

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ**

Учебно-методическое пособие



Тольятти  
ТГУ  
2011

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Автомеханический институт  
Кафедра «Оборудование и технологии  
машиностроительного производства»

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ**

Учебно-методическое пособие

Тольятти  
ТГУ  
2011

УДК 621.717(075.8)  
ББК 34.68я13  
П791

Рецензенты:

к.т.н., доцент Поволжского государственного университета сервиса

*А.В. Грищенко;*

к.т.н., доцент Тольяттинского государственного университета

*Н.Ю. Логинов.*

Научный редактор:

заслуженный деятель науки и техники РФ,

д.т.н., профессор *О.И. Драчев*

Авторы:

*Д.Ю. Воронов, А.В. Щипанов, Д.А. Расторгуев,*

*В.А. Гуляев, А.В. Бобровский*

**П791** Проектирование технологических процессов сборки : учеб.-метод. пособие / Д.Ю. Воронов [и др.] – Тольятти : ТГУ, 2011. – 112 с. : обл.

Настоящее учебно-методическое пособие составлено в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровня подготовки инженера. Приведены основные положения разработки технологических процессов сборки изделий машиностроения, рассмотрены технологии сборки различных разъемных и неразъемных соединений, освещены вопросы оформления технологической документации на технологические процессы сборки.

Предназначено для студентов специальностей 151001 «Технология машиностроения» и 190201 «Автомобиле- и тракторостроение» дневной и заочной форм обучения при изучении дисциплин «Технология машиностроения», «Технология автомобиле- и тракторостроения», а также бакалавров, обучающихся по направлению 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Может быть полезно преподавателям, инженерно-техническим работникам.

УДК 621.717(075.8)  
ББК 34.68я13

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач в области машиностроения является значительное улучшение качества выпускаемых машин, повышение их надежности. Данные показатели в большой мере зависят от технологии и качества сборки. Поэтому в современном машиностроении этим вопросам необходимо уделять повышенное внимание.

*Целью представленного здесь учебно-методического пособия является повышение эффективности подготовки студентов по вопросам проектирования технологических процессов сборки изделий машиностроения.*

Использование пособия в учебном процессе позволит решить следующие основные задачи:

- повысить эффективность изучения технологий сборки типовых соединений деталей машин;
- повысить эффективность формирования у студентов теоретических и практических навыков проектирования технологических процессов сборки;
- повысить эффективность формирования у студентов теоретических и практических навыков по оформлению технологической документации на процессы сборки.

В соответствии с целью в данном учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы разработки технологических процессов сборки изделий машиностроения, технологии сборки различных типовых соединений, оформления технологической документации на процессы сборки.

# 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Технологический процесс сборки – процесс, содержащий действия по установке и образованию соединений составных частей изделия.

Типы соединений назначает конструктор, решая задачу создания машины требуемого качества с целью успешного выполнения ею своего служебного назначения. Классификация соединений приведена на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Классификация соединений

Задача технолога – создать сборочный технологический процесс, обеспечивающий требуемое качество соединений. Он является заключительным этапом изготовления машины и в значительной степени определяет ее основные эксплуатационные характеристики – точность, долговечность, экономичность, надежность.

Сборочные работы связаны с большими временными и трудовыми затратами. Так, затраты времени составляют (в процентах от общей трудоемкости изготовления машин) в массовом и крупносерийном производствах – 20–30%; в серийном – 25–35%; в единичном и мелкосерийном – 35–40%. При этом доля ручных слесарно-сборочных работ колеблется в разных типах производств в пределах 50–85%. В связи с этим проблема повышения технико-экономических показателей сборочных процессов требует эффективного решения.

## 1.1. Виды сборочных технологических процессов

По объему сборочных работ процессы подразделяют:

- *на общую сборку*, объектом которой является изделие в целом;
- *узловую сборку*, объектом которой является составная часть изделия – сборочная единица или узел.

*Сборочная единица (СЕ)* – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой. Составными частями могут быть детали или отдельные узлы. Характерная особенность СЕ – возможность ее сборки обособленно от других элементов изделия.

*Деталь* представляет собой первичный элемент изделия, характерным признаком которого является отсутствие в нем разборных и неразъемных соединений.

*Узел* – составной элемент изделия, состоящий из двух и более деталей, соединенных в одно целое. Характерные признаки узла – сохранность соединения при любой ориентации узла в пространстве и возможность его сборки независимо от других элементов изделия.

По стадиям процесса сборки может быть:

- *предварительная* – сборка составных частей или изделия в целом, которые в дальнейшем подлежат разборке. Например, предварительная сборка узла с целью определения величины неподвижного компенсатора;
- *промежуточная*, целью которой является сборка составных частей для дальнейшей их совместной обработки;

- *сборка под сварку или пайку* для последующего соединения (сварки, пайки) составных частей;
- *окончательная сборка* – сборка изделия или его составной части, после которой не предусмотрена разборка. Для некоторых изделий после окончательной сборки может следовать частичная *разборка* с целью подготовки изделия к установке и транспортированию к потребителю.

## **1.2. Требования к технологичности конструкции изделий при сборке**

На этапе технологической подготовки производства изделие должно пройти отработку на технологичность конструкции.

Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц установлены ГОСТ 14.203-73 и разбиты на три группы.

1. Требования к составу сборочной единицы.
2. Требования к конструкции соединений составных частей.
3. Требования к точности и методу обеспечения точности сборки.

К составу сборочной единицы предъявляются следующие требования:

- рациональное расчленение на составные части (узлы) с учетом принципа агрегатирования;
- применение стандартных и унифицированных деталей и узлов;
- возможность механизации и автоматизации сборки;
- наличие базовой составной части, обеспечивающей удобство установки изделия при сборке;
- возможность одновременного и независимого присоединения составных частей к базовой детали без ее переустановки;
- инструментальная доступность;
- контролепригодность;
- удобство транспортировки изделия по технологической цепочке;
- применение стандартной или несложной специальной технологической оснастки.

Требования к конструкции соединений:

- минимальное количество поверхностей и мест соединений;
- обоснованные требования к точности сопряжений, обеспечивающие минимальные затраты на изготовление и соединений сопрягаемых элементов;

- отсутствие дополнительной обработки в процессе сборки;
- отсутствие способов соединений (склеивание, пайка), неоправданно увеличивающих время сборки.

Требования к точности и методу обеспечения точности сборки:

- точность расположения составных частей изделия должна быть обоснована с учетом выполнения служебного назначения изделия;
- точность расположения составных частей должна быть увязана с точностью их изготовления;
- метод обеспечения точности должен быть определен на основе решения сборочных размерных цепей;
- метод обеспечения точности должен удовлетворять требованиям принятого типа производства.

В условиях поточно-механизированной сборки изделий крупносерийного и массового производств к технологичности конструкций предъявляются дополнительные требования.

1. Изделие должно иметь составные части, обеспечивающие приблизительно одинаковые по продолжительности и по возможности однородные по технологическому содержанию этапы процесса сборки.

2. Изделие должно иметь базовый элемент, к которому присоединяют различные предварительно собранные узлы или детали одновременно или последовательно с разных сторон.

3. Полное исключение пригоночных работ. При невозможности исключения пригоночки ее следует выносить из пределов процесса общей и узловой сборки.

4. Желательно исключение методов соединений, приводящих к увеличению длительности этапов сборки.

### **1.3. Методы обеспечения точности при сборке**

Методы обеспечения точности определяются на основе размерных расчетов сборочных размерных цепей с учетом особенностей производства.

*Метод полной взаимозаменяемости* обеспечивает достижение точности замыкающего звена у всех объектов сборки путем включения в размерную цепь составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений. Применяется в малозвенных размерных цепях в условиях крупносерийного и массового производств. Недостаток метода – высокая точность составляющих звеньев.

*Метод неполной (частичной) взаимозаменяемости* обеспечивает точность у заранее обусловленной части объектов путем включения

в размерную цепь составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений. Используется в многозвенных размерных цепях в массовом и крупносерийном производствах.

Этот метод предусматривает расширение технологических полей допусков составляющих звеньев по сравнению с конструкторскими (рис. 1.2), что снижает затраты на изготовление деталей. В основе метода лежит положение теории вероятностей, согласно которому вероятность появления крайних значений размеров при изготовлении деталей и их сочетания при сборке мала. Применение метода целесообразно, если снижение затрат на изготовление деталей компенсирует потери от брака при сборке.

*Метод групповой взаимозаменяемости (селективная сборка)* обеспечивает точность замыкающего звена путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к одной из групп, на которые они предварительно рассортированы. Применяется для достижения высокой точности соединений, невозможной ранее указанными методами, в условиях серийного и массового производств.

Технологические допуски на изготовление составляющих звеньев увеличиваются в  $n$  раз, что снижает затраты на изготовление деталей. Готовые детали сортируются на  $n$  размерных групп так, чтобы при соединении деталей одноименных групп обеспечивалась точность замыкающего звена, заданная конструктором.

Недостатки: дополнительные затраты на сортировку по группам, комплектацию и хранение деталей, увеличение номенклатуры запасных частей при ремонте изделий.

*Метод регулирования* обеспечивает точность замыкающего звена изменением размера или положения компенсирующего звена. Область применения – многозвенные размерные цепи в условиях мелко- и среднесерийного производства.

Размеры деталей, входящих в сборочную размерную цепь, имеют увеличенные технологические допуски, а требуемую точность замыкающего звена получают введением в размерную цепь звена-компенсатора. В качестве дополнительного звена-компенсатора применяют шайбы, прокладки, регулировочные винты (неподвижные компенсаторы), размеры которых обеспечивают точность сопряжения. Подвижные компенсаторы при изменении своего положения также обеспечивают нужную величину замыкающего звена  $\Delta$  (рис. 1.3).

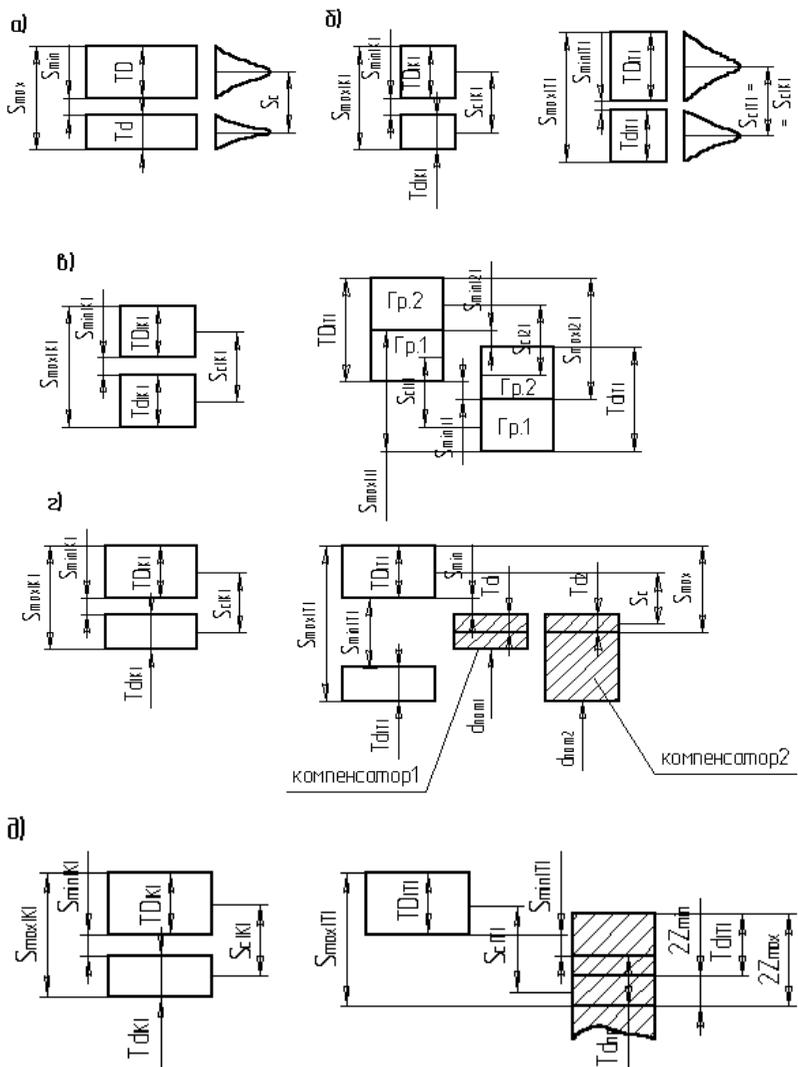


Рис. 1.2. Расположение полей допусков сопрягаемых звеньев при различных методах обеспечения точности:

