Ковалев В.Г.

Курс лекций "Технология приборостроения", часть 1.

Введнение.

"Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" предусмотрен неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа, создание лучших условий для всестороннего развития личности на основе дальнейшего повышения эффективности всего общественного производства, увеличения производительности труда, роста социальной и трудовой активности трудящихся.

Для обеспечения решения этих задач народное хозяйство должно изготовлять большое количество машин и приборов, в том числе радиоэлектронных. Для этого нужно не только увеличивать объем выпуска различных материалов, но и обеспечивать их рациональное использование, что существенно снижает экономические затраты и прямо способствует выполнению поставленных задач.

С целью обеспечения новых потребностей народного хозяйства при создании новых и приборных устройств широко используют новые конструкционные материалы: сверхчистые, сверхтвердые, жаропрочные, порошковые, полимерные и другие материалы, позволяющие резко повысить технический уровень, надежность, снизить затраты на производство. Обработка этих материалов связана со значительными технологическими трудностями.

Развитие и совершенствование любого производства в настоящее время связано также и с его автоматизацией, созданием робототехнических комплексов, широким использованием вычислительной техники, применение станков с числовым программным управлением. Эти элементы составляют базу, на которой создаются автоматизированные системы управления, становятся возможными оптимизация технологических процессов и режимов обработки, создание гибких автоматизированных производств.

Решение таких задач возможно только высоквалифицированными инженерами, в деятельности которых применение на практике технологических наук имеет очень большое значение. При создании конструкции различных приборных устройств инженер должен обеспечивать определенные их технические и эксплуатационные характеристики и надежность в работе, учитывать особенности технологических методов обработки и сборки, а также экономическую целесообразность изготовления избранной конструкции.

Для этого инженер должен обладать глубокими технологическими знаниями в области расчета приборных устройств.

Предметом изучения курса "Технология конструкционных материалов" являются современные рациональные и распространенные в промышленности наиболее прогрессивные технологические методы формообразования заготовок и деталей приборов литьем, обработкой давлением, переработкой пластмасс, порошковой металлургией, методами керамики, обработкой резанием, электрофизическими и другими методами. В этом курсе студенты получают кроме общеинженерной и специальную подготовку в производстве некоторых видов изделий. Этот курс является основой для изучения последующих технологических курсов "Технология приборостроения" и "Специальная технология".

Создание и развитие конструкции любого изделия производится в несколько этапов и значительная часть этапов конструирования изделия тесно связана с технологией, а пренебрежение технологическими требованиями приводит к значительным экономическим, а иногда и техническим потерям: изделие изготовляется в более продолжительные сроки (часто срок увеличивается в несколько раз),технические показатели ухудшаются, увеличивается материалоемкость. Иногда становится невозможно изготовить изделие в планируемые сроки.

Уровень технологического мышления (т.е. возможность представления путей изготовления всего изделия) в значительной мере определяет технические возможности конструирования новых электронных изделий. Это легко проследить на основе развития электронных приборов (радиоэлектронных устройств и в том числе ЭВМ).Масса, потребляемая мощность, размеры, время безотказной работы этих приборов в период с 1946 года по настоящее время сократились более чем в 10-100 раз, а надежность в такое же количество раз увеличилась.

**Часть 1.Основные понятия об изделии, производственном и технологическим процессах. Понятие о качестве приборов.**

**1.1.Виды изделий.**

Изделие-единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах [ГОСТ 15895-77].

Изделия приборостроительного производства в зависимости от их назначения, делят на изделия основного производства и вспомогательного. К первым относятся изделия, предназначенные для поставки (системы автоматического управления; приборы и датчики давления; приборы и датчики линейных и угловых скоростей; приборы и датчики измерения медико-биологических параметров и др.).

ГОСТ 2.101-68 устанавливает следующие виды изделий:

-деталь-изделие, изготовляемое из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций (зубчатое колесо отсчетного устройства; корпус редуктора; подложка микросхемы; штампованная пластина магнитопровода; цилиндр рулевой машинки и др.);

- сборочная единица-изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой, склеиванием и др.).

Например, тахометр, автопилот, потенциометр, микромодуль, микросхема, накопитель на магнитных дисках;

- комплекс-два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимно связанных эксплуатационных функций (ракетный комплекс: ракета, пусковая установка, средства управления);

-комплект-два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющими собой набор изделий имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (комплект контрольно-измерительных устройств);

Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делятся на:

-неспецифицированные (детали)-не имеющие составных частей;

-специфицированные (сборочные единицы, комплексы и комплекты)-состоящие из двух и более составных частей.

**1.2.Виды конструкторских документов.**

К конструкторским документам согласно ГОСТ 2.102-68 относятся

графические (чертеж детали, сборочный чертеж, чертеж общего вида, монтажный чертеж и др.) и текстовые документы (пояснительная записка, технические условия, патентный формуляр и др.), которые в отдельности или совокупности определяют состав или устройство прибора и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Чертеж детали - документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

Сборочный чертеж - документ, содержащий изображение сборочной единицы и др. данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам относят также гидромонтажные, пневмомонтажные и электромонтажные чертежи.

Чертеж общего вида- документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей поясняющий принцип работы изделия.

Технические условия- документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке, поставке, которые целесообразно указывать в других конструкторских документах.

**1.3.Основные этапы проектирования приборов.**

По ГОСТ 2.103-68 установлены стадии разработки конструкторской документации на все виды изделий промышленности.

1.Стадия "Техническое задание" - разработка НИИ на основе анализа работы, эксплуатации, изучения имеющихся образцов; используется техническая и научная литература, а также результаты расчета основных параметров.

ТЗ устанавливает основное назначение технических и тактико-технических характеристик, показатели качества и тактико-экономические требования к изделию, выполнение определенных этапов разработки конструкторской документации и ее основ, а также специальные требования к изделию.

2.Стадия "Техническое предложение" - разработка технического предложения по результатам анализа ТЗ , с присвоением документации литеры "П".

Техническое предложение-совокупность конструкторских документов, которые должны содержать техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документации изделия на основе анализа ТЗ заказчика и различных вариантов возможных решений создаваемых изделий, сравнительные оценки с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов.

3.Стадия "Эскизный проект" - техническое предложение после согласования и утверждения является основанием для разработки эскизного проекта с присвоением документации литеры "Э".

Эскизный проект - совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие название, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Эскизный проект после согласования и утверждения служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

4.Стадия "Технический проект" - на основании эскизной разработки отрабатывается концепция для обеспечения наиболее компактной конструкции, рациональной (технико-экономической) разбивки изделия на сборочные единицы и детали, выявления возможности использования нормализованных и стандартных агрегатов, сборочных единиц деталей.

Технический проект - совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательное техническое решение, дающее полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и исходные данные для разработки рабочей документации.

Технический проект после согласования и утверждения служит основанием для разработки конструкторской документации. Он состоит из чертежей общих видов изделия с присвоением литеры "Т".

5.Разработка рабочей документации - рабочие чертежи с техническими условиями, содержащие все данные для изготовления и контроля изделия: сборочные чертежи, чертежи деталей, спецификация деталей, материала.

По ГОСТ 3.1102-74 устанавливаются стадии разработки технической документации и этапы выполнения этих работ на изделии.

Стадии технологической подготовки проводят параллельно с этапами конструкторской подготовки. Этапы работы приведены в таблице.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Стадии | Разработки | Стадии технологической |
| Контрукторская документация | Технологическая документация | подготовки |
| 1.Техническое задание и техническое предложение | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
| 2.Эскизный и технический проекты | Предварительный проект | Разработка предварительного проекта с присвоением литеры "П". |
| 3.Разработка рабочей документации:  а) опытного образца  б) установочной серии  в) серийного или массового производства | Рабочий технологический процесс опытного образца.  Рабочий технологический процесс установочной серии.  Рабочий технологический процесс массового производства. | Разработка технологической документации для изготовления и испытания опытного образца в масштабе опытного производства. Корректировка технологических документов по результатам корректировки конструкторской документации. Присвоение документации литеры "О".  Разработка технологической документации для изготовления и испытания установочной серии. Корректировка технологических документов по результатам изготовления и испытания установочной серии. Присвоение документации литеры "А".  Разработка технологической документации для изготовления и испытания контрольной серии. Корректировка технологических документов по результатам изготовления и испытания контрольной серии и результатам корректировки контрольных документов с присвоением литеры "Б" технологическим документам, окончательно отработанным и проверенным в производстве изготовленных изделий по зафиксированному и полностью оснащенному технологическому процессу. |

Предварительный проект предназначен для проверки технологичности конструкции изделия на стадиях эскизного и технического проектов. Он содержит перечни специальных и типовых технологических процессов, технических заданий на разработку специального технологического оборудования и оснастки.

Предварительный проект служит основанием для разработки рабочей технологической документации: опытного образца, установочной серии, серийного или массового производства.

Таким образом технологическая подготовка производства состоит из проектирования технологического процесса, конструирования и изготовления технологической оснастки, разработки технологии контроля и конструирования средств для его осуществления, разработки технических нормативов и спецификаций.

**1.4.Производственный и технологический процессы. Структура технологического процесса.**

Производственный процесс (ГОСТ 3.1109-73) - совокупность всех действий людей и орудий приборостроительного производства, необходимых на данном предприятии для изготовления выпускаемых приборов и устройств. Производственный процесс включает не только основные процессы, непосредственно связанные с изготовлением приборов и устройств, подлежащих поставке, но все вспомогательные процессы: изготовление режущего и контрольно-измерительного инструмента, изготовление и ремонт технологической оснастки и специального оборудования и др.

Технологический процесс - часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда (ГОСТ 3.1109-82).

Структура технологического процесса.

С целью обеспечения наиболее рационального процесса механической обработки заготовки составляется план обработки с указанием порядка обработки и способа обработки поверхностей. В связи с этим весь процесс механической обработки расчленяется на составные части: технологические операции, установы, позиции, переходы, проходы, приемы.

Технологическая операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (токарно-револьверная операция, шлифовальная операция, операция напыления слоя микросхемы и др.). Технологическая операция состоит из элементов: установка технологического перехода, вспомогательного перехода, рабочего хода, вспомогательного хода и позиции.

Рабочее место - это зона, оснащенная необходимыми технологическими средствами, в которой совершается трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей (ГОСТ 19605-11).

Установ - часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Технологический переход - законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Вспомогательный переход - законченная часть технологической операции, состоящая из действия человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода. Примерами вспомогательных переходов являются установка заготовки, смена инструмента и т.д.

Рабочий ход - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемая изменением формы, размеров, чистоты поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательный ход - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для выполнения рабочего хода.

Позиция - фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Прием - законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

**1.5 Типы производс**Òèï ïðîèçâîäñòâà (ÃÎÑÒ 14.004-74) îïðåäåëÿåò ïîñòðîåíèå è ñòåïåíü äåòàëèçàöèè ðàçðàáîòêè òåõíîëîãè÷åñêèõ ïðîöåññîâ.

Тип производства - классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпускаемых изделий. Различают типы производства: единичное, серийное и массовое. Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций.

Коэффициент закрепления операций - отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

Единичное производство - производство, характеризуемое широкой номенклатурой изготовляемых изделий и малым объемом выпуска изделий.

Серийное производство - производство, характеризуемое ограниченной номенклатурой изделий, изготовляемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. Коэффициент закрепления операций в соответствии с ГОСТ 3.1108-74 принимают равным:

-для мелкосерийного производства - свыше 20 до 40 включительно;

- для среднесерийного производства - свыше 10 до 20 включительно;

- для крупносерийного производства - свыше 1 до 10 включительно.

Массовое производство - производство, характеризуемое узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготовляемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени. Коэффициент закрепления операций в соответствии с ГОСТ 3.1108-74 для массового производства принимают равным 1.

Вид производства - классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления детали. Примерами видов производства являются литейное, сварочное и т.д.

**1.6. Виды технологических проце** ÃÎÑÒ 14.302-73 óñòàíàâëèâàåò äâà âèäà òåõíîëîãè÷åñêèõ ïðîöåññîâ: åäèíè÷íûé è òèïîâîé. Âèä òåõíîëîãè÷åñêîãî ïðîöåññà îïðåäåëÿåòñÿ êîëè÷åñòâîì èçäåëèé, îõâàòûâàåìûõ ïðîöåññîì (îäíî èçäåëèå, ãðóïïû îäíîòèïíûõ èëè ðàçíîòèïíûõ èçäåëèé).

Единичный технологический процесс применяется для изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимого от типа производства.

Типовой технологический процесс применяется:

а) как информационная основа при разработке рабочего технологического процесса;

б) как рабочий технологический процесс при наличии всей необходимой информации для изготовления детали, база для разработки стандарта на типовые технологические процессы.

Каждый вид технологических процессов характеризуется следующими признаками:

а) основным назначением процесса:

-рабочий,

-перспективный;

б) степенью детализации содержания процесса:

-маршрутный,

-операционный,

-маршрутно-операционный.

Рабочий технологический процесс применяется для изготовления конкретного изделия в соответствии с требованиями рабочей технической документации.

Перспективный технологический процесс разрабатывается как информационная основа для для разработки рабочих технологических процессов при техническом и организационным перевооружении производства. Рассчитан на применение более совершенных способов обработки, более производительных и экономически эффективных средств технологического оснащения и изменения принципов организации производства.

ГОСТ 3.1109-73 устанавливает следующие наименования технологических процессов.

Проектный технологический процесс - технологический процесс, выполняемый по предварительному проекту технологической документации.

Рабочий технологический процесс - технологический процесс, выполняемый по рабочей технологической и (или) конструкторской документации.

Единичный технологический процесс - технологический процесс, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс - технологический процесс, характеризуемый единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками.

Стандартный технологический процесс - технологический процесс, установленный стандартом.

Временный технологический процесс - технологический процесс, применяемый на предриятии в течении ограниченного периода времени из-за отсутствия надлежащего оборудования или в связи с аварией до замены на более современный.

Перспективный технологический процесс - технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии.

Маршрутный технологический процесс - технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Операционный технологический процесс - технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки.

Машинно-операционный технологический процесс - технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание отдельных операций излагается безуказаний переходов и режимов обработки.

**1.7 Основные методы организации технологических процес**Ôîðìà îðãàíèçàöèè òåõíîëîãè÷åñêèõ ïðîöåññîâ èçãîòîâëåíèÿ èçäåëèÿ çàâèñèò îò óñòàíîâëåííîãî ïîðÿäêà âûïîëíåíèÿ îïåðàöèé òåõíîëîãè÷åñêîãî ïðîöåññà, ðàñïîëîæåíèÿ òåõíîëîãè÷åñêîãî îáîðóäîâàíèÿ, êîëè÷åñòâà èçäåëèé è íàïðàâëåíèÿ èõ äâèæåíèÿ â ïðîöåññå èçãîòîâëåíèÿ.

ГОСТ 14.312-74 устанавливает две формы организации технологических процессов:

- групповая;

- поточная.

Групповая форма организации технологических процессов характеризуется однородностью конструктивно-технологических признаков изделий, единством средств технологического оснащения одной или нескольких технологических операций и специализации рабочих мест.

Поточная форма организации технологических процессов характеризуется:

-специализацией каждого рабочего места на определенной операции;

-согласованным и ритмичным выполнением всех операций технологического процесса на основе постоянства такта выпуска;

-размещением рабочих мест в последовательности, строго соответствующей технологическому процессу.

Факторы, определяющие форму организации технологического процесса, и соответсвующие ей характеристики следует выбирать в следующем порядке:

-определяют виды изделий;

-группируют изделия по общности конструкторско-технологических признаков;

-устанавливают тип производства изделий и их составных частей;

-учитывают программу выпуска каждого изделия и календарные сроки их выпуска;

-определяют длительность производственных процессов и наладок технологического оборудования;

-определяют потребное количество оборудования и коэффициенты его загрузки;

-определяют показатель относительной трудоемкости.

Основой при групповой форме организации технологических процессов является группирование изделий по конструктивно-технологическим признакам.

Группы изделий для обработки в определенном структурном подразделении (цехе, участке и т.д.) устанавливаются с учетом трудоемкости обработки и объема выпуска.

По результатам анализа классификационных групп изделий и показателей относительной трудоемкости следует устанавливать профиль специализации каждого структурного подразделения (цеха, участка и т.д.), отбирать и закреплять изделия за подразделениями.

Поточную форму организации технологических процессов в зависимости от номенклатуры одновременно обрабатываемых изделий подразделяют на:

-однономенклатурную поточную линию;

-многономенклатурную поточную линию.

Однономенклатурная поточная линия характеризуется обработкой изделия одного наименования по закрепленному технологическому процессу в течение длительного периода времени.

Однономенклатурную поточную линию в зависимости от количества одновременно обрабатываемых объектов одного наименования подразделяют на:

-однопоточную,

-многопоточную.

Однопоточная линия характеризуется обработкой на каждой операции одного объекта одного наименования.

Многопоточная линия характеризуется одновременной обработкой на каждой операции двух и более объектов одного наименования, причем выполнение операций дублируется для каждого объекта.

Многономенклатурная поточная линия характеризуется последовательной обработкой групп изделий двух и более наименований по типовому технологическому процессу.

В зависимости от характера движения изделий по операциям различают поточные линии:

-прерывные;

-непрерывные.

**1.8.Понятие о качестве приборов.**

**Общие положения.**

Согласно ГОСТу 15.467-70 под качеством приборов понимается совокупность свойств продукции (прибора), обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Свойство прибора - это объективная особенность продукции приборостроительного производства, проявляющаяся при ее создании и эксплуатации. К свойствам приборов можно отнести точность, стабильность, экономичность, надежность работы изделия и др.

Количественной характеристикой свойств приборов, входящих в состав ее качества (применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации) является показатель качества приборов.

Единичный показатель качества - это показатель качества прибора, относящийся только к одному из его свойств. Например, единичным показателем качества усилителей низкой частоты будут: коэффициент нелинейных искажений, выраженный в процентах; неравномерность частотной характеристики и динамический диапазон, выраженные в децибелах и др.

Комплексным показателем качества продукции называется такой показатель качества продукции, который относится к нескольким ее свойствам. С помощью данного показателя можно в целом охарактеризовать качество того или иного прибора. Разновидностью комплексного показателя качества, позволяющего с экономической точки зрения определить оптимальную совокупность свойств изделия, является интегральный показатель качества. Это комплексный показатель качества, который отражает соотношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации и суммарных затрат на создание и эксплуатацию прибора.

Для определения относительной характеристики качества прибора используют базовый показатель качества, принятый за исходный при сравнительных оценках качества.

Относительной характеристикой качества продукции основанной на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей, является уровень качества приборов.

**Основные группы показателей качества.**

Качество продукции не является результатом только производственного процесса, оно формируется на всех этапах создания и потребления изделия - проектирования, изготовления и эксплуатации.

Поскольку качество рассматривается как степень соответствия свойств изделия требованиям потребителя, то она определяется на всех этапах, где учитываются нужды потребителя, определяются и реализуются свойства изделия.

В настоящее время показатели качества рекомендуется классифицировать по следующим восьми группам:

1.Показатели назначения , которые определяют полезный эффект от использования прибора по назначению и область его применения. К ним относятся показатели, используемые для классификации по назначению характеризующие конструкцию прибора, его техническое совершенство, состав, структуру, транспортабельность (например, точность, коэффициент нелинейных искажений, динамический диапазон, полоса воспроизводимых частот, выходная мощность, к.п.д., масса, габаритные размеры и т.п.).

2.Показатели надежности и долговечности, которые характеризуют безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость и долговечность прибора определяется ГОСТ 133777-75.

3.Показатели технологичности, характеризующие эффективность конструктивно-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте прибора. К этим показателям относятся: коэффициент сборности изделий, коэффициент рационального использования материалов, а также удельные показатели трудоемкости производства. Термины и определения технологичности конструкции приводятся в ГОСТ 18831-73.

4.Эргономические показатели, характеризующие систему «человек-изделие-среда». Для многих приборов такие показатели являются одними из основных.

Эргономические показатели можно классифицировать на:

а) гигиенические показатели (уровни оснащенности, температуры, влажности, давления, напряженности магнитного и электрического полей, запыленности, излучения, шума, вибрации и перегрузки);

б) антропометрические показатели (соответствие конструкции изделия размерам тела человека и его отдельных частей, распределение веса человека);

в) физиологические и психофизиологические показатели (соответствие конструкции изделия силовым возможностям человека, скоростным возможностям, зрительным, психофизиологическим, слуховым и осязательным);

г) психологические показатели (соответствие изделия возможностям восприятия и переработки информации, закрепляемым и вновь формируемым навыкам человека при пользовании изделием.

5.Эстетические показатели, характеризующие художественность, выразительность и оригинальность формы изделия, гармоничность и целостность конструкции изделия среде и стилю, цветовое и декоративное решение изделия, художественное решение упаковки и т.п.

Основной закон художественного конструирования можно сформулировать следующим образом: неразрывная связь функции, конструкции и формы, или иначе единство функционального, конструктивного и эстетического.

6.Показатели стандартизации и унификации характеризуют степень использования в конкретном изделии стандартизированных деталей, сборочных единиц, блоков и уровень унификации составных частей изделия. Для его оценки используются такие характеристики, как коэффициент унификации, коэффициент применяемости, коэффициент повторяемости и др.

7.Патентно-правовые показатели, характеризующие степень патентной защиты и патентной чистоты изделий.

При определении данных показателей, учитываются наличие в изделии отечественных изобретений, защищаемых авторскими свидетельствами СССР и патентами за рубежом и наличии регистрации промышленного образца и товарного в СССР и странах предполагаемого экспорта. Для более объективного определения патентно-правовых показателей следует учитывать неравноценный технико-экономический эффект от внедрения этих изобретений, степень и время известности технических решений, заложенных в изделии; значимость нарушаемых патентов для изделия в целом.

8.Экономические показатели характеризуют затраты на проведение научно-технических и опытно-конструкторских работ, связанных с разработкой данного изделия, а также экономическую эффективность эксплуатации.

Это особый вид показателей, оценивающих ремонтопригодность продукции, ее технологичность, уровень стандартизации и унификации и патентную чистоту.

9. Точность – это степень соответствия изготовленого параметра изделия заданному параметру. Различают заданную, полученную и ожидаемую точность. Также различают способы получения требуемой точности: 1 – последовательного получения на заготовке заданной точности, 2- автоматического получения заданной точности.

**Понятие о качестве поверхности.**

Эксплуатационные характеристики деталей (износостойкость, стойкость против коррозии, прочность, величина сил трения и др.) в значительной степени зависят от качества поверхности.

Под качеством поверхности деталей понимают физико-механическое и геометрическое состояние поверхности.

С физико-механической точки зрения качество поверхности определяют отклонение физических и механических свойств поверхностного слоя металла от его свойств в середине детали. При каждом методе обработки происходит изменение поверхностного слоя. Так при резании возникают структуры, микротвердости (степень и глубина наклепа), возникают остаточные напряжения.

В процессе резания происходит пластическое деформирование слоя металла и изменение структуры. Металл в результате пластического деформирования становится упрочненным: увеличивается прочность и появляются остаточные напряжения.

Степень упрочнения и глубина упрочненного слоя зависят от метода обработки, режима резания, геометрии состояния (остроты) рабочей кромки инструмента и свойств исходного металла, скорости резания.

Степень упрочнения и глубину упрочненного слоя обработанной поверхности определяют путем измерения микротвердости на поверхности среза прибором ПМТ-3.

Данные измерения показывают, что при всех методах механической обработки в поверхностном слое возникает упрочнение:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод обработки | Степень упрочнения  пов-ти \*100 % ,  середин.  среднее значение | Глубина упрочненного слоя,,мкм |
| Сверление и зеикерование | 160-170 | 80-200 |
| Развертывание | --- | до 300 |
| Потягивание | 150-200 | 20-75 |
| Зубофрез. и зубодолб. | 160-200 | 120-150 |
| Фрезирован.торцев | 140-160 | 40-100 |
| Фрезирован.цилиндрич. | 120-140 | 40-80 |
| Точение | 140-180 | 20-60 |
| Шлифование круглое  Углеродистой.стали:  а) закаленной  б) незакаленной | 125-130  140-160 | 20-40  30-60 |
| Шлифование плоское | 150 | 16-35 |
| Притирка пастами ГОИ | 112-117 | 3-7 |

Знак остаточных напряжений зависит от режима и метода обработки. Так при обтачивании с малой скоростью в поверхностном слое возникают сжимающие напряжения, а при больших скоростях растягивающие. При выборе режимов резания следует учитывать, что остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое увеличивают усталостную прочность, растяжение - снижают. Внутренние напряжения могут с течением времени приводить к изменению формы детали. При горячей обработке (горячая штамповка, литье, прокатка) поверхностный слой обезуглероживается на глубину 50-200 мк, у холоднотянутой калиброванной стали наблюдается частичное обезуглероживание до 70 мк. Обезуглероживание поверхностного слоя имеет место и при резании, когда возникают значительные температуры (например, шлифование).

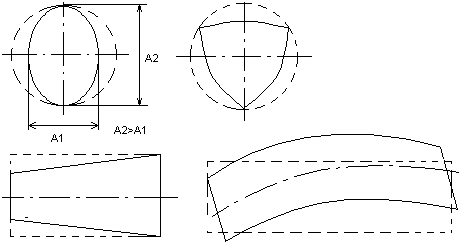
С геометрической точки зрения качество поверхности оценивается следующими параметрами:

- макронеровностью,

- волнистостью,

- микронеровностью (шероховатостью).

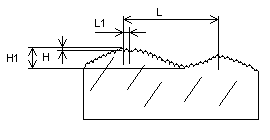
Под макронеровностью понимают единичные, неповторяющиеся регулярно отклонения поверхности от номинальной формы с малой высотой и очень большим числом (для цилиндрических деталей- овальность сечения, криволинейность, огранка, конусность, бочкообразность, выгнутость и т.д.).



Волнистость - периодическое чередование выступов и впадин, вызванные неравномерностью процесса резания (вибрацией).

Микронеровность (шероховатость) - действительное состояние поверхности на малом ее участке (1 кв.мм).

Пример: микронеровность и волнистость поверхности.



Критерий:

Lнб/Ннб >1000 макронеровность,

L1/Н1 = 50...100 -волнистость,

Lнм/Ннм <50 -микронеровность.

Шероховатость поверхности (ГОСТ 2789-73).

Параметры шероховатости поверхности:

Ra - среднее арифметическое отклонение профиля (100-0.008 мкм),

Rz - высота неровностей профиля по десяти точкам (1600-0.025 мкм),

Rmax - наибольшая высота неровностей профиля (1600-0.025 мкм),

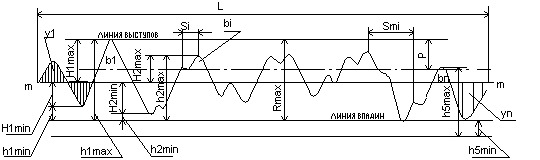
Sm - средний шаг неровностей (12.5-0.002 мкм),

S - средний шаг неровностей по вершинам (12.5-0.002 мм),

tp - относительная опорная длина профиля, p- значение уровня сечения профиля.

Предельные значения параметров указаны выше в скобках. При необходимости устанавливают направление неровностей поверхности.

Ra - среднее арифметическое абсолютных значений отклонений в пределах базовой длины



n

Ra ≅ 1/n \* Σ |yi|,

i=L

где L - базовая длина.

Rz - сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов в пределах базовой длины

5 5

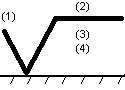
Rz= 1/5 \*(Σ |Himax|+|Σ|Himin|),

i=1 i=1

где Himax - отклонение пяти наибольших максимумов профиля; Himin - отклонение пяти наибольших минимумов профиля.

Обозначение шероховатости поверхности.

На месте цифр на рисунке делаются следующие надписи:



(1)- параметр шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73;

(2)- вид обработки поверхности и др. указания;

(3)- базовая длина по ГОСТ 2789-73;

(4)- условные обозначения направления неровностей.

Применяемые знаки:

- вид обработки конструктором не устанавливается;



- поверхность, образованная удалением слоя металла (точение, шлифование, травление и др.);



- поверхность образована без удаления слоя металла (литье, обработка давлением и др.) или поверхность не обрабатываемая по данному чертежу. Ra не пишется в обозначении.



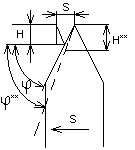
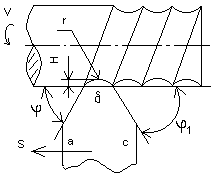
Причины возникновения микронеровностей.

Микронеровность - основной параметр, оказывающий наиболее разностороннее влияние на эксплуатационные характеристики деталей приборов. Микронеровность характеризуется высотой гребешков. На высоту микронеровностей оказывают влияние:

1.Геометрические параметры инструмента,

2.Скорость резания и подача,

3.Установка инструмента относительно оси вращения.



1.Влияние геометрических параметров инструмента.

1. и ϕ1 - углы резца в плане главный и вспомогательный.

АВ - главное режущее лезвие.

ВС - вспомогательное режущее лезвие.

Режущие кромки сопряжены радиусом r. Высота микронеровностей H связана с шагом подачи S.

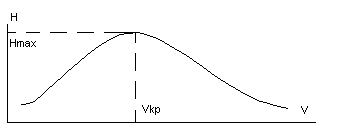
Углы ϕ и ϕ1 в значительной степени влияют на микронеровности. С увеличением ϕ и ϕ1 высота микронеровностей увеличивается, с уменьшением - уменьшается.

Величины ϕ и ϕ1 влияют на силы резания. Чем меньше ϕ и ϕ1, тем больше силы резания и наоборот. В свою очередь силы резания также влияют на микронеровности, т.к. при различных силах заготовка получает различный прогиб.

При необходимости получения точением минимальных микронеровностей нужно стремиться к тому, чтобы ϕ→0. Припуск на обработку в этом случае должен быть минимальным.

1. Влияние скорости резания.

Влияние скорости резания на чистоту поверхности связано с образованием нароста на резце. Нарост с увеличением скорости до некоторой величины увеличивается, а при дальнейшем увеличении скорости уменьшается. Скорость, при которой возникает наибольшая величина нароста, называется критической. Для сталей она равна 15-30 м/сек. Соответственно увеличению нароста на резце увеличиваются силы резания, прогибающие обрабатываемую заготовку, благодаря чему увеличивается высота микронеровностей.



При скорости V>Vкр нарост не успевает образовываться и почти не удерживается на резце.

1. Влияние установки инструмента относительно оси вращения.

Вершина резца должна устанавливаться на оси вращения, при другом положении вершины резца увеличиваются силы резания, и ухудшается поверхность образца.

Качество поверхности устанавливается на основе ГОСТ 2789-73.

Количественно оно определяется одним из следующих параметров:

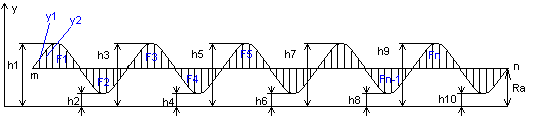
а) средним арифметическим отклонением Rа=100..0.08 мкм

б) высотой неровностей Rz=1600..0.025 мкм

Rмах=1600..0.025 мкм

S=12.5..0.002 мкм

Sn=12.5..0.002 мкм



средним арифметическим отклонением профиля Rа называется среднее арифметическое расстояний (Y1,Y2,Y3,...,Yn) точек измеренного профиля до его средней линии m-m (рис.).

Средняя линия m-m делит измеренный профиль таким образом, что в пределах базовой длины L сумма квадратов расстояний (Y1,Y2,Y3,...,Yn) точек профиля до этой линии минимальна. При определении положения средней линии допускается следующее условие: в пределах базовой длины L площади по обеим сторонам линии m-m до линии профиля равны между собой

F1+F3+...+Fn-1=F2+F4+...+Fn

Среднее арифметическое отклонения профиля Rа до средний линии суммируется без учета алгебраического знака

n

Rа=(еYi)/n

i=1

Высота неровностей Rz - это среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины L пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, || -ой средней линии m-m (рис.).

Rz=(h1+h3+...+h9)+(h2+h4+...+h10)

5

Стандартом установлено 14 классов чистоты поверхности. Самый грубый класс чистоты 1й класс - ∇1, самый высококачественный – Ra=0,003 мкм. Шероховатость грубее 1го класса обозначается знаком, над которым указывается высота неровностей в миикронах. Для 1го класса Rz=300 мкм и Rа=80 мкм; для 14го класса Rz=0.05 мкм и Rа=0.01 мкм. ГОСТом определяются величины для оценки микронеровностей (класса чистоты), так 6-12 классов определяются по Rа, а 1-5 и 13-14 по Rz. Это объясняется тем, что при определении чистоты пользуются различными приборами, дающими в зависимости от измеряемых величин различную погрешность. Приборы позволяют записать в увеличенном масштабе профиль поверхности - профилограмму поверхности. Для определения микронеровностей применяют контактные приборы (оптико-механические профилографы, электродинамические, пьезоэлектрические и индуктивные профилографы) и бесконтактные (интерференционные, двойные, микроскопы, микроскопы сравнения) приборы.



При проектировании технологических процессов следует пользоваться соответствующими материалами, в которых указан класс чистоты поверхности в зависимости от служебного назначения детали, и данными о том, какая чистота поверхности может быть получена при применении того или иного вида и режима обработки.

**1.9. Производительность и экономичность**

**механической обработки.**

**Производительность труда.**

Производительность труда определяется количеством продукции, изготовляемой рабочим в единицу времени.

**N**=Ф/Т

N - количество изделий, изготовляемых рабочим в рассматриваемый период времени.

Ф - номинальный фонд времени в тот же период.

Т - время изготовления одного изделия (норма штучного времени).

Технологически обоснованная норма времени.

Нормой штучного времени называют время, необходимое для изготовления данной детали, с учетом технико- экономических показателей данного предприятия, возможностей оборудования и применения передовых методов труда.

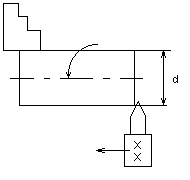
Технологичность изделия (ГОСТ 14.205-83 (СТ СЭВ 2063-79)) - это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Норма штучного времени складывается из 4х основных частей:

Тшт=То+Твсп+Торг-тех +Тпер

1. То - основное технологическое время (время, необходимое для формоизготовления заготовки).

Пример.



То=L [мин]

n\*S

n=1000\*V [об/мин]

π\*d

1. мм,S - мм - путь и шаг подачи инструмента.
2. Твсп - вспомогательное время - время для выполнения различных приемов во время технологического процесса; время на подвод и отвод инструмента, включение и выключение станка, поворот револьверной головки, смену инструмента.
3. Торг-тех - организационно-техническое время - время на подготовку к выполнению операции: ознакомление с чертежом, режущим инструментом, технологией, время на смазку станка, регулировку инструмента и т.п.
4. Тпер - время перерывов: на отдых и естественные неоюходимости.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время:

То+Твсп= Топер

Время Торг-тех +Тпер составляет 10..12% от Топер.

Торг-тех +Тпер= (0.10..0.12) \* Топер.

При серийном производстве изготовление деталей производится партиями. Поэтому в серийном производстве оценка времени происходит не по штучному времени, а по штучно-калькуляционному времени:

Тшт.кальк. =Тшт +Тп.з.

n

Тп.з. - подготовительно-заключительное время (установка соответствующих приспособлений, нового инструмента, переналадка оборудования) оно всегда стремится к партии деталей n.

Пути повышения производительности.

Анализируя формулу производительности труда **N=**Ф/Т

можно установить, что повышение производительности можно достигнуть за счет уменьшения нормы штучного времени и за счет более полного использования фонда рабочего времени.

1)Одним из наиболее распространенных способов увеличения производительности труда является уменьшение основного технологического времени. Это может быть достигнуто 2 способами:

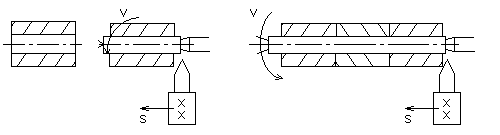
а) увеличением скорости резания V;

б) увеличением скорости подачи S.

Увеличение скорости резания не всегда возможно из-за возможного быстрого износа инструмента и наростообразования, что связано с деформированием поверхностного слоя установки и качеством поверхности.

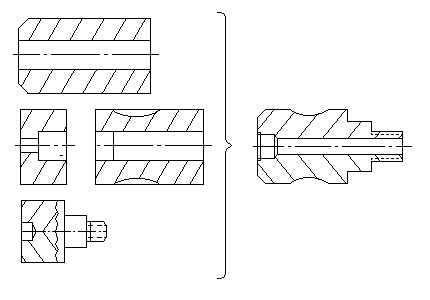
Увеличение скорости подачи связано с качеством поверхности. В каждом случае увеличение скорости резания и подачи должно экономически оправдываться.

2) Возможный путь повышения производительности труда - сокращение вспомогательного времени. Это можно осуществить за счет автоматизации и механизации, ||-ой обработки нескольких изделий одновременно или ||-последовательной обработки.



Твсп может быть уменьшено при последовательной обработке за счет использования одной и той же заготовки.

1. Сокращение Торг-тех возможно за счет повышения общей культуры производства и квалификации рабочих.
2. Повышение производительности труда за счет Тпер (отдых, естественные нужды) невозможно. Однако в значительной мере зависит от индивидуальных качеств рабочего.
3. Основным направлением сокращения Тп.з. является применение групповых методов. Сущность заключается в том, что детали объединяются в группы по определенным признакам (например группа втулок); для группы разрабатывается комплексная деталь, заключающая в себе все элементы деталей группы; по комплексной детали производится настройка станков (т.е. станок имеет все инструменты для обработки комплексной детали). Настройка же на определенную деталь группы производится подналадкой станка.



Группа деталей Комплексная деталь

Применение группового метода позволяет сократить подготовительно-заключительное время в несколько раз.

**Экономический анализ технологических процессов**

При разработке конструкций изделий и проектировании технологических процессов необходимо создавать условия для быстрейшего освоения и обеспечения высоких эксплуатационных качеств изделий. При возможности изготовления по нескольким технологическим вариантам нужно уметь выбрать тот вариант, который обеспечивает меньшую себестоимость изготовления.

Структура себестоимости детали.

Технологическая себестоимость - есть та часть полной себестоимости, которая зависит от выбранного варианта технологического процесса.

Технологическая себестоимость единичной детали равна:

С1=А+В , где А - текущие затраты на одну деталь

Nгод В - единовременные затраты на годовую программу;

Nгод - годовая программа выпуска деталей (задана).

Величины А и В определяются из следующих выражений:

A=m+ Lш +P

B=Lп.з. +i\*k,

где

m - затраты на основные материалы и технологическое топливо (с учетом суммы, возвращеной заводу при утилизации отходов);

Lш - прямая зарплата производственных рабочих;

P - расходы, связанные с эксплуатацией оборудования, нормальных приспособлей и инструмента;

Lп.з. - зарплата наладчиков оборудования;

i - стоимость специальных инструментов и приспособлений, необходимых для выполнения годовой программы;

k - коэффициент амортизации, учитывающий срок службы оснастки и расходы, связанные с ее эксплуатацией.

Затраты на основные материалы определяются формулой:

m=Cm \* qm - Co\*qo,

где Cm - стоимость материала;

qm - норма расхода материала на деталь;

Co - стоимость отходов;

qo - масса всех отходов.

Зарплата рабочих:

n

Lш = Σ Tш \* S \* (1+H1/100)

1 60

где Tш - норма штучного времени;

S - часовая тарифная ставка по данной квалификации и профессии;

n - число операций;

H1 - начисления на зарплату основных производственных рабочих.

Зарплата наладчиков:

L = Tп.з. \* S \* r \* (1 + Hн/100)

60

где Tп.з. - норма подготовительно-заключительного времени (в час);

r - число переналадок оборудования в год;

Hн - начисления на з.п. нададчиков.

В развернутом виде формула для определения технологической себестоимости имеет вид:

n

C1= Cm \* qm - Co\*qo+ S Tш \* S \* (1+H1/100) + Tп.з. \* S \* r \* (1 +

1 60 60\*Nгод

Hн/100)+ p + i\*k

Nгод

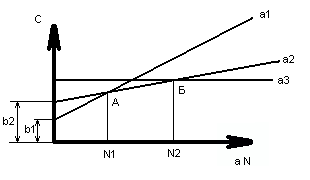
Таким образом при расчете технологической себестоимости входят все прямые затраты (стоимость материала, з.п. основных рабочих и наладчиков, стоимость инструмента и приспособлений) и затраты на статьи косвенных расходов, непосредственно связанных с работой оборудования. Другие статьи косвенных расходов (затраты на амортизацию, ремонт и содержание зданий, содержание и ремонт цехового транспорта и т.д.) не включают в себестоимость при выборе варианта, так как они принимаются постоянными по величине при любом варианте технологического процесса.

Оценка рациональности технологического процесса производится путем сравнения себестоимости разработанных вариантов. Наиболее рациональным считается тот технологический процесс, который позволяет при данных производственных условиях получить наименьшую себестоимость изготовления.

Стоимость деталей в объеме годовой программы равна:

CNгод = A \* Nгод + b

Уравнение определяет прямую, отсекающую на оси ординат отрезок b, с наклоном, определяемым величиной A.



При выборе технологического варианта изготовления, часто приходится считаться с возможностью больших единовременных затрат b, если им соответствуют меньшие текущие затраты (см. график).

Из графика следует, что прямая **а1** пересекает прямую **а2** в точке **А**, которая определяет величину партии, при которой вариант **а1** можно экономично использовать. С увеличением годовой программы экономически более эффективным становится вариант **а2**.

Решение задачи выбора наивыгоднейшего технологического варианта сводится в конечном счете к определению величины партии, при которой себестоимость двух сравниваемых вариантов становится равноценной. Такую критическую величину партии можно определить из условия:

C'Nгод = C''Nгод

или

a1 \* Nгод + b1 = a2 \* Nгод + b2

откуда

Nгод критич. = (b2-b1)/(a1-a2 )

**Общая характеристика методов производства**

**и удельный вес отдельных методов.**

Существует большое количество методов изготовления деталей и приборов в целом. Наиболее часто применяемыми в приборостроении являются:

1. литье;
2. обработка давлением;
3. прессование пластмасс;
4. обработка резанием;
5. и пр.

Заранее отдавать предпочтение тому или иному методу нельзя, так как это может в дальнейшем значительно усложнить производство. Выбор метода производства определяется на основе анализа технологической себестоимости.

Рассмотрим основную суть назаванных методов.

Формообразование - изготовление заготовки или изделия из жидких, порошковых или волоконных материалов.

Литье - изготовление заготовки или изделия из жидкого материала заполнением им полости заданных форм и размеров с последующим затвердеванием. Литьемможно изготовлять сложные отливки с минимальным расходом металла, 12-18 квлитета точности, с параметром шероховатости поверхности от Rz=20 мкм до Ra=1,25 мкм.. Относителтный вес литых деталей в приборах может достигать 40%.

Формование - формообразование из порошкового или волоконного материала при помощи заполнения им полости заданных форм и размеров с последующим сжатием.

Обработка давлением - обработка, заключающаяся в пластическом деформировании или разделении материала (без образования стружки). Обработкой давлением можно изготовлять детали с минимальным расходом металла, с точностью до 5-9 квалитета точности, с параметром шероховатости Rz=20 до Ra=0,05 мкм. Детали отличаются высокой прочностью и легкостью. До 70-85% количества деталей в приборах составляют детали, полученные обработкой давлением.

Прессование пластмасс - метод производства, при котором из искусственного материала - пластической массы - под давлением и при нагревании получают в форме (инструменте) детали. Эти методом можно получать детали сложной конфигурации; характерной особенностью прессованных из пластмасс деталей являются их физические свойства: малая теплопроводность, электроизоляция, высокие механические свойства. Применяют текие детали для корпусных деталей. При обработке получают 10-12 квалитет точности, с параметром шероховатости поверхности не хуже Ra не хуже 1,25 мкм.

Обработка резанием - обработка, заключающаяся в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоев материала с образованием стружки. Можно получать сложные детали с высокой степенью точности до 5-8 квалитета и с высоким какчеством поверхности до Rz не хуже 0,005мкм.

Заготовка - предмет производства, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготовляют деталь [ГОСТ 3.1109-82]).

Применяемость методов:

Литье применяют в зависимости от вида в единичном, сирийном и массовом производствах.

Обработку давлением в зависимости от вида - в мелкосерийном, серийном и массовом производствах.

Обработку резанием при любом методе производства.

Важно отметить трудоемкость деталей, изготовляемых различными методами при различных видах производства. Отметим, что с увеличением серийности производства объем применяемых методов производства в различных отраслях будет значительно перераспределяться. В таюлице представлена трудоемкость различных методов при производстве различных типов приборов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Метод** | **Трудоемкость в % от общей**  **трудоемкости изделия** | | |
| **приборостроение и ср-ва автоматомати-ки** | **Радиоаппаратура** | **Точное**  **Риборостроение** |
| **Литье** | **4.2** | **2-4** | **5-8** |
| **Обработка давленем** | **8.5** | **30-40** | **10** |
| **Прессование**  **пластмасс** | **--** | **0-15** | **2-5** |
| **Обработка**  **резанием** | **30-35** | **до 20** | **30-40** |
| **Сборка** | **40-45** | **~40** | **~40** |
| **Прочие** | **остальное** | **ост.** | **ост.** |