поворот стола на угол	1

Подготовительно-заключительное время при использовании резбонарезных станков

Таблица 12.23

Содержание приемов	Время, мин
Наладка станка, установка инструмента	3
Получение и сдача инструмента, ознакомление с работой, сдача готовой продукции	10

13. Требование по технике безопасности и охране окружающей среды

Требования по технике безопасности и охране окружающей среды являются основополагающими при выполнении технологических процессов. В операционных картах технологических процессов в первых строках указывается номер инструкции по технике безопасности и охране окружающей среды, а также дата их утверждения. Возможно это выполнять в сокращенном виде:

ИОТ №_____ от _____ .

Разработчик технологического документа обязан знать о вредных воздействиях на организм рабочего и способы защиты от них.

В настоящее время существует ряд нормативных документов в системе стандартов по безопасности труда (ССБТ):

- опасные и вредные производственные факторы,
- общие требования безопасности в производственных процессах,
- общие требования безопасности по шуму,
- санитарные нормы и правила,
- общие эргономические требования рабочего места,
- правила устройства электроустановок (ПУЭ),
- пожарная безопасность и др.

В выпускных квалификационных работах студент руководствуется методическими указаниями консультантов.

В курсовых работах студент выполняет требование по технике безопасности и охране окружающей среды по указанию руководителя.

14. Функционально-стоимостной анализ технологического процесса

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) технологического процесса проводится с целью наиболее эффективного выполнения его главной функции – изготовить изделие с заданными потребительскими свойствами и качеством при минимальных затратах используемых ресурсов.

В состав работ по ФСА технологического процесса входят две группы процедур: функционально-стоимостная диагностика процесса; поиск и выбор оптимального варианта процесса, исходя из целей анализа. Необходимо предусмотреть следующие этапы ФСА технологического процесса: подготовительный, информационный, аналитический, творческий, исследовательский, рекомендательный.

В учебном проектировании основной задачей является сравнение различных вариантов технологического процесса по стоимостным и временным характеристикам. Поэтому, полный расчет себестоимости не производится. Приведенная информация относится к приборостроительным деталям небольших размеров.

1.Подготовительный этап – определение объекта, целей и задач ФСА технологического процесса. Проведение ФСА ранее разработанных процессов следует начинать с процессов, имеющих наиболее высокую долю суммарных затрат в себестоимости изделия. Затем следует подвергать анализу процессы: наиболее материал- и энергоемкие; при выполнении которых возможно появление брака; имеющие относительно длительный производственный цикл изготовления отдельных деталей изделия; при выполнении которых используются дорогостоящие оборудование, оснастка и инструмент; с высоким уровнем ручного труда.

2.Информационный этап – получение технической и экономической информации об объекте анализа в соответствии с перечнем необходимой информации, указанной в табл. 14.1.

Перечень технико-экономической информации, необходимой для проведения ФСА ТП

Таблица 14.1.

Информация	Подразделение предприятия, предоставляющее информацию
Комплект конструкторской документации (рабочие чертежи, технические условия на изделие)	Отдел главного конструктора
Карта технического уровня и качества продукции	Отдел главного конструктора
Комплект технологической документации (маршрутные, операционные карты, карты технологического процесса; сведения о применимости оборудования, материалах, оснастке, технологические инструкции). Планы технического перевооружения и внедрения передовой технологии	Отдел главного технолога
Объем выпуска, данные о трудоемкости изготовления изделия, себестоимость изготовления изделия по статьям калькуляции, цена, прибыль, рентабельность изделия	Планово-экономический отдел, отдел труда и заработной платы
Амортизационные отчисления на оборудование и производственные площади, стоимость энергии	Отдел главного механика, бухгалтерия
Данные о браке, рекламациях; Сведения об эксплуатации, предложения по повышению качества	Отдел технического контроля, бюро надежности
Сведения о технологических процессах-аналогах, в т.ч. зарубежных, результаты проведения информационно-патентного поиска	Отдел технической информации
Информация о рационализаторских предложениях изобретениях, в т.ч. отклоненных	Бюро рационализации и изобретательства
Заключения и предложения по конструкции, технологии, материалам, оборудованию, оснастке	Цеха-изготовители
Стандарты ЕСКД, ЕСТПП, отраслевые стандарты, СТП, необходимые для проведения анализа	Служба стандартизации

Примечание: перечень и объем информации зависят от особенностей объекта анализа и целей ФСА.

Итогом работ на этом этапе является построение структурно-элементной модели технологического процесса (табл.14.2) в следующей последовательности: определяют материальные носители (предметы и средства труда), участвующие в реализации технологического процесса; определяют затраты по каждому материальному носителю – затраты на материалы, трудовые затраты, затраты на оборудование, оснастку, инструмент, производственные площади.

Структурно-элементная модель технологического процесса.

Таблица 14.2

№ п/п	Наименование операции	Затраты, руб.					Себестоимость операции С _т , руб.
		На материалы	трудо- вые	На эксплуатацию раб места	На производствен- ные площади	На пролеживание заготовок	
1							
2							
...							
n							
ИТОГО							

Технологическая себестоимость

Условно, для укрупненных расчетов, технологическую себестоимость будем определять по формуле:

$$C_m = \sum_1^n (M_o + Z_o + A + C_{пл} + C_{пл.пр.}), \text{ где } n - \text{ число технологических операций}$$

в тех. процессе;

M_o – затраты на основные материалы без стоимости отходов, руб. (прил. 1);

Z_o – затраты на заработную плату основных рабочих, руб.;

A – расходы на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{пл}$ – затраты на содержание производственной площади, руб.;

$C_{пл пр.}$ – затраты на пролеживание заготовок, руб.

Затраты на заработную плату

$$Z_o = T_{шт.к.} * C_{тч} / 60,$$

где $C_{тч}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб. (прил. 2);

$T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляционное время выполнения операции, мин.

$T_{шт.к.} = T_{изг.} + T_{п.з.} / N$, где

$T_{изг.}$ – время изготовления;

$T_{п.з.}$ – время подготовительно-заключительное;

N – годовая программа выпуска.

При обосновании выбора вида заготовки или варианта механической обработки расчет $T_{шт.к.}$ допускается брать равным $T_{изг.}$, поскольку при серийном и массовом производстве, большой программе выпуска $T_{п.з.}/N$ становится пренебрежимо мало.

Расходы на амортизацию оборудования

$$A = C_o * K_a * T_{шт-к} / F_d * \eta_z$$

где C_o - балансовая стоимость оборудования, руб. (прил. 3);

K_a - коэффициент амортизационных отчислений, определяющий срок окупаемости оборудования, 0,20;

$T_{шт.к.}$ - штучно-калькуляционное время выполнения операции, мин;

F_d - действительный годовой фонд работы оборудования, 2000 часов;

η_z - коэффициент загрузки оборудования (0,85 при серийном производстве).

Приблизительно можно использовать формулу: $A = C_o * T_{шт.к.} * k$,

где k – коэф-т, учитывающий загрузку оборудования во время срока полезного использования, $1,97 * 10^{-6}$.

Затраты на содержание производственных площадей

$$C_{пл} = S_{ст} * K_{доп} * C_{метр} * T_{шт-к} * k_{пл},$$

где: $S_{ст}$ – площадь станка, м (прил. 3);

$K_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь, 5-ручные операции, 2,5-станки-ЧПУ, 3-другие;

$C_{метр}$ – стоимость аренды квадратного метра, 1000руб/мес;

$k_{пл}$ – коэф-т, учитывающий и загрузку оборудования, 0,0001.

Затраты на пролеживание заготовок

В серийном и массовом типе производства заготовки обрабатываются партиями и, пока одна заготовка обрабатывается, остальные заготовки ожидают своей очереди. В организации производства это называется транспортным заделом который в серийном типе производства может достигать 90% от всего времени изготовления партии изделий. Затраты включают в себя арендную плату на занимаемую площадь. Ориентировочно можно считать по следующей формуле:

$$C_{пл пр.} = S_{стскл} * K_{доп} * C_{метр} * T_{шт-к} * N,$$

где: $S_{стскл}$ – площадь на склады и суммарные дополнительные площади по оборудованию (см. выше).

3. Аналитический этап

Анализ базового технологического процесса, выявление элементов с наибольшими избыточными функциональными затратами, определение необходимости выполнения операций.

Процедура совершенствования технологического процесса заключается в последовательном рассмотрении элементов структурно-элементной модели

По результатам анализа формулируются задачи, которые необходимо решить на творческом этапе.

4. Творческий этап – решение задач, выдвинутых на аналитическом этапе и подготовка предложений, направленных на оптимизацию технико-экономических показателей технологического процесса.

По результатам оценки и анализа функций разрабатывают варианты их реализации с меньшими затратами с учетом использования более производительного оборудования, малооперационной и безотходной технологии. В ходе ФСА необходимо приблизить фактические функциональные затраты к минимально необходимым. Под минимально необходимыми затратами понимают такой нижний уровень затрат, который может быть достигнут при разработке наиболее экономичных технических решений, реализующих эту функцию.

Итогом работ на творческом этапе является комплекс предложений, характеризующих усовершенствованный технологический процесс и его функционально-структурная модель.

5. Исследовательский этап

Предварительный отбор и технико-экономический анализ наиболее целесообразных предложений, полученных на творческом этапе. Отбор производится экспертным путем с учетом следующих критериев: ожидаемого снижения технологической себестоимости; сложности внедрения (затраты на внедрение, дефицитность материалов, наличие необходимого оборудования, производственных площадей и др.). Выбор оптимального варианта технологического процесса осуществляется по результатам технико-экономического анализа:

Экономический эффект

Сравнить технологические процессы можно посчитав экономический эффект от внедрения новой технологии:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = (B_{\text{б}} - B_{\text{пр}}) * N,$$

где $B_{\text{б}}, B_{\text{пр}}$ – приведенные затраты базового и предлагаемого технологических процессов;

N – годовая программа выпуска изделий.

Приведенные затраты:

$$V=C_T+E_n*K,$$

где C_T – технологическая себестоимость детали по сравниваемым вариантам технологического процесса, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, 0,12;

K – удельные капитальные вложения, руб.

6.Рекомендательный этап

Окончательно отбирают и принимают решение о внедрении наиболее целесообразных разработок на основании расчета ожидаемого экономического эффекта.

Пример ФСА технологического процесса

1.Подготовительный этап:

Объектом ФСА является технологический процесс изготовления корпуса редуктора (табл. 14.3).

2.Информационный этап:

В ходе подготовки к проведению анализа собрана необходимая информация по исследуемому технологическому процессу.

В расчетах учтена серийность изготовления изделия. Это учитывается как $T_{изг.} = T_{шт} \times N$.

Исходные данные и результаты расчетов материальных носителей по исследуемому технологическому процессу приведены в табл. 14.3 и 14.4.

Исходные данные и результаты расчетов материальных носителей по исследуемому варианту тех. процесса

Таблица 14.3

№ п / п	Операция	Модель оборудования	Стоимость станка C_0 , руб	$T_{шт.к.}$, мин	Часовая тарифная ставка $C_{т.}$, руб	Площадь станка $S_{ст.}$, m^2	Кэф-т, учитывающий дополнительную площадь $k_{пл}$
1	Разметочная	Плита разметочная	1200	96000	26,891	1	5
2	Фрезерная ЧПУ	FU315MRApU G	1353000	16800	25,711	8	2,5
3	Радиально- сверлильная	2M112	28000	24120	25,711	0,2	3
4	Фрезерная ЧПУ	FU315MRApU G	1353000	17160	25,711	8	2,5
5	Горизонтально- расточная	16BT20П-01	708000	72840	33,412	6	3
6	Фрезерная	6K12	994000	10920	25,711	6	3
7	Горизонтальн о-расточная	16BT20П-01	708000	159600	33,412	6	3
8	Радиально- сверлильная	2M112	28000	46680	29,309	0,2	3
9	Слесарная	Верстак	1300	24840	25,711	1	5
ИТОГО				468960			

Структурно-элементная модель исследуемого варианта
технологического процесса

Таблица 14.4.

№ п/п	Операция	Затраты, руб/%					Себестоимость операции C_m , руб/%
		На материалы М	Трудовые З	На амортизацию оборудования А	На производственные площади и $C_{пл}$	На пролеживание заготовок $C_{пл пр.}$	
1	Разметочная	298400	43026	227	48000	8000000	8389653
		0,31	0,04	0,0002	0,05	8,28	8,68
2	Фрезерная ЧПУ	7199	44779	33600	5600000	5685578	
		0,01	0,05	0,03	5,79	5,88	
3	Радиально- сверлильная	10336	1330	1447	241200	254313	
		0,01	0,001	0,001	0,25	0,26	
4	Фрезерная ЧПУ	7353	45738	34320	5720000	5807412	
		0,01	0,05	0,04	5,92	6,01	
5	Горизонтально- расточная	40562	101594	131112	21852000	22125268	
		0,04	0,11	0,14	22,61	22,89	
6	Фрезерная	4679	21383	19656	3276000	3321719	
		0,00	0,02	0,02	3,39	3,44	
7	Горизонтально- расточная	88876	222604	287280	47880000	48478760	
		0,09	0,23	0,30	49,54	50,16	
8	Радиально- сверлильная	22802	2575	2801	466800	494978	
		0,02	0,00	0,00	0,48	0,51	
9	Слесарная	10644	64	12420	2070000	2093128	
		0,01	0,00	0,01	2,14	2,17	
ИТОГО		298400	235478	440295	570636	95106000	96650809
		0,31	0,24	0,46	0,59	98,40	100,00

3. Аналитический этап:

На основании структурно-элементной модели определены затраты по зонам материальных носителей технологического процесса изготовления корпуса:

- зона материалов – 0,31%
- зона трудовых затрат – 0,24%
- зона затрат на эксплуатацию оборудования – 0,46%
- зона затрат в производственные площади – 0,59%
- зона затрат на пролеживание заготовок – 98,4%

Получили ряд задач по совершенствованию анализируемого технологического процесса:

- улучшить технологические операции №2,3,4,5,6,7,8,9 и, в первую очередь, самые трудоемкие и дорогостоящие №5 и 7;
- снизить долю ручного труда в общей трудоемкости изготовления изделия для операций №1 и 9;
- снизить затраты в зоне производственных площадей, оборудования;

4. Творческий этап:

По задачам, выдвинутым на аналитическом этапе, разработаны технические решения, позволяющие сократить трудоемкость технологического процесса в несколько раз при полной ликвидации ручных операций (разметочной и слесарной) и при сохранении всех необходимых полезных функций (табл. 5,6).

Техническое предложение, связанное с усилением операций №2,3,4,6 заключается в реализации соответствующих операций на фрезерно-сверлильно-расточном станке с ЧПУ, что позволяет полностью отказаться от разметочной операции №1 и сократить суммарную трудоемкость перечисленных операций с 7816 ч до 1122 ч.

Исходные данные и результаты расчетов материальных носителей ФСМ усовершенствованного технологического процесса

Таблица 14.5.

№ п/п	Операция	Модель оборудования	Стоимость станка C_0 , руб	$T_{шт.к.}$, мин	Часовая тарифная ставка $Ст_ч$, руб	Площадь станка $S_{ст}$, m^2	Коэф-т, учитывающий дополнительную площадь $k_{пл}$
1	Фрезерно-сверлильная	6560МФЗ	525000	10800	25,711	5	3
2	Фрезерно-сверлильно-расточная	ЦР800ПМ Ф4	610000	56520	25,711	6	3
	ИТОГО			67320			

Структурно-элементная модель усовершенствованного варианта технологического процесса

Таблица 14.6.

№ п/п	Операция	Затраты, руб/%					Себестоимость операции, руб/%
		На материалы М	Трудовые З	На амортизацию оборудования А	На производственные площади и $C_{пл}$	На пролеживание заготовок $C_{пл пр.}$	
1	Фрезерно-сверлильная	298400	4628	11170	162000	2700000	3176198
		1,48	0,02	0,06	1	13	16
2	Фрезерно-сверлильно-расточная		24220	67920	101736	16956000	16956000
			0,12	0,34	1	84	84
	ИТОГО	298400	28848	79090	263736	19656000	20132198
		1,48	0,14	0,39	1	98	100

5. Исследовательский этап:

Анализируя построенные ФСМ базового и предлагаемого вариантов технологического процесса, выберем и обоснуем наиболее эффективный из них. Приблизительный технико-экономический анализ вариантов реализуем по приведенным затратам B , руб. (табл. 14.7)

Расчет приведенных затрат по анализируемым вариантам
технологического процесса

Таблица 14.7.

№ п/п	№ п/п	Варианты	
		Базовый	Предлагае мый
1	Капитальные вложения в оборудование А	440295	79090
2	Затраты в производственные площади $C_{пл}$	570636	263736
3	Единовременные затраты на оснастку $C_{осн}$	6500	10100
	Капитальные вложения	509	176
4	Технологическая себестоимость C_T	96650809	20132198
5	Нормативный коэффициент экономической эффективности E_n	0,12	0,12
6	Годовая программа выпуска N , шт.	2000	2000
	Приведенные затраты B , руб.*	6308	1437

$$*B = C_T/N + E_n * (A + C_{пл} + C_{осн})/N$$

Таким образом, использование предлагаемого варианта технологического процесса оказывается более эффективным, чем базового, так как приведенные затраты по усовершенствованному варианту технологии на 72% ниже, чем по базовому, при этом ожидаемый годовой эффект от ее внедрения составит:

$$\Delta_{пр} = (B_б - B_{пр}) * N = 9742000 \text{руб.}$$

Кроме того, использование усовершенствованного технологического процесса изготовления корпуса редуктора позволит:

1. снизить технологическую себестоимость изделия на 72%;
2. снизить затраты по зоне трудозатрат в 8 раз, по зоне эксплуатации оборудования – на 90%, по зоне производственных площадей – в 4,5 раза, на пролеживание – в 5 раз;
3. полностью ликвидировать операции с ручным трудом.

6.Рекомендательный этап

Рассмотрев предложения по совершенствованию технологического процесса изготовления корпуса редуктора и их технико-экономическое обоснование, принимается решение рекомендовать к внедрению в производство следующее: заменить оборудование, реализующее базовый вариант тех. процесса, на два, имеющих на участке, станка с ЧПУ и тем самым максимально сконцентрировать технологические переходы на двух операциях с полным сохранением их полезных функций, значительно снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия, практически полностью ликвидировать ручной труд.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения усовершенствованного варианта технологического процесса составит 9742000руб.

Приложение 1. Стоимость материала

Наименование материала	Стоимость 1 кг, руб.
Сталь сортовая конструкторская углеродистая (сталь 20 –сталь 30)	30
Сталь сортовая инструментальная (У7А – У8А)	38
Сталь сортовая конструкционная легированная	45
Сталь конструкционная калиброванная	39
Сталь инструментальная калиброванная	46
Сталь конструкционная серебрянка	52
Трубы стальные тонкостенные	59
Трубы стальные цельнотянутые	48
Стальная лента холодного проката	32
Алюминиевые прутки	245
Алюминиевые трубы	230
Алюминиевые листы	206
Латунные прутки	320
Латунные трубы	370
Латунная проволока	350

Приложение 2. Тарифные ставки станочников

Разряд	Ставка сдельщиков- станочников, руб./час	Ставка сдельщиков, не работающих на металлорежущих станках, руб./час
1	22,553	20,693
2	25,711	23,589
3	29,309	26,891
4	33,412	30,655
5	38,412	34,947
6	38,091	39,947
7	43,423	39,839

Приложение 3. Оборудование

Модель	Стоимость, руб.	Площадь, м ²
Отрезной станок ООС исп.10	40000	1,5
Токарно-винторезный станок 16ВТ20П-01	708 000	6
Токарный станок с ЧПУ 16ГС25Ф3 (S)*	2300000	6
Горизонтально-фрезерный станок 6К82Г	979000	6
Вертикально-фрезерный станок 6К12	994000	6
Фрезерный станок с ЧПУ FU315MRArUG	1353000	8
Шлифовальный станок 3Д711ВФ11-13	808 000	5
Сверлильный ручной станок 2М112	28000	0.2
Фрезерно-сверлильный станок 6560МФ3	525000	5
Фрезерно-сверлильно-расточной ЦР800ПМФ4	610000	6
Оборудование для термообработки		

15. Оформление технологического процесса

Оформление комплекта документов на технологический процесс, т.е. запись на соответствующие формы технологической документации, - это окончательный этап работы.

Приведем примеры разработки и оформления технологического процесса.

Деталь типа тела вращения - вал. Технологический процесс разрабатывается для условий серийного производства. Прежде всего, проводится технологическая корректировка чертежа. На рис.15.1. представлен чертеж откорректированной детали. По сравнению с заданным чертежом введена унификация канавок и фасок, применен более технологичный, т.е. более легкообрабатываемый материал-сталь автоматная.

Вид технологического процесса - единичный, так как дана только одна деталь. Заготовка, конечно, выбирается в виде прутка, поскольку деталь проста по конфигурации и можно выбрать пруток точностью 10-го качества и шероховатостью $Ra = 2,5$ мкм. За технологическую базу выбираем ось. Кроме того, за технологические базы вдоль оси принимаем левый и правый торцы. Это объясняется тем, что деталь достаточно длинная, соотношение $l / d = 62 / 10 = 6,2$, а поэтому деталь должна обрабатываться в центрах. Вначале обработка справа до левой канавки и после - переустановка детали и окончательная обработка.

Технологический процесс в маршрутном описании приведен на рис. 15.2. На рис. 15.3 представлен операционный эскиз детали для токарной обработки. На эскизе нанесены условные обозначения центров и поводка, а также номера операционных элементарных поверхностей в последовательности их обработки.

Технологический процесс в операционном описании токарной операции на операционной карте приведен на рис. 15.3. Обозначение: 0 - описание операции по переходам; Т - перечень оснастки, ПИ - позиция инструмента (номер инструмента в последовательности его применения), i - количество проходов, Д или В - диаметр или ширина детали, L - длина обрабатываемой поверхности.

Деталь типа корпусной - стойка - показана на рис. 15.4, чертеж отливки - на рис.15.5, а технологический процесс в маршрутном описании приведен на рис. 15.6, а в операционном описании на рис. 15.7.

При оформлении документов, входящих в комплект, следует руководствоваться общими требованиями ГОСТов и учебных пособий по правилам записи технической информации.

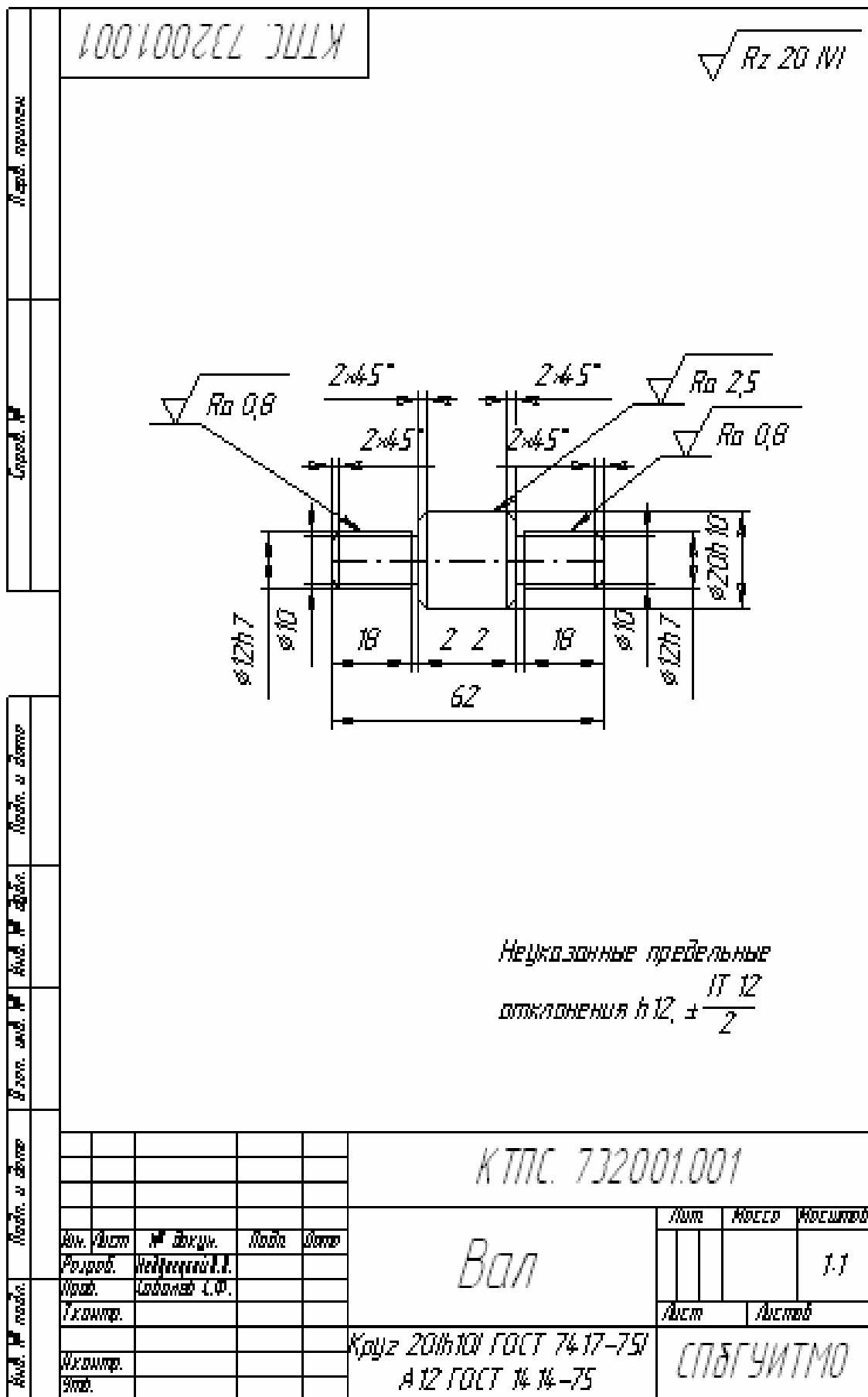


Рис.15.1

МАРШРУТНАЯ КАРТА							Всего листов	Лист
Разработал	Медунецкий В.В.			ИТМО	КТПС.732000.001		1	1
					Обозн. констр. докум.	Код технол. призн.	Обозн. технол. док.	
Преподаватель	Соболев С.Ф.			4651	Стойка	600 шт.		
	Фамилия	Подпись	Дата	Группа	Наименование детали	Годовой объем выпуска деталей		
М	Наименование материала, сортament, размер, марка							
01	Сплав АЛ-2 ГОСТ 2685-63							
М	Профиль и размеры заготовки				Масса детали	Масса заготовки	Кол. дет. из заг.	
02	Отливка				102 гр.	121 гр.	1	
А	Номер операции	Наименование операции						
Б	Наименование оборудования			Модель	Профессия	Разряд	T _{пз}	T _{шт}
А03	1	Литейная						
Б04	По типовому технологическому процессу							
05	2	Фрезерная						
06	Горизонтально-фрезерный станок			6Н804Г	Фрезеровщик	2	28	0,55
07	3	Токарная						
08	Токарно-револьверный станок			1М36	Токарь	3	12	2,8
09	4	Сверлильная						
10	Вертикально-сверлильный станок			2Н106Л	Сверловщик	2	5	1,2
11								
12								
13								
14								

Рис. 15.2

О П Е Р А Ц И О Н Н А Я К А Р Т А					Всего листов	Лист							
Разработал	Медунецкий В.В.			ИТМО	КТПС.732000.001	1	1						
Преподаватель	Соболев С.Ф.			4651	Обозн. констр. докум.	Код технол. призн.	Обозн. технол. док.						
	Фамилия	Подпись	Дата	Группа	Стойка	600 шт.							
					Наименование детали	Годовой объем выпуска деталей							
					Номер и наименование операции		Материал						
					2-Фрезерная		АЛ-2 ГОСТ 2685-63						
					Масса загот.	Масса детали	Профиль. разм. загот.	Кол. одн.изг. дет.					
					121 гр.	110 гр.	Отливка	1					
					Оборудование			Приспособление					
					Горизонтально-фрезерный станок 6Н804Г			Фрезерное специальное					
					T ₀	T _в	T _{пз}	T _{шт.}	Охлаждаемая жидкость				
					0,14	0,38	28	0,55	-				
		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V	T _в	T ₀		
О 01	Фрезеровать поверхность 1 предварительно			1	30	35	0,8	1	710	3150	500	0,19	0,07
О 02	Фрезеровать поверхность 1 окончательно			1	30	35	0,2	1	710	3150	500	0,19	0,07
Т 03	Приспособление; Втулка переходная ГОСТ 13790-68; Фреза 50x50 Р 18												
Т 04	ГОСТ 3752-71; Скоба двухсторонняя 6h14												

Рис. 15.3

МАРШРУТНАЯ КАРТА							Всего листов	Лист	
Разработал	Медунецкий В.В.			ИТМО	КТПС.732001.001		1	1	
					Обозн. констр. докум.	Код технол. призн.	Обозн. технол. док.		
Преподаватель	Соболев С.Ф.			4651	Вал	300 шт.			
	Фамилия	Подпись	Дата	Группа	Наименование детали	Годовой объем выпуска деталей			
М	Наименование материала, сортамент, размер, марка								
01	Сталь автоматная А 12 ГОСТ 1414-75 Круг 20(h10) ГОСТ 1417-75								
М	Профиль и размеры заготовки				Масса детали	Масса заготовки	Кол. дет. из заг.		
02	Круг 20(h10) длиной 64(h14)				86 гр.	109 гр.	1		
А	Номер операции	Наименование операции							
Б	Наименование оборудования				Модель	Профессия	Разряд	T _{пз}	T _{шт}
А03	1	Отрезная							
Б04	Пилоотрезной станок				BC-150	Токарь	2	22	0,8
А05	2	Торцеподрезная центральная							
Б06	Фрезерноцентровальный станок				MP-77	Токарь	2	19	0,5
А07	3	Токарная							
Б08	Токарный станок				1К62	Токарь	3	28	2,5
А09	4	Центрошлифовальная							
Б10	Шлифовальный станок				ЗБ12	Шлифовщик	4	10	1,6
11									
12									
13									
14									

Рис. 15.6

О П Е Р А Ц И О Н Н А Я К А Р Т А							Всего листов	Лист							
Разработал	Медунецкий В.В.			ИТМО	КТПС.732001.001		1	1							
					Обозн. констр. докум.	Код технол. призн.	Обозн. технол. док.								
Преподаватель	Соболев С.Ф.			4651	Вал		300 шт.								
	Фамилия	Подпись	Дата	Группа	Наименование детали		Годовой объем выпуска деталей								
					Номер и наименование операции			Материал							
					3-Токарная			Сталь А-12							
					Масса загот.	Масса детали	Профиль. разм. загот.		Кол. одн.изг. дет.						
					109 гр.	86 гр.	Круг20(h14) дл. 66(h14)		1						
					Оборудование				Приспособление						
					Токарный станок 1К62										
					T ₀	T _в	T _{пз}	T _{шт.}	Охлаждаемая жидкость						
					0,21	2,0	28	2,5	Сульфозрезал						
						ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V	T _в	T ₀
					О 01	А установ. 1. Переход. Точить поверхность 1 предварительно									
О 02	1	12,4	20	3	1	0,28	1600	100	0,32	0,08					
О 03	1	12,4	20	0,8	1	0,13	2000	140	0,25	0,07					
Т 04	Центра; поводок; державка; резец ТК15 16x10x100 ГОСТ 18877-73; Скоба 12,4 h10														
О 05	2	10	3	1,2	1	0,05	2000	62	0,25	0,03					

Т 06	Центра; поводок; державка; резец Т15К6 12x3x70 МН 599-64; штангенциркуль											
О 07		3	12,4	2	2	1	0,13	2000	140	0,18	0,03	
Т 08	Центра; поводок; державка; резец ТК15 16x10x100 ГОСТ 18877-73											
О 09	Б установ. 4. Переход. Точить поверхность 5 предварительно											
О 10		1										См. О 02
О 11	Точить поверхность 5 окончательно	1										См. О 03
Т 12	См. Т 04											
О 13	5 переход. Точить канавку 6	2										См. О 05
Т 14	См. Т 06											
О 15	6 переход. Точить фаски 7 и 8	3										См. О 07
Т 16	См. Т 08											

Рис. 15.7

Литература

1. Справочник технолога-приборостроителя, в 2-х томах. М. Машиностроение, 1980.
2. Справочник технолога – машиностроителя, в 2х томах. Под ред. Дальского А. М. М.: Машиностроение, 2003 г. т. 1 – 912 стр., т. 2 – 944 стр.
3. Мурашкин С. Л.и др. И. И. Технология машиностроения Учебное пособие для вузов. 2-е изд. доп. (ГРИФ) 2005 г., Изд.: Высшая Школа
4. Ларин В.П., Поповская Я.А. Проектирование технологических процессов изготовления деталей приборов: Учеб. Пособие. ГУАП. СПб., 2003. 68 с.
5. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Тимирязев В.А. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении : Учеб. пособие . - М.: Высшая школа, 2004.
6. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник. М.: Машиностроение, 1990.
7. Сагателян Г. Р., Руденко Н. Р., Назаров Н. Г. "Анализ технологичности конструкций деталей приборов, изготовленных методами обработки материалов резанием." ЗАО " Информ-знание" М5С, М. 1995.
8. Соболев С.Ф., Медунецкий В.М., Иванов А.Ю., Магдиев Р.Р. Технология конструкционных материалов. С-Петербург, ГИТМО(ТУ), 2005, с. 180.
9. Соболев С.Ф. Базовый конспект лекций и методические указания по курсу технологии приборостроения. <http://de.ifmo.ru>, дистанционные курсы, общепрофессиональные дисциплины, кафедра технологии приборостроения.
10. Схиртладзе А.Г. и др. Режущий инструмент. Учебник, 2 издание, грф МО РФ, М.: Машиностроение, 2005.
11. Технология приборостроения. Журнал. Индекс 81734. Периодичность - 4 раза в год.
12. Технология приборостроения. 1 часть. Электронный учебник МГТУ. Под ред. проф. И.П.Бушминского. 2006. www.bmstu.ru.

Оглавление

Введение	3
1. Исходные данные.....	4
1.1. Конструкторская документация.....	4
1.2. Тип производства и объем выпуска деталей.....	6
2. Отработка конструкции на технологичность.....	7
3. Выбор вида технологического процесса.....	14
4. Выбор заготовки.....	16
4.1. Виды заготовок	16
4.2. Заготовки из сортового материала.....	16
4.3. Отливки.....	20
4.4. Штамповки и поковки.....	21
5. Базы и базирование заготовок.....	22
5.1. Назначение и виды баз.....	22
5.2. Правила выбора баз.....	22
5.3. Пересчет размеров при смене баз.....	24
6. Выбор маршрута обработки заготовки.....	32
7. Разработка содержания операций.....	34
8. Расчет межоперационных припусков	47
9. Расчет режимов резания	52
9.1. Общие рекомендации.....	52
9.2. Точение.....	54
9.3. Сверление. Рассверливание. Зенкерование. Развертывание.....	59
9.4. Фрезерование.....	64
9.5. Шлифование.....	68
10. Выбор оборудования.....	71
11. Выбор технологической оснастки.....	73
12. Нормирование	79
13. Требование по технике безопасности и охране окружающей среды.....	91
14. Функционально-стоимостной анализ технологического процесса.....	92
15. Оформление технологического процесса.....	105
Литература.....	115

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Кафедра технологии приборостроения относится к числу ведущих кафедр института со дня его основания в 1931 году. Тогда она называлась кафедрой механической технологии и возглавлялась известным ученым в области разработки инструмента профессором А.П. Знаменским. Позже она была переименована в кафедру технологии приборостроения.

За время своего существования кафедра выпустила из стен института более тысячи квалифицированных инженеров, более сотни кандидатов и докторов наук. В разные годы ее возглавляли известные ученые и педагоги профессора Николай Павлович Соболев и Сергей Петрович Митрофанов.

В настоящее время кафедра осуществляет выпуск специалистов по специальностям "Технология приборостроения" (инженер-технолог, инженер-технолог-менеджер, инженер-технолог по искусственному интеллекту в приборостроении) и "Системы автоматизированного проектирования" (инженер-системотехник). На кафедре ведется подготовка бакалавров, магистров, инженеров и аспирантов по названным специализациям силами семи профессоров и девяти доцентов.

Основными научными направлениями кафедры являются: научные основы организации группового производства (руководители: С.П. Митрофанов, Д.Д. Куликов, Б.С. Падун); автоматизация технологической подготовки производства (руководители: Д.Д. Куликов, Б.С. Падун, Е.И. Яблочников); регуляризация микрорельефа поверхностей деталей машин и приборов (руководители: Н.Д. Фролов, Ю.П. Кузьмин); управление функциональными свойствами поверхностного слоя деталей (руководитель: В.А. Валетов).

Кафедра имеет тесные научные и учебные связи с Университетами Германии, Франции, Китая. Наиболее способные студенты и аспиранты проходят стажировку по интересующим их проблемам в Техническом университете г. Ильменау (Германия).

Соболев Сергей Федорович
Кузьмин Юрий Петрович

В авторской реакции

Методические указания
по разработке технологических процессов изготовления деталей
механической обработкой

Компьютерная верстка(подготовка оригинал макета) А.А. Талызин

Редакционно-издательский отдел Санкт-Петербургского государственного
университета информационных технологий, механики и оптики
Заведующая РИО Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати 10.12.2007
Тираж 100 экз. Заказ № 1103
Отпечатано на ризографе.

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского государственного
университета информационных
технологий, механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