- а) полной взаимозаменяемости;
- б) частичной взаимозаменяемости;
- в) групповой взаимозаменяемости;
- г) неподвижных компенсаторов;
- д) пригонки

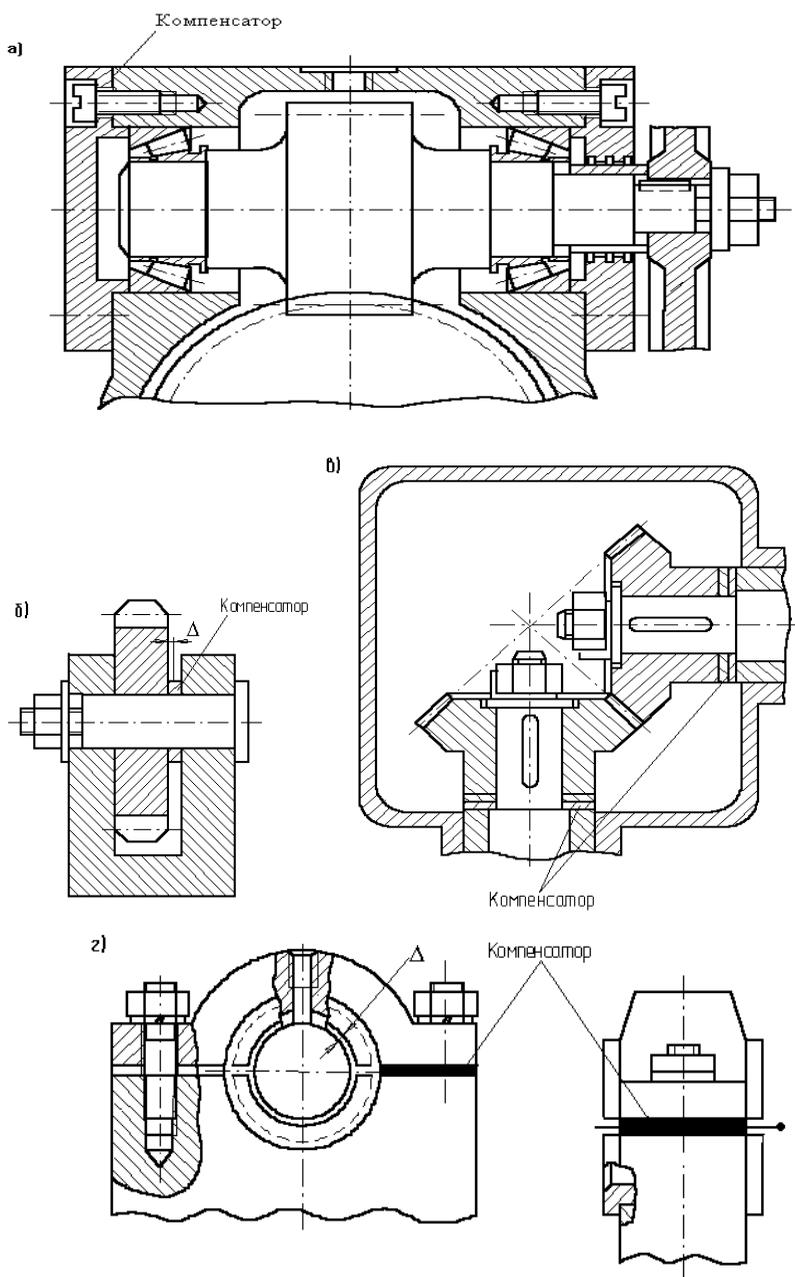


Рис. 1.3. Обеспечение точности методом компенсаторов:  
 а-г) неподвижные

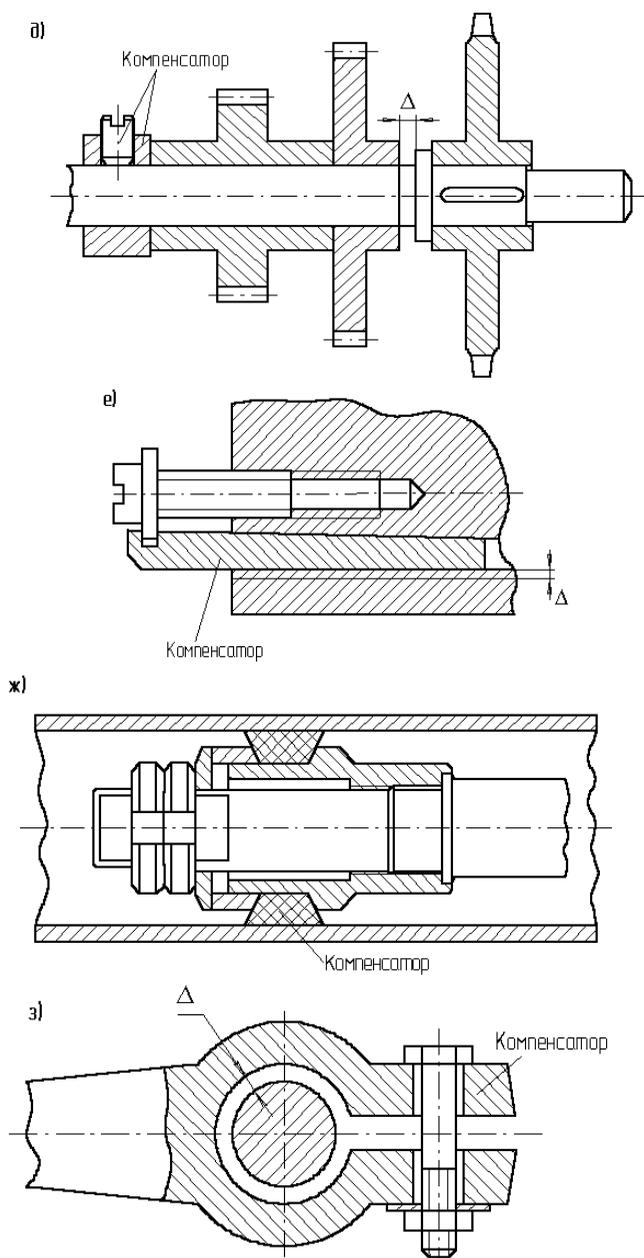


Рис. 1.3 (продолжение). Обеспечение точности методом компенсаторов:  
 $\partial$ –з) подвижные

Преимущества метода регулирования: высокая точность замыкающего звена, возможность восстановления точности при эксплуатации машины, малая стоимость изготовления составляющих звеньев – элементов изделия. К недостаткам следует отнести необходимость создания компенсирующих элементов.

*Метод пригонки* позволяет получить точность замыкающего звена изменением размера компенсирующего звена путем удаления с его поверхностей определенного слоя – припуска материала. Применение целесообразно в многозвенных размерных цепях в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Одно из составляющих звеньев (компенсирующее) изготавливается с завышенным (заниженным) размером. В дальнейшем с него снимается слой материала. Недостаток – трудоемкость пригоночных работ. Преимущество – увеличение технологических допусков составляющих звеньев.

Методы пригонки и регулирования основаны на компенсации погрешностей изготовления составляющих звеньев. Одной из разновидностей компенсации является сборка с применением компенсирующих материалов – быстротвердеющих пластмасс, вводимых в зазор между сопрягаемыми поверхностями после их установки в требуемом положении.

В каждом конкретном случае метод обеспечения точности при сборке выбирают с учетом технико-экономических показателей процесса изготовления машины и с учетом расходов на ее эксплуатацию и ремонт. При этом начальный приоритет отдается методу полной взаимозаменяемости.

## **1.4. Алгоритм проектирования технологических процессов сборки**

Руководствуясь ГОСТ 14.301-83, алгоритм можно представить в виде блок-схемы, приведенной на рис. 1.4.

### **1.4.1. Анализ исходных данных**

*Базовыми исходными данными* являются:

- сборочный чертеж изделия;
- технические условия на приемку изделия;
- объем выпуска изделий (шт./год);
- длительность выпуска изделий (лет);
- режим работы предприятия-изготовителя.

Вся конструкторская документация должна пройти технологический контроль в процессе технологической подготовки производства.



Рис. 1.4. Порядок проектирования технологических процессов сборки изделий

*Сборочные чертежи* должны содержать необходимые проекции, сечения, виды, разрезы, дающие полное представление о конструкции изделия; спецификации; характеристики посадок в сопряжениях; размеры или иные размерные параметры, выдерживаемые при сборке; данные о массе изделия и его составных частей.

*В технических условиях* указывают методы обеспечения точности сборки, герметичность соединений, моменты и порядок затяжки резьбовых соединений, точность балансировки, методы промежуточного и окончательного контроля и т. д.

*Вспомогательные исходные данные* содержат сведения о технических и технологических возможностях предприятия-изготовителя, нормативные, справочные и руководящие материалы.

#### 1.4.2. Разработка технологических схем сборки

Технологические схемы сборки представляют собой графические документы, отражающие порядок сборки изделия в целом (схема общей сборки) и его составных частей-узлов (схемы узловой сборки). Схемы составляют на основе сборочных чертежей изделия. В учебных целях возможна разработка комбинированной схемы общеузловой сборки (рис. 1.5).

Любую сборку начинают с базовой детали, которая наилучшим образом определяет положение других деталей данной сборочной единицы. Общая сборка может начинаться с базового узла, определяющего положение остальных составных частей изделия.

При определении последовательности сборки необходим анализ сборочных размерных цепей изделия. Если цепей несколько, то сборку начинают с наиболее сложной и ответственной цепи. В каждой цепи сборку завершают установкой тех элементов соединения, которые образуют ее замыкающее звено.

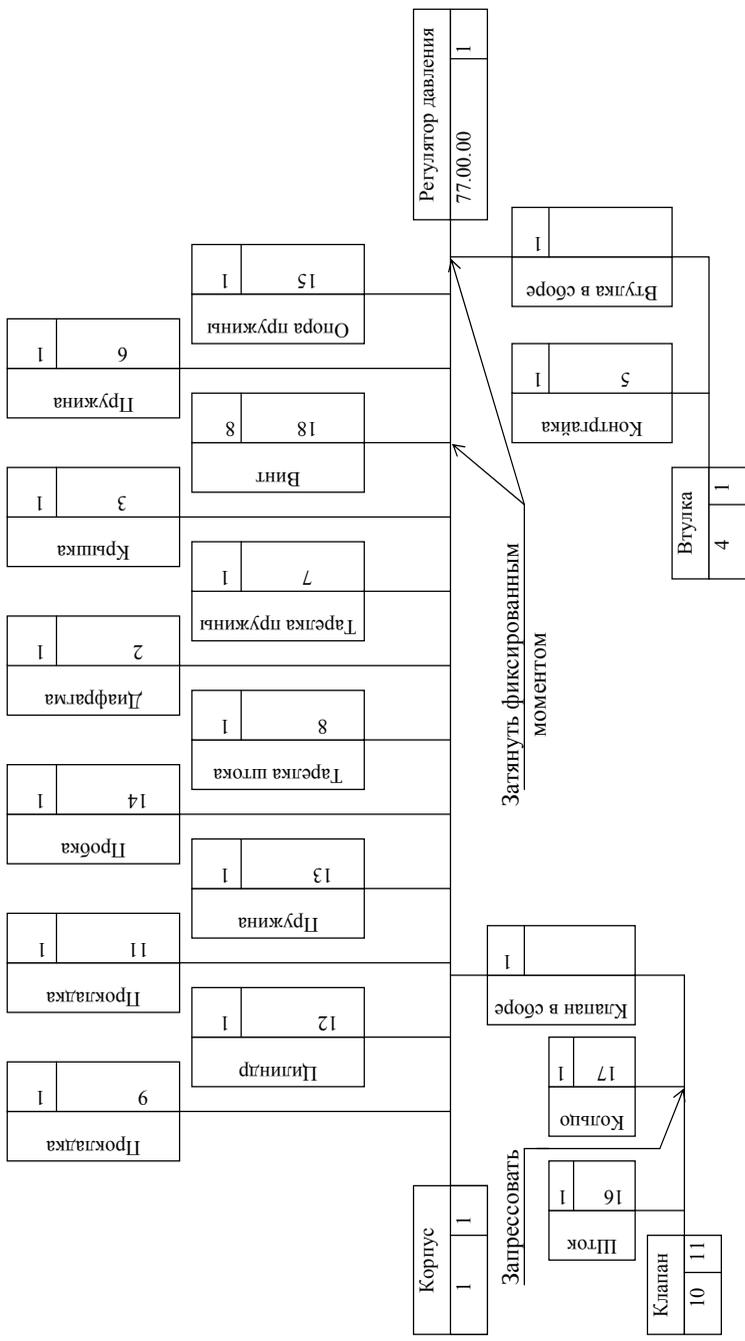


Рис. 1.5. Технологическая схема сборки

Каждый составной элемент изделия изображается на схеме в виде прямоугольника, разделенного на три части: в верхней части дано наименование элемента; в левой нижней – числовой индекс элемента по спецификации; в правой нижней – число элементов, входящих в данное соединение.

При составлении схем сборки все узлы (группы), входящие в изделие, условно делят на подузлы (подгруппы) 1-го, 2-го и т. д. порядков. При этом группой является узел, входящий непосредственно в изделие. Подгруппой 1-го порядка считают узел, входящий непосредственно в группу. Подгруппой 2-го порядка является узел, входящий в подгруппу (подузел) 1-го порядка и т. д. Индекс узла (группы) состоит из букв СБ, проставляемых перед числовым индексом базовой детали. Для подузлов (подгрупп) перед СБ ставится их порядковый номер (1, 2 и т. д.).

Технологические схемы сборки снабжают надписями-сносками, поясняющими характер сборочных работ (запрессовку, клепку, проверку зазоров, затяжку резьбовых соединений), когда они не ясны из схемы. Указываются методы контроля и дополнительные работы (частичная или полная разборка). Длинные надписи выносят в примечание, обозначая порядковым номером в кружочке, проставленном у места присоединения элемента на схеме.

Технологические схемы сборки упрощают проектирование технологического процесса сборки, позволяют оценить технологичность конструкции изделия с точки зрения расчленения сборки на общую и узловую, гарантируют от пропуска элементов, входящих в изделие.

Облегчить работу по составлению схем можно, если сначала, руководствуясь сборочным чертежом изделия, мысленно разобрать его на отдельные составные элементы – узлы и детали. Записав последовательность разборки, следует провести запись в обратном порядке и составить технологические схемы.

### **1.4.3. Определение типа производства и организационной формы сборки**

На начальном этапе проектирования тип сборочного производства определяют [38] в зависимости от годового объема выпуска изделий и ориентировочно подсчитанной суммарной трудоемкости сборки изделия (табл. 1.1).

Для выяснения общей трудоемкости сборки определяются, а затем суммируются временные затраты на все необходимые виды работ при сборке. Эти работы весьма разнообразны, и их можно выявить только при учете и анализе конкретных условий сборки:

точности изготовления составных частей изделия, принятых методов достижения точности при сборке, методов проверки на точность и т. д.

Таблица 1.1.

*Определение типа сборочного производства*

Трудоемкость сборки изделия, в часах	Тип производства				
	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийное	Массовое
	Годовой объем выпуска, шт./год				
< 2500	< 24	24–48	свыше 49		
250–2500	< 36	36–96	97–720	> 720	
25–250	< 60	60–360	361–4200	4201–18000	> 18000
2,5–2,5	< 96	96–600	601–7200	7201–36000	> 36000
0,25–2,5	< 150	150–960	960–9600	9601–54000	> 54000
до 0,25	< 240	240–1500	1500–12000	12001–72000	> 72000

По целевому назначению работы можно разделить на основные и дополнительные. Их перечень составляется на основе разработанной технологической схемы сборки изделия.

К основным относятся:

- выполнение соединений составных частей изделия – деталей и узлов;
- распаковка, расконсервирование, входной контроль узлов и деталей, поступающих на сборку;
- механическая обработка, выполняемая в сборочном цехе: совместная обработка деталей, повышение точности формы, зачистка заусенцев и др.;
- изготовление отдельных простых деталей: прокладок, штифтов, гибка труб. Эти работы допустимы только в единичном и мелкосерийном производствах;
- пригоночные и регулировочные работы;
- контроль промежуточный и окончательный: контроль взаимного расположения поверхностей, проверка на плавность движения, пятна контакта в зубчатых парах и др.

К дополнительным работам относятся не изменяющие состояние объекта сборки: маркировка; окраска мест развальцовки, пайки и др.

В соответствии с перечнем производится нормирование работ по укрупненным нормативам. В этих документах приведены данные по оперативному времени  $T_{on}$  (сумма основного технологического и вспомогательного) на выполнение различных сборочных работ. Штучное время на определенную  $i$ -ю работу определяется по формуле

$$T_{um}^i = T_{on}^i \left(1 + \frac{\alpha + \beta}{100}\right),$$

где  $\alpha$  – часть штучного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах ( $\alpha = 4...8\%$ );  $\beta$  – часть штучного времени на нормируемые перерывы в работе ( $\beta = 2...4\%$ ).

Общая трудоемкость сборочного процесса:

$$T_{сб} = \sum_{i=1}^{i=n} T_{um}^i,$$

где  $n$  – количество работ в перечне.

Особое внимание следует уделить форме организации производства – выбрать организационную форму сборочного процесса. На выбор влияют сложность конструкции изделия, его размеры, масса, тип производства. Классификационные признаки организационных форм сборочных процессов приведены на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Организационные формы сборочных технологических процессов

В условиях *единичного* производства применяют стационарную непоточную с концентрацией работ форму сборки. Весь процесс сборки происходит на одном рабочем месте и состоит из небольшого числа сложных операций. Процесс может выполняться одним работником или бригадой, внутри которой отсутствует специализация. Все рабочие обладают высокой квалификацией.

В *мелкосерийном* производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс выполняется бригадами рабочих со специализацией по видам сборочных работ. Областью экономичного использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних по размеру и крупных машин.

*Среднесерийному* производству присуще применение подвижной непоточной с дифференциацией операций формы сборки. Перемещение объекта может быть свободным или принудительным. Сборка со свободным перемещением собираемого объекта заключается в том, что рабочий, закончив свою операцию, вручную или с помощью механизированных средств перемещает объект на следующую операцию. Объекты сборки могут помещаться на сборочных тележках, устанавливаемых на рельсы, рольганги, склизы с выступающими над поверхностью шарами.

Сборка с принудительным перемещением объекта состоит в том, что объект сборки перемещается с помощью конвейера или тележек, замкнутых ведомой цепью. Сборка может выполняться как на конвейере, так и возле него.

Фактическая продолжительность каждой сборочной операции колеблется, так как она зависит от квалификации и интенсивности труда сборщика, состава операции и от качества составных частей изделия. Для компенсации колебаний штучного времени необходимо создание межоперационных заделов.

Для *крупносерийного* производства характерно использование поточной подвижной с дифференциацией операций формы сборки. Поточная сборка характеризуется тем, что должно быть выполнено условие синхронизации операций. Штучное время должно быть равно или кратно такту выпуска изделий. При этом на более продолжительных операциях работают параллельно несколько сборщиков.

Межоперационное перемещение объекта сборки может осуществляться вручную со свободным или принудительным ритмом (по сигналу) или с помощью периодически движущегося конвейера.

При сборке крупногабаритных, неудобных для транспортировки изделий применяют стационарную поточную сборку. В этом

случае рабочие или бригады по сигналу переходят от одних собираемых объектов к другим через периоды времени, равные такту. При этом соблюдается четкая специализация рабочих по принципу дифференциации работ.

В *массовом* производстве превалирует подвижная поточная с дифференциацией работ сборка с непрерывным перемещением объекта с помощью непрерывно действующего конвейера. Преимуществом такой формы сборки является совмещение выполнения сборочных работ с перемещением собираемого изделия по технологической цепочке.

Для крупносерийного и массового производств с поточной организацией сборки необходимо определить такт выпуска изделий:

$$\tau_B = \frac{60 \cdot \Phi d}{N_z},$$

где  $\Phi d$  — действительный годовой фонд времени работы сборочно-оборудования при принятом режиме (сменности) работы, час;  $N_z$  — годовой объем выпуска изделий, шт.

При серийном производстве намечают величину производственных партий запуска изделий и их составных частей исходя из календарных сроков выпуска изделий, длительности процессов сборки, трудоемкости наладки оборудования, габаритов изделий, наличия складских помещений и других организационно-технических соображений. Объем партии запуска изделий часто берут по директивным (плановым) срокам их выпуска. Ориентировочно для малых объемов выпуска и сложных изделий партию запуска берут равной квартальному объему, для средних — месячному объему, для простых изделий с большими объемами выпуска — двухнедельной программе. Установленные первоначально производственные партии корректируются в ходе последующей детальной разработки технологического процесса.

#### **1.4.4. Выбор технологических баз**

Выбор технологических баз производится для создания определенного положения базовых деталей на узловых и общей сборках. Особое внимание следует уделять этому вопросу при использовании автоматической сборки в крупносерийном и массовом производствах.

Технологические базы должны обеспечивать полную ориентацию базовой детали (лишение шести степеней свободы), достаточную устойчивость и жесткость установки. Эти требования обеспечиваются соответствующими размерами и качеством базовых

поверхностей, а также их взаимным расположением. Выбранная теоретическая схема базирования должна быть легко реализована с помощью зажимных сборочных приспособлений.

В условиях автоматизированной сборки должна быть соблюдена собираемость элементов изделия. В процессе выполнения соединения элементы изделия должны располагаться друг относительно друга так, чтобы их можно было беспрепятственно собрать последующим движением. Это происходит за счет выполнения правил единства и постоянства баз.

Выбирая технологические базы, необходимо учитывать дополнительные соображения: удобство установки и снятия собираемого изделия, возможность подвода присоединяемых элементов и сборочных инструментов с разных сторон. В зависимости от рассмотренных условий возможны следующие варианты базирования.

1. Базовую деталь устанавливают на необработанные поверхности и с одного установка производят полную сборку изделия. Вариант характерен для ручной сборки простых изделий в приспособлениях, обеспечивающих их неподвижное положение.

2. Базовую деталь устанавливают на обработанные поверхности. Этот вариант характерен для ручной, механизированной и автоматизированной сборки с использованием приспособлений, обеспечивающих точное положение сопрягаемых деталей.

3. В процессе сборки базовая деталь устанавливается на различные последовательно сменяемые базы. Вариант возможен для организации доступа к местам сборки с разных сторон. Реализация может быть с помощью перестановки базовой детали или с одной установкой в поворотных сборочных стендах или приспособлениях-спутниках, применяемых в конвейерной поточной сборке.

#### **1.4.5. Составление маршрутной технологии сборки**

Маршрутная технология включает установление последовательности и содержания технологических и вспомогательных операций сборки. Последовательность операций определяется на основе технологических схем сборки и общего перечня работ, включая вспомогательные. При составлении маршрута сборки большое значение имеет назначение местоположения и содержания операций технического контроля и вспомогательных операций (расконсервация, очистка деталей, регулирование, пригонка, балансировка и др.).

В отличие от технологических процессов механической обработки деталей, в которых наименование операций определяется наименованием типа станка, сборочные операции получают

названия, соответствующие их содержанию: сборка втулки с крышкой; сборка вала с подшипниками; сборка подшипникового узла и т. д.

Содержание операций устанавливаются в зависимости от выбранного типа производства и организационной формы сборки. Выполняемая на операции работа должна быть по своему характеру однородной и отличаться определенной законченностью. Признаком законченности этапа работы – целостность соединений при изменении положения или при транспортировке объекта сборки. При формировании сборочных операций массового и крупносерийного производства из состава операций исключают работы, которые можно выполнять вне общей и узловых сборок: распаковка, промывка, продувка, протирка, осмотр и т. д. В мелко- и среднесерийном производствах эти работы присутствуют в составе сборочных операций.

При определении содержания операций важное значение имеет фактор времени. При поточной сборке в условиях крупносерийного и массового производства применяют принцип дифференциации операций с целью обеспечения условия синхронизации операций. Длительность операций на этом этапе определяют укрупненно по нормативам. В дальнейшем при проектировании операций это время уточняют по результатам определения режимов сборочных работ. При этих условиях средняя загрузка рабочих мест сборочной линии должна быть достаточно высокой (порядка 0,9–0,95).

В серийном производстве с непоточной формой сборки содержание операций принимают таким, чтобы на отдельных рабочих местах выполняемая сборка данного и других изделий периодически сменяемыми партиями обеспечивала высокую загрузку рабочих мест. Для общей сборки выдерживается соотношение:

$$\left[ \sum_{i=1}^{i=n} T_{ум}^i N^i + \sum_{i=1}^{i=n} T_{нз}^i N^i k \right] m \leq \Phi \delta,$$

где  $i$  – порядковый номер изделия;  $n$  – число всех  $i$ -х изделий, собираемых за год на рабочем месте;  $T_{ум}^i$  – штучное время сборки  $i$ -го изделия;  $T_{нз}^i$  – подготовительно-заключительное время для  $i$ -го изделия;  $N^i$  – годовой объем выпуска  $i$ -го изделия;  $k$  – число партий запуска в год;  $m$  – число рабочих мест общей сборки;  $\Phi \delta$  – действительный годовой фонд рабочего времени.

Число рабочих мест определяется количеством сборочных и контрольных операций, включая предусмотренные резервные места. Количество рабочих на каждом рабочем месте устанавливают в зависимости от трудоемкости технологических переходов,

составляющих выполняемую операцию, возможности их совмещения и удобства одновременного их выполнения, а также размеров собираемых изделий или узлов.

Технический контроль качества занимает важное место при проектировании маршрутной технологии сборки изделия. В ней указываются контрольные операции промежуточного и окончательного контроля, выполняемые на отдельных рабочих местах сборщиков и на стационарных контрольных пунктах. Эти пункты могут быть включены в технологический поток или выделены из него. «Скользкие» контрольные операции, выполняемые непосредственно на местах сборки, предусматривают для сборки крупногабаритных изделий.

При узловой и общей сборке проверяют:

- наличие необходимых составных частей изделия;
- правильность положения сопрягаемых деталей и узлов;
- зазоры в сопряжениях;
- точность взаимного положения сопряженных элементов;
- герметичность соединений и плотность прилегания поверхностей;
- затяжки резьбовых соединений, качество постановки заклепок, плотность вальцовочных и других соединений;
- размеры, заданные в чертежах;
- выполнение специальных требований (остаточную неуравновешенность, подгонку по массе и т. д.);
- выполнение функциональных показателей собранных изделий (производительность и напор насоса, точность делительных механизмов и т. д.);
- внешний вид собранных изделий (отсутствие повреждений, загрязнений и других дефектов, могущих возникнуть в процессе сборки).

Контроль выделяют в отдельные самостоятельные операции после нескольких сборочных операций, на которых формируются замыкающие звенья сборочных размерных цепей, от величины которых зависит выполнение служебного назначения изделия, и при окончательной приемке изделия.

Содержание операций определяет выбор средств технологического оснащения (СТО): сборочного оборудования, технологической оснастки, подъемно-транспортных средств. На этапе разработки технологического маршрута производится предварительный выбор типов средств, модели которых уточняются после разработки технологических операций сборки. Общей тенденцией при выборе СТО является снижение технологической

себестоимости техпроцесса сборки за счет использования недорогих, надежных и технологичных в эксплуатации СТО.

В серийном производстве предпочтение отдается универсальным или переналаживаемым средствам технологического оснащения. Типоразмеры оснастки принимают по наиболее крупному прикрепленному к данному рабочему месту изделию.

В массовом производстве преимущественно применяют специальное оборудование и оснастку, обеспечивающие сравнительно высокий уровень механизации и автоматизации сборочных работ.

*Оборудование сборочных цехов* может быть разделено на две группы: *технологическое*, предназначенное непосредственно для выполнения работ по осуществлению соединений элементов изделия (рис. 1.7), их регулировке и контролю, и *вспомогательное*, назначение которого механизировать вспомогательные работы (рис. 1.8).

К основному технологическому оборудованию, используемому в единичном и серийном производствах, также относят слесарные верстаки, стеллажи, стационарные сборочные стенды, поворотные сборочные стенды. Подобные стенды могут применяться и в крупносерийном производстве наряду со специальными сборочными станками (рис. 1.9). Сборочные технологические процессы с подвижной формой сборки требуют оснащения *подъемно-транспортными средствами* (рис. 1.10). В поточной сборке широко применяют конвейеры различных типов (рис. 1.11).

*Сборочные приспособления* должны обеспечить быструю установку и снятие сопрягаемых деталей и узлов изделия, выполнение соединения. В зависимости от назначения сборочные приспособления можно разделить на следующие основные группы:

1) *приспособления-зажимы*, которые служат для закрепления собираемых изделий, сборочных единиц или деталей в требуемом для сборки положении, а также для придания устойчивости сборочной единице и облегчения ее сборки;

2) *установочные приспособления*, предназначенные для правильной и точной установки соединяемых деталей или сборочных единиц относительно друг друга, что гарантирует получение требуемых монтажных размеров;

3) *рабочие приспособления*, используемые при выполнении отдельных операций технологического процесса сборки, например вальцевания, запрессовки, постановки и снятия пружин и т. д.;

4) *контрольные приспособления*, изготовленные применительно к конфигурации, формам, размерам и другим особенностям проверяемых сопряжений сборочных единиц и изделий для контроля конструктивных параметров, получающихся в процессе сборки.

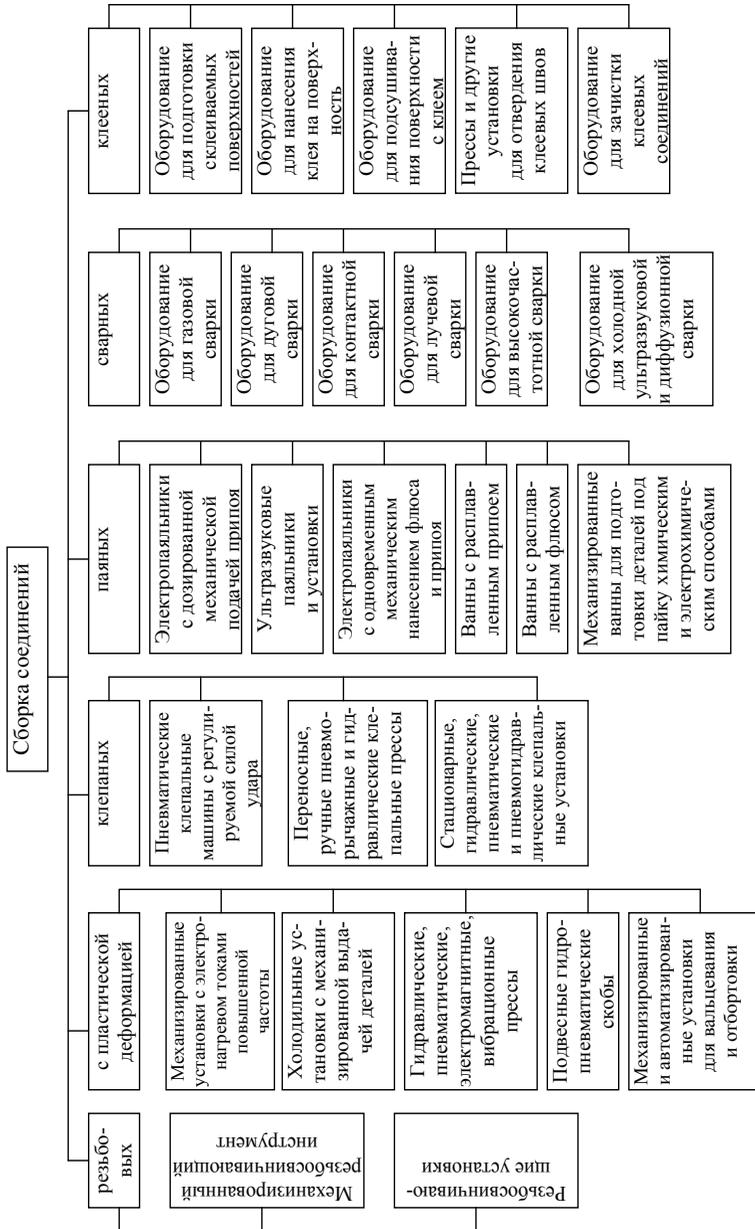


Рис. 1.7. Оборудование сборочных работ



Рис. 1.8. Оборудование для вспомогательных сборочных работ

По типу привода сборочные приспособления подразделяют на механические, гидравлические, пневматические и пневмогидравлические. Тип привода выбирают на основе технико-экономического расчета. Приспособления могут быть выполнены одно- и многоступенчатыми, стационарными, поворотными и передвижными (приспособления-спутники).

*Сборочный инструмент*, используемый в сборочном производстве, условно делится на две группы: для вспомогательных пригоночных работ и для основных технологических сборочных работ. В эти группы входят инструменты ручные и механизированные.

*К ручному инструменту* относится режущий, вспомогательный и слесарно-сборочный инструмент. Режущий – это напильники, надфили, притиры; вспомогательный – кернеры, пробойники, клейма, специальные молотки; слесарно-сборочный – гаечные ключи, отвертки, плоскогубцы, оправки и др.

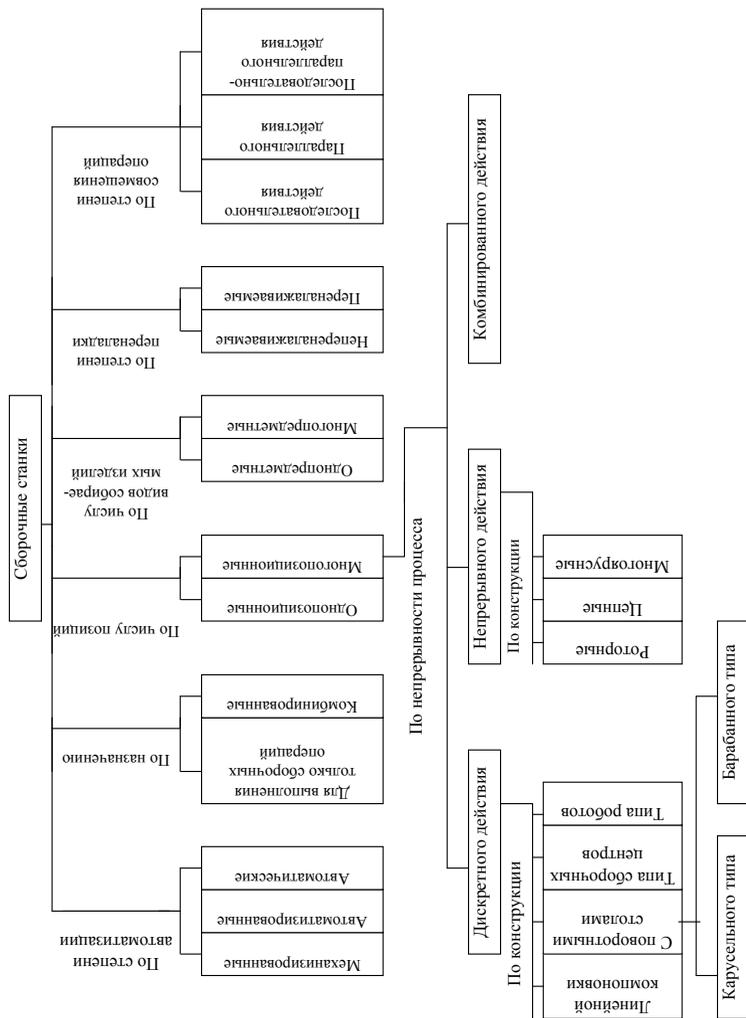


Рис. 1.9. Классификация сборочных станков



Рис. 1.10. Подъемно-транспортные средства для сборочных цехов

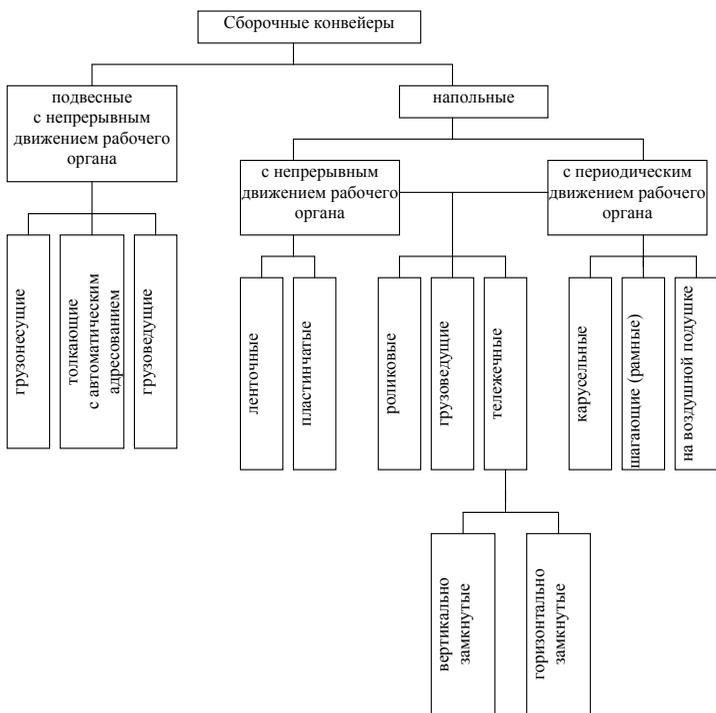


Рис. 1.11. Конструктивные разновидности сборочных конвейеров

К механизированному инструменту для пригоночных работ относятся сверлильные, шлифовальные ручные машины, механические шаберы, клепальные и рубильные молотки и т. д. Непосредственно при выполнении сборочных операций применяются одно- и многшпindelные гайковерты, шпильковерты, винтоверты. Механизированный инструмент позволяет повысить в 1,5–2 раза производительность труда, улучшить качество сборки в сравнении с ручными инструментами. Масса ручных машин колеблется от 1,5 до 10 кг. Для приведения в действие рабочего органа в ручных машинах используют пневматические, электрические, гидравлические приводы (рис. 1.12).

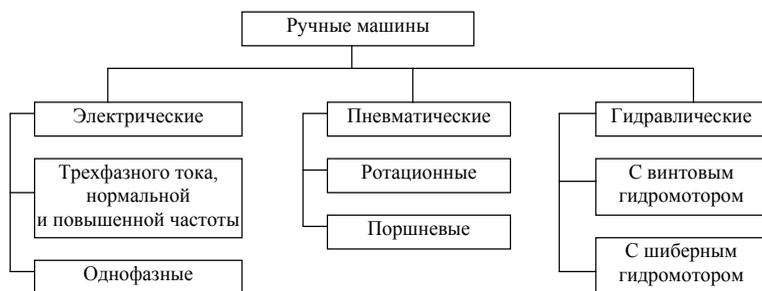


Рис. 1.12. Схема основных типов ручных машин, применяемых в сборочном производстве

Механизированный инструмент наряду с быстрым выполнением соединения должен обеспечить требуемую величину затяжки резьбового соединения. Это обеспечивается с помощью муфт специальных конструкций: прямого привода, ударно-импульсных, ограничительных или предельных [43].

*Контрольно-измерительные средства* предназначены в основном для контроля зазоров в сопряжениях и относительного положения элементов изделия (рис. 1.13–1.16). К этим средствам относятся щупы, штангенинструменты, микрометрические инструменты, различные специальные контрольные приспособления и установки. Наиболее часто используют приспособления, оснащенные индикаторами часового типа. В современных контрольных приспособлениях для проверки качества сборки применяют электроконтактные, пневмоэлектрические, фотоэлектрические и индуктивные системы [43; 44].

Выбор необходимого типа контрольного приспособления зависит от требуемой точности и допустимой погрешности измерения. Относительная погрешность измерения должна составлять 15–20% допуска контролируемого параметра.

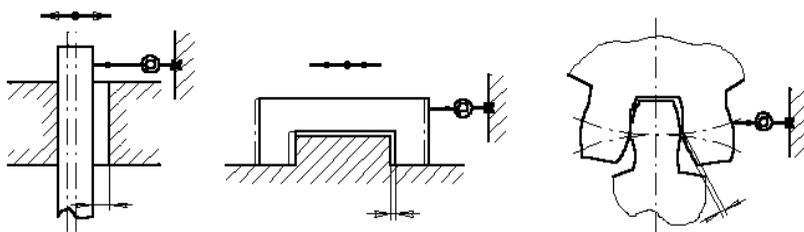


Рис. 1.13. Схемы контроля зазоров в сопряжениях

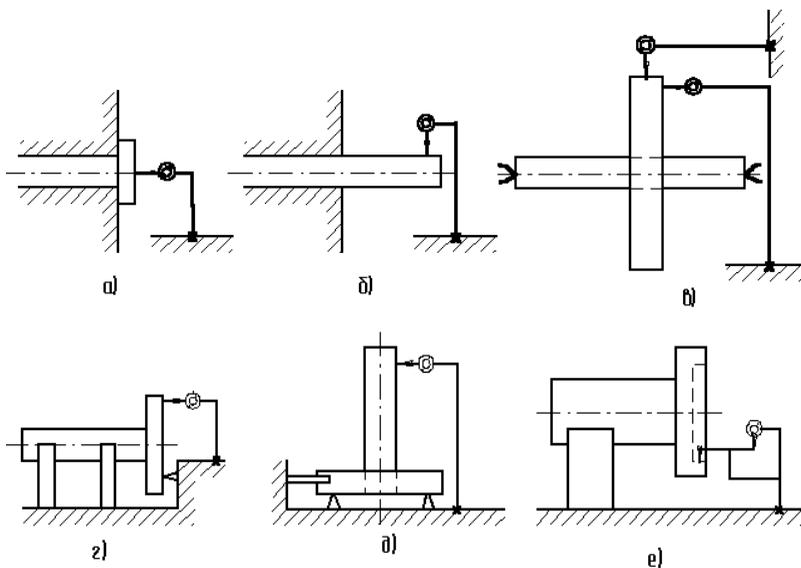


Рис. 1.14. Схемы проверок собранных сборочных единиц на биение: а) осевое; б, д, е) радиальное; г) торцовое; е) торцовое и радиальное

Для своевременного предупреждения брака при сборке целесообразно применять средства активного контроля. Например, при запрессовке деталей качество соединений контролируют по усилию запрессовки, применяя специальные датчики. Процесс развальцовки можно контролировать по крутящему моменту на шпинделе станка [43].

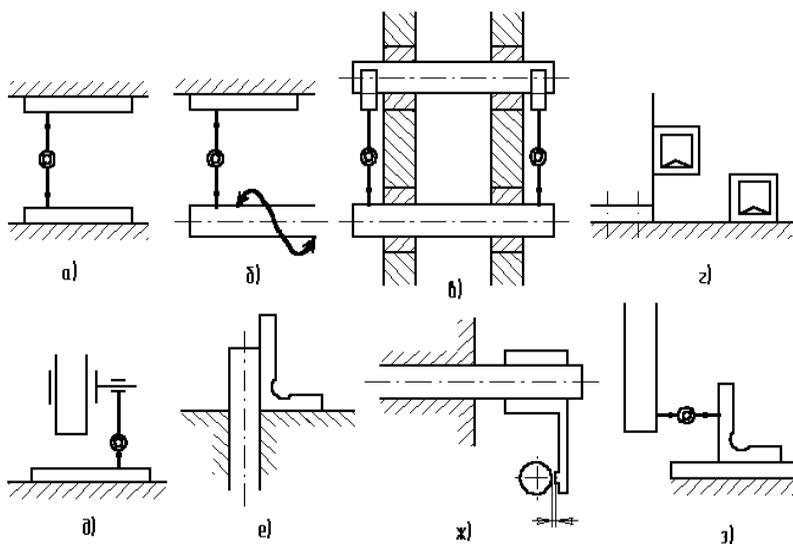


Рис. 1.15. Схемы контроля параллельности (а–в) и перпендикулярности (з–з)

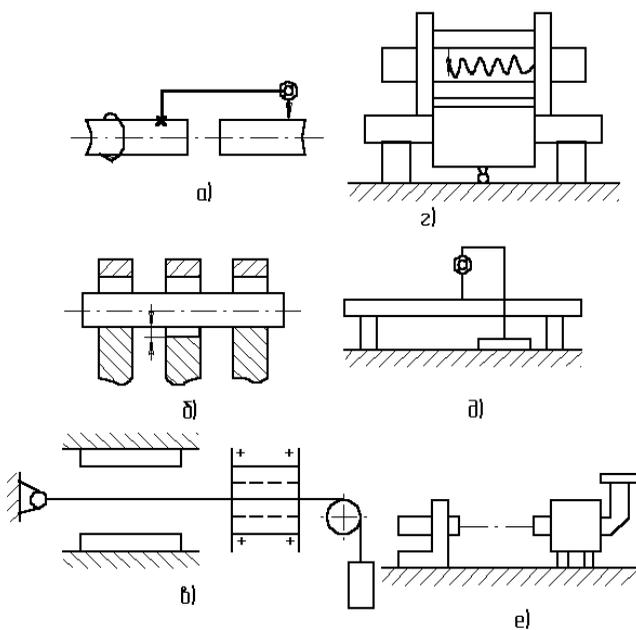


Рис. 1.16. Схема контроля соосности (а–в), прямолинейности и плоскостности (з–е)

#### 1.4.6. Разработка сборочных технологических операций

Этот этап разработки технологического процесса сборки выполняется в следующем порядке.

1. Уточняют структуру технологической операции: одно- или многоместная, количество используемых сборочных инструментов, последовательность их работы, число установов, позиций, сборочных переходов, последовательность их выполнения.

Следует обратить особое внимание на возможность совмещения технологических переходов во времени. Принцип параллельной концентрации, используемый при этом, позволяет существенно снизить время выполнения операции, что особенно важно при поточной сборке с регламентированным тактом выпуска изделий.

2. Проводят необходимые технологические расчеты или выбор режимов работы сборочного оборудования: усилие и скорость запрессовки при выполнении соединений с натягом методом запрессовки; температуру, время нагрева или охлаждения при сборке подобных соединений с тепловым воздействием; усилия развальцовки, гибки; величину усилия затяжки резьбового соединения и крутящий момент на ключе, применяемом для выполнения этого соединения; усилия, необходимые для формирования головок заклепок и др. Примеры расчетов приведены в специальной литературе [43; 44].

3. Уточняют типы и выбирают модели сборочного оборудования и инструмента по результатам уточнения структур операций и режимов выполнения сборочных работ.

4. Определяют нормы времени на выполнение операции. Как и в процессах механической обработки деталей, используют различные методы нормирования. При расчетно-аналитическом методе устанавливают технически обоснованную норму времени. В условиях крупносерийного и массового производств штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_g + T_{об} + T_{пер},$$

где  $T_o$  – основное (технологическое) время;  $T_g$  – вспомогательное время;  $T_{об}$  – время организационно-технического обслуживания;  $T_{пер}$  – время нормируемых перерывов в работе.

При сборке на конвейере периодического движения в состав  $T_{шт}$  дополнительно входит время перемещения изделия от одного рабочего места к другому, а при сборке на конвейере непрерывного движения – время перехода сборщиков к исходной позиции.

Основное  $T_o$  и неперекрываемое вспомогательное время  $T_g$  при сборке обычно не разделяют. В нормативах указывают оперативное время  $T_{оп} = T_o + T_g$ . Тогда норму штучного времени на сборку можно определить:

$$T_{ум} = T_{он} \left(1 + \frac{\alpha + \beta}{100}\right).$$

Потери на организационно-техническое обслуживание ( $\alpha$ ) и нормируемые перерывы ( $\beta$ ) зависят от серийности производств и могут колебаться в пределах  $\alpha = 0,6...8\%$  и  $\beta = 2...4\%$ .

В серийном и единичном производствах определяют штучно-калькуляционное время:

$$T_{ш.к} = T_{ум.} + \frac{T_{н.з.}}{n},$$

где  $T_{н.з.}$  — подготовительно-заключительное время, определяемое по нормативам.

При использовании автоматического сборочного оборудования штучное время определяют без учета потерь на организационно-техническое обслуживание  $T_{об}$  и на перерывы  $T_{пер}$ :

$$T_{ум.} = T_o + T_e.$$

5. Для технологического процесса с поточной формой сборки следует выполнить условие синхронизации операций:

$$T_{ум.} = \kappa \cdot \tau_e,$$

где  $\kappa = 1, 2, 3...n$ .

Выполнение этого условия обеспечивает отсутствие операционных заделов, что значительно упрощает организацию и техническое обслуживание технологического процесса. Допускается недогрузка по времени отдельных рабочих мест на 10–15% от такта выпуска. Перегрузка не допускается.

Приближения к такту выпуска или выполнения условия кратности можно добиться путем перераспределения работ между операциями, если это технологически возможно, изменения структур операций, применения средств механизации или автоматизации при выполнении сборочных операций, изменения технологических способов выполнения соединений.

Вместе с этим следует отметить нежелательность кратности больше трех, так как увеличение числа параллельно работающих сборочных рабочих мест может вызвать определенные трудности в организации технологического процесса: усложняется транспортная система, затрудняется процесс планирования и диспетчеризации.

#### **1.4.7. Выбор оптимального варианта технологического процесса сборки**

Анализ технико-экономических показателей технологического процесса сборки может быть произведен по абсолютным и относительным критериям.

*Абсолютные критерии* включают:

- трудоемкость сборочного процесса как сумму штучных времен по всем  $n$  операциям сборки  $T_{сб} = \sum_{i=1}^{i=n} T_{шт.}^i$ ;
- трудоемкость  $T_{сб.об}$  общей сборки;
- трудоемкость  $T_{сб.уз}$  узловых сборок;
- трудоемкость  $T_{пр}$  пригоночных работ, разборки и повторной сборки;
- себестоимость сборочного процесса и отдельных (см. выше) его составляющих;
- длительность циклов сборки изделия (общей и узловых).

*Относительным критериям* относятся:

- коэффициент совершенства технологического процесса сборки

$$K_{сов} = \frac{T_{сб} - T_{пр}}{T_{сб}}.$$

Степень совершенства процесса возрастает с ростом  $K_{сов}$ . В массовом производстве этот коэффициент равен 0,95...1,0; в серийном – 0,8...0,9; в единичном – 0,6...0,8;

- коэффициент расчлененности сборочного процесса

$$K_{расч} = \frac{T_{сб.уз}}{T_{сб}}.$$

Следует стремиться к увеличению  $K_{расч}$ , что приводит к упрощению и удешевлению сборки.

Все перечисленные критерии можно определять не только для сборки всего изделия или его узлов, но почти для каждой операции. Проведя сравнение альтернативных вариантов операций и процесса в целом, выбирают оптимальный. При проведении анализа полезно иметь значения соответствующих показателей по аналогичным операциям освоенного производства.

#### **1.4.8. Оформление технологических процессов сборки**

Обязательными документами для среднесерийного, крупносерийного и массового производств являются маршрутные и операционные карты, карты эскизов (при необходимости), технологические инструкции.

*Маршрутная карта (МК)* – документ, содержащий перечень операций сборки в технологической последовательности с указанием

данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах.

В единичном и мелкосерийном производствах в МК приводится описание выполнения операций с необходимыми графическими иллюстрациями в нижней части карты.

*Операционная карта (ОК)* – технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки, нормативов, данных о средствах технологического оснащения, графические иллюстрации к выполнению операции. В серийном производстве применяют ОК формы 1, в массовом при использовании специального оборудования – форму 3. Комплект этих карт дополняет МК.

*Карта эскизов (КЭ)* – технологический документ, содержащий эскизы, схемы, таблицы, необходимые для выполнения той или иной части технологического процесса. Выполняется по необходимости, если нет места для информации в ОК и МК (единичное и мелкосерийное производства).

*Технологическая инструкция (ТИ)* – документ, содержащий описание приемов работы, контроля, правил эксплуатации средств технологического оснащения, физических и химических явлений, возникающих в отдельных операциях.

Кроме этих документов могут быть разработаны:

- комплектовочная карта (КК) для указания данных по комплектующим составным частям изделия или сборочной единицы, основным и вспомогательным материалам;
- ведомость технологических документов (ВД) для указания состава сборочных единиц к типовым и групповым технологическим процессам с целью оптимизации поиска и нахождения соответствующих документов и данных;
- другие, предусмотренные ГОСТ 3.1407-86.

Более подробно данный вопрос рассмотрен во второй части настоящего учебно-методического пособия.

## **1.5. Технология сборки типовых соединений**

### **1.5.1. Резьбовые соединения**

К резьбовым соединениям, составляющим 15–25% от общего количества соединений, относятся винтовые, болтовые и шпилечные. Трудоемкость их сборки составляет 25–35% общей трудоемкости сборочных работ.

Процесс сборки резьбового соединения складывается из следующих элементов: подачи деталей, их установки и предварительного

ввертывания (наживления), подвода инструмента, завертывания, затяжки, отвода инструмента, дотяжки (при необходимости), стопорения, контроля. В случае автоматизированной сборки ввертывание, затяжка, дотяжка выполняются последовательно одним инструментом. В единичном и мелкосерийном производствах наживление винтов и гаек выполняется вручную, последующее завинчивание ключами и отвертками различных конструкций.

Наиболее сложна сборка шпилечных соединений. Сначала в одну из деталей ввертывают с натягом резьбовые шпильки, затем на них надевают сопряженную деталь, на выступающие концы шпилек надевают шайбы, навинчивают и затягивают гайки. Натяг шпилек обеспечивают с помощью натяга по резьбе, натяга по участку сбег резбы шпильки, упора буртом шпильки в плоскость разъема деталей, упора в дно резьбового отверстия, посадки на клей, затяжки шпильки со спиральной проволоочной вставкой, завинчивания шпильки в гладкое отверстие (только для алюминиевых и магниевых сплавов).

Для завинчивания шпилек используют специальные патроны, захватывающие шпильки за гладкую или резьбовую часть, а также ручные или механизированные инструменты (шпильковерты). При постановке шпилек проверяют отклонение перпендикулярности их оси к плоскости разъема деталей (по угольнику).

Затяжку гаек или винтов в групповом соединении необходимо производить в определенной последовательности (рис. 1.17), исключая перекося и коробление деталей, начиная со средних гаек и постепенно приближаясь к краям. Если гайки расположены по окружности, то их следует затягивать крест-накрест в диаметрально противоположных точках и дотягивать, двигаясь по окружности.

Надежность резьбовых соединений определяется их прочностью и стабильностью силы затяжки. Степень предварительной затяжки резьбового соединения зависит от функционального назначения узла и должна быть такой, чтобы упругие деформации деталей соединения при установленном режиме работы изделия находились в определенных допустимых пределах. Степень предварительной затяжки зависит от сил, нагружающих соединение, состояния и вида покрытия торцовых опорных поверхностей соединяемых деталей, покрытия резьбы, жесткости скрепляемых деталей, смазки в соединении, повторяемости сборки.

Правильно выбранная сила затяжки играет большую роль в повышении долговечности соединений. Минимальное усилие

затяжки  $Q_3$  должно удовлетворять условию плотности (нераскрытия) стыка при воздействии на соединение внешней силы  $P_H$ :

$$Q_3 = \gamma \cdot P_H (1 - \chi),$$

где  $\gamma$  – запас по плотности;  $\chi$  – коэффициент основной нагрузки ( $\chi = 0,2-0,4$ ).

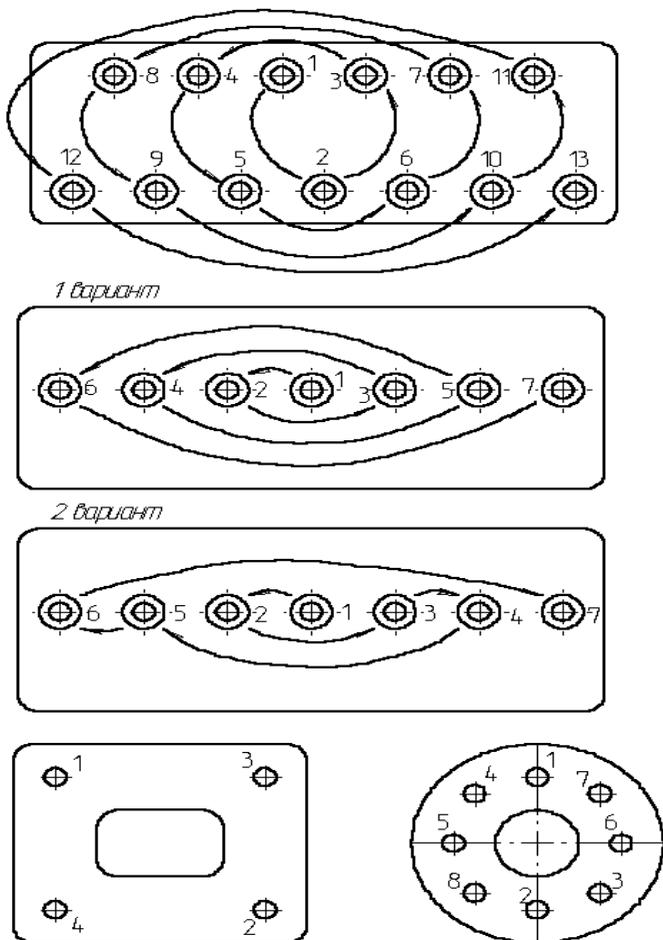


Рис. 1.17. Схема последовательности затяжки гаек группового резьбового соединения

Запас по плотности составляет 1,25–2 для постоянных нагрузок; 2,5–4 для переменных нагрузок. По условиям герметичности  $\gamma = 1,25-2,5$  при мягких прокладках;  $\gamma = 2,5-3,5$  при плоских металлических прокладках.

## Напряжение затяжки

$$\sigma_3 = \gamma \frac{P_H}{F_1} (1 - \chi),$$

где  $F_1$  – площадь сечения болта (шпильки) по внутреннему диаметру  $d_1$ .

Верхний предел  $\sigma_3$  принимают для ответственных силовых соединений  $\sigma_3 = (0,6-0,7)\sigma$ ; для обычных крепежных деталей  $\sigma_3 = (0,7-0,8)\sigma_T$ , где  $\sigma_T$  – предел текучести материала болта.

Прикладываемый при затяжке крутящий момент  $M_{кл}$  (момент на ключе) пропорционален усилию затяжки  $Q_3$ :

$$M_{кл} = Q_3 \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\beta - \rho') + Q_3 \frac{D_T}{2} f_T,$$

где  $d_2$  – средний диаметр резьбы;  $\beta$  – угол подъема резьбы;  $\rho'$  – угол трения в резьбе;  $D_T$  – приведенный диаметр окружности действия сил трения на опорной поверхности гайки;  $f$  – коэффициент трения на опорной поверхности гайки.

Угол трения  $\rho' = \operatorname{arctg} f'_p$ , где  $f'_p$  – приведенный коэффициент трения в резьбе:

$$f'_p = \frac{f_p}{\cos \alpha/2},$$

где  $f_p$  – коэффициент трения в резьбе;  $\alpha$  – угол профиля резьбы.

$$\frac{D_T}{2} = \frac{1}{3} \left( \frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2} \right),$$

где  $D$ ,  $d_0$  – наружный и внутренний диаметры опорной кольцевой поверхности гайки соответственно.

Для крепежных резьб с углом профиля  $\alpha = 60^\circ$

$$M_{кл} = Q_3 (0,16P_H + 0,58d_2 \cdot f_p) + Q_3 \frac{D_T}{2} f_T.$$

По результатам определения  $Q_3$  и  $M_{кл}$  выбирают сборочный инструмент и контролируют качество резьбового соединения. Наибольшее распространение получили методы контроля, основанные на измерении одного из следующих параметров:

- крутящего момента;
- угла поворота гайки или головки болта;
- удлинения болта (шпильки).

Затяжку с контролем момента затяжки рекомендуется выполнять при сравнительно коротких болтах и шпильках ( $l/d < 6$ ).

Для ограничения крутящего момента при ручной затяжке применяют предельные и динамометрические ключи. При использовании механизированных инструментов  $M_{кл}$  контролируют с помощью встраиваемых предельных устройств (фрикционных, шариковых, зубчатых и других муфт), которые отключаются при достижении заданного момента  $M_{кл}$ . Более точны динамометрические ключи, где момент затяжки измеряют, определяя деформацию изгиба или кручения упругого элемента ключа.

Затяжка с контролем угла поворота гайки обеспечивает более точную величину затяжки. Вначале гайки (винты) затягивают обычными ключами в определенной последовательности для «осаживания» деталей. Такую затяжку следует провести два-три раза для смятия неровностей. Затем гайки отвертывают и вновь навертывают до соприкосновения с деталью. После этого ведут затяжку с помощью ключа, а угол поворота гайки контролируют с помощью накладного градуированного диска. Величина угла  $\varphi_p$  рассчитывается по формуле

$$\varphi_p = 360 \frac{Q_3}{P} (\lambda_\sigma + \lambda_\delta),$$

где  $\lambda_\sigma, \lambda_\delta$  – коэффициенты податливости болта и стягиваемой детали соответственно;  $P$  – шаг резьбы.

$$\lambda_\sigma = \frac{l_\sigma}{E_\sigma \cdot F_\sigma},$$

где  $l_\sigma$  – длина болта или шпильки между опорными плоскостями;  $E_\sigma$  – модуль упругости материала болта;  $F_\sigma$  – площадь поперечного сечения болта.

$$\lambda_\delta = \frac{l_\delta}{E_\delta \cdot F_\delta},$$

где  $l_\delta$  – толщина стягиваемых деталей;  $E_\delta$  – модуль упругости стягиваемых деталей;  $F_\delta$  – площадь деформируемого поперечного сечения деталей.

Контроль затяжки по удлинению болта (шпильки) применяют для ответственных соединений. Величина удлинения болта рассчитывается по формуле

$$\Delta l = \frac{Q_3 \cdot l_\sigma}{E_\sigma \cdot F_\sigma}.$$

Способ непосредственного измерения удлинения резьбовой детали обычно применяют, когда эта деталь имеет значительную длину. Для этого используют контрольные устройства с индикаторами часового типа. Для этой цели в конструкции изделия должны

быть предусмотрены специальные измерительные базы или возможность крепления измерительных приборов.

В случае возникновения трудностей контроля удлинения с помощью непосредственных измерений применяют способы контроля, основанные на использовании полых болтов и различных мерных элементов (рис. 1.18).

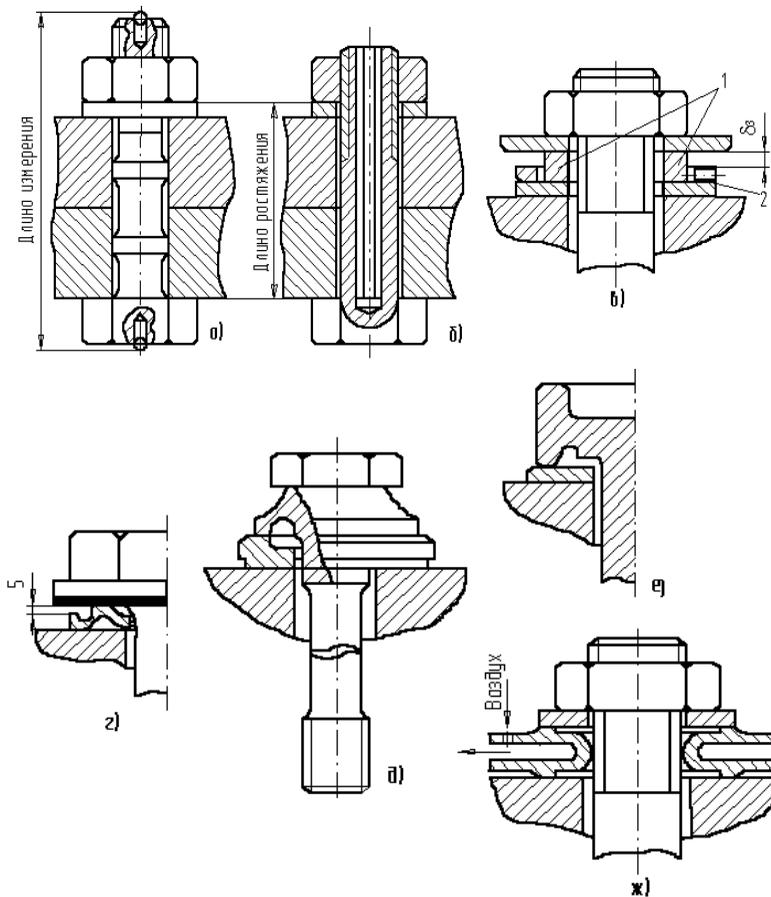


Рис. 1.18. Схемы контроля силы затяжки по удлинению болта и деформации специальных тарированных шайб

На рис. 1.18,б представлена конструкция болта (шпильки), имеющего по оси отверстие, соответствующее длине деформируемой части. В это отверстие помещают контрольный стержень, длину которого подбирают таким образом, чтобы при полной затяжке торец стержня был заподлицо с торцом болта (шпильки). При этом

способе силу затяжки оценивают как в процессе сборки, так и во время эксплуатации. При контроле силы затяжки предусматривают специальную пластичную мерную шайбу 1 (рис. 1.18,в), устанавливаемую между двумя обычными шайбами. Гайку затягивают до тех пор, пока зазор  $\delta_3$  не будет полностью устранен, и контрольное кольцо 2 не окажется зажатым.

На рис. 1.18,г показана тарированная шайба специального профиля. В процессе затяжки гайки шайба упруго деформируется, в результате чего происходит устранение первоначального зазора  $\delta_3$ , о чем свидетельствует резкое увеличение момента затяжки (из-за увеличения момента трения на торце гайки). На рис. 1.18,д и е показаны другие конструкции, обеспечивающие точную затяжку по аналогичному принципу.

Эффективны такие методы контроля усилия затяжки, как пневмотензометрический, тензометрический и др. [43]. Сравнительная оценка способов затяжки резьбовых соединений приведена в табл. 1.2.

Таблица 1.2

*Показатели способов затяжки резьбовых соединений*

Способ контроля затяжки	Точность, %	Относительная стоимость
1. Вручную	$\pm 35$	1
2. По моменту динамометрическим ключом	$\pm 25$	1,5
3. По углу поворота гайки	$\pm 15$	3
4. По деформации индикаторных шайб	$\pm 10$	7
5. По удлинению болта	$\pm 3 \dots \pm 5$	15
6. По удлинению болта с помощью тензодатчиков	$\pm 1$	20

### 1.5.2. Шпоночные соединения

Эти соединения используют в малонагруженных конструкциях изделий единичного и мелкосерийного производств. Наиболее распространены соединения с призматическими шпонками.

Для свободного соединения паз вала и втулки изготавливают соответственно с полем допуска H9 и D10; для нормального соответственно N9 и Js9; для плотного поля допусков P9.

Призматические шпонки малых размеров устанавливают в пазы валов легкими ударами медного молотка. Шпонки больших

размеров с посадками  $N/h$  и  $P/h$  запрессовывают с помощью прессов или струбцин.

В паз охватывающей детали шпонку устанавливают с помощью прессов в специальных приспособлениях (рис. 1.19).

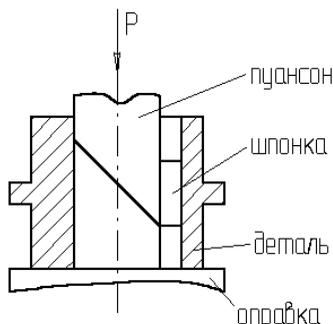


Рис. 1.19. Установка шпонки в охватывающую деталь

Правильная сборка соединений со шпонками в значительной мере обеспечивает работоспособность и надежность работы изделия. Смещение и перекос осей шпоночных пазов на валу и втулке, увеличенные зазоры в соединении являются причинами нарушения распределения нагрузок, смятия и разрушения шпонки.

В серийном производстве допускается подбор шпонок и пригонка по ширине паза, в массовом сборку ведут по принципу частичной или полной взаимозаменяемости.

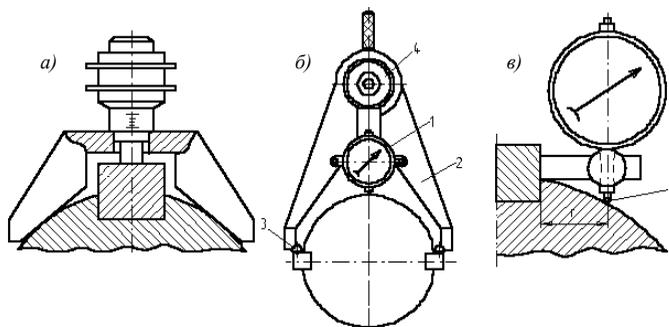


Рис. 1.20. Схемы контроля соединений со шпонками

В процессе сборки проверяют:

- плотность посадки шпонок в пазах вала с помощью щупов или по краске;
- высоту выступающей части шпонки (рис. 1.20,а);
- параллельность боковой поверхности шпонки оси вала (рис. 1.20,б);

– взаимное расположение шпонок на валу (рис. 1.20,в). Показания индикатора при перестановке прибора на другую сторону вала в случае симметричного расположения шпонок должны быть такими же.

### **1.5.3. Шлицевые соединения**

Соединение деталей по шлицам позволяет обеспечить более точное центрирование и повышенную прочность по сравнению со шпоночным соединением.

В зависимости от применяемой посадки центрирующих поверхностей шлицевые соединения можно отнести к тугоразъемным, легкоразъемным и подвижным.

Сборку соединений начинают с осмотра состояния сопрягаемых поверхностей на контроль наличия забоин, задиров или заусенцев.

В легкоразъемных и подвижных соединениях охватывающие детали устанавливаются на предварительно установленные в приспособлении охватываемые детали под действие небольших усилий или от руки. Усилия создаются прессами или специальными приспособлениями. Применение молотков не рекомендуется во избежание перекосов в соединениях. Сборку тугоразъемных соединений выполняют с помощью прессов. При больших натягах охватываемую деталь перед запрессовкой нагревают до 80–120° С.

После сборки проводится контроль следующих параметров:

- торцового биения охватываемой детали;
- радиального биения охватываемой детали;
- свободы перемещения охватываемой детали вдоль оси вала и в тангенциальном направлении в подвижных соединениях.

В тяжело нагруженных соединениях проверяют площадь контакта на боковых поверхностях шлицев с помощью краски.

### **1.5.4. Штифтовые соединения**

Соединения с помощью штифтов различной конструкции (рис. 1.21) применяют для точной фиксации составных частей изделия между собой. Штифты устанавливают с натягами по посадкам от  $H/j_s$  до  $H/s$ .

Постановка штифтов происходит в следующем порядке.

1. Установка сопрягаемых деталей с выверкой их относительного расположения и скрепление их болтами, винтами или струбинами в рабочем положении.

2. Совместная обработка отверстий под штифты в сопрягаемых деталях – сверление, зенкерование, развертывание. В ряде случаев возможно предварительное сверление у каждой из деталей до их сборки.

3. Постановка штифтов в отверстия с помощью молотка и оправки (рис. 1.22).

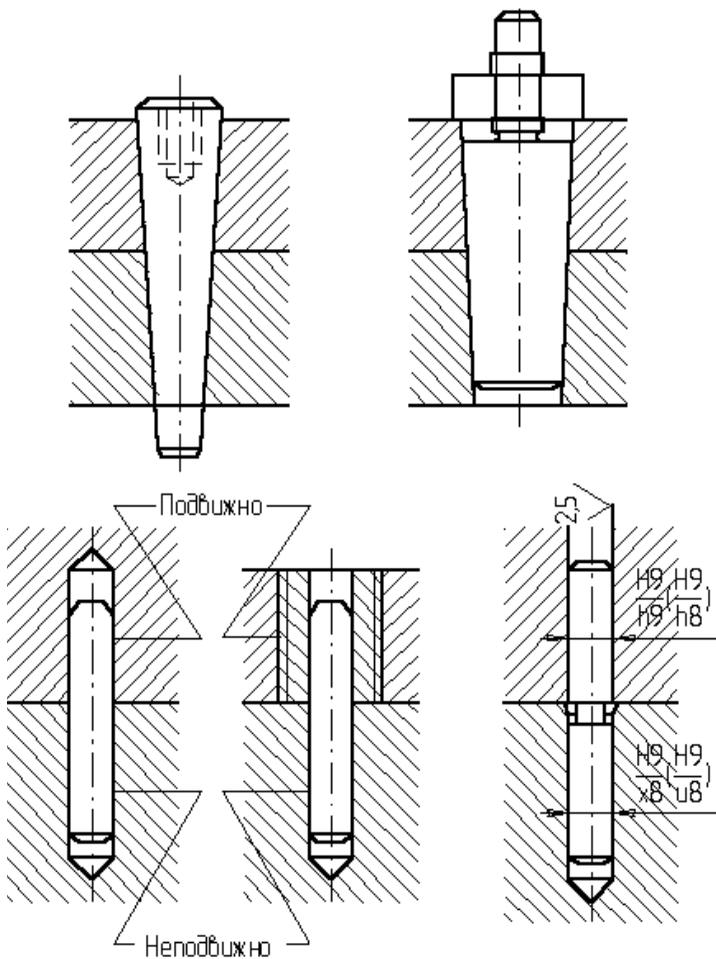


Рис. 1.21. Типы штифтов, применяемых при установке деталей на плоскостях

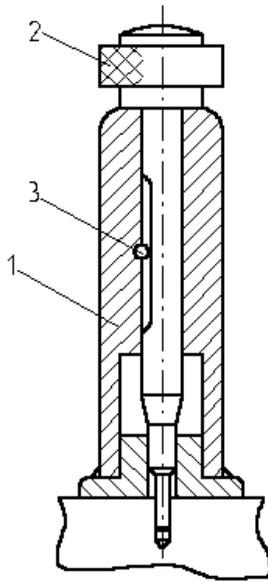


Рис. 1.22. Запрессовка штифтов оправкой

### 1.5.5. Сборка неподвижных неразъемных соединений с гарантированным натягом

Соединения с гарантированным натягом по способу получения нормальных напряжений на сопрягаемых поверхностях условно делят на продольно-прессовые и поперечно-прессовые.

При *продольно-прессовом соединении* (рис. 1.23) охватываемая деталь под действием прикладываемых вдоль оси сил запрессовывается в охватываемую с натягом, в результате чего возникают силы трения, обеспечивающие относительную неподвижность деталей.

Сборку с запрессовкой деталей применяют при обеспечении посадок от Н/к до Н/с. Разрабатывая технологию сборки таких соединений, определяют величины сил запрессовки и выпрессовки. Усилие запрессовки может быть найдено по формуле

$$P_{зап} = f_{зап} \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p,$$

где  $f_{зап}$  – коэффициент трения при запрессовке;  $d$  – диаметр охватываемой детали по поверхности сопряжения;  $L$  – длина запрессовки;  $p$  – удельное давление на поверхности контакта.

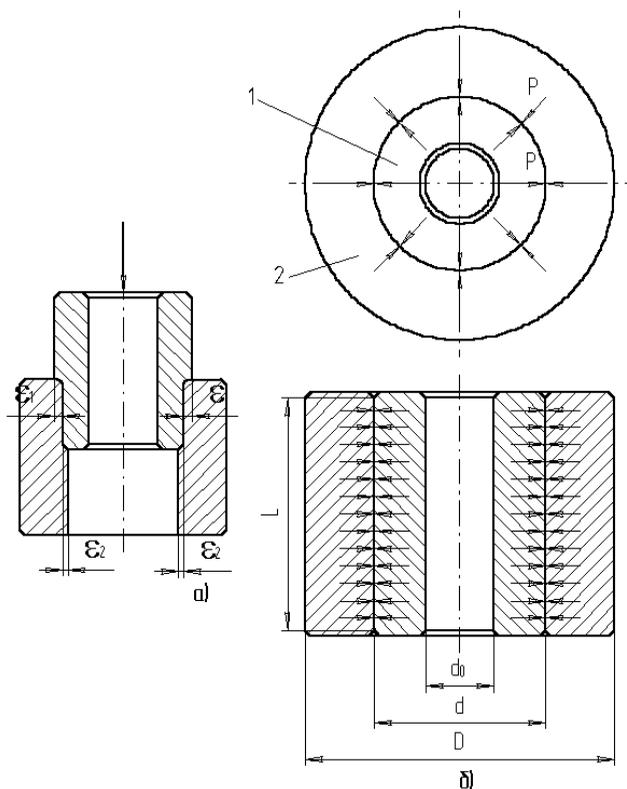


Рис. 1.23. Схема продольно-прессового соединения

Удельное давление  $p$ , кгс/мм<sup>2</sup> можно определить по формуле

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{N_p \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)},$$

где  $N_p$  — расчетный натяг в мкм;  $E_1, E_2$  — модули упругости материалов охватываемой и охватывающей деталей.

$$C_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2.$$

Здесь  $d, d_0, D$  — размеры деталей (рис. 1.23);  $\mu_1$  и  $\mu_2$  — коэффициенты Пуассона для материалов деталей 1 и 2.

Если вал сплошной, то  $d_0 = 0$  и  $d_0/d = 0$ . В случае когда охватывающая деталь выполнена в виде плиты,  $d/D = 0$ .

Коэффициенты трения  $f_{\text{зап}}$  зависят от материалов деталей, шероховатости сопрягаемых поверхностей, наличия и характера смазки. В процессе запрессовки следует применять индустриальные масла, смесь масла с графитом, дисульфидомолибденовую смазку, предохраняющие сопрягаемые поверхности от задиоров, уменьшающие усилие запрессовки, снижающие уровень вибраций прессов.

Коэффициенты трения при запрессовке с применением индустриального масла  $\mu = 30\text{А}$  и материале охватываемой детали – сталь 30 приведены в табл. 1.3.

Гальванические покрытия (цинк, кадмий, медь, никель, хром) на сопрягаемых поверхностях повышают прочность соединения.

Силу выпрессовки обычно принимают на 10–15% больше усилия запрессовки.

Таблица 1.3

*Значения коэффициентов трения*

Материал охватывающей детали	$f_{\text{зап}}$	Материал охватываемой детали	$f_{\text{зап}}$
Сталь 30, 50	0,054–0,22	Бронза, латунь	0,05–0,1
Чугун	0,07–0,13	Пластмасса	0,54
Сплавы магниевые и алюминиевые	0,02–0,06		

По результатам расчетов принимают устройства для запрессовки (рис. 1.24). Пресс должен развивать усилие больше расчетного в 1,5–2 раза. Кроме того, во внимание принимаются габаритные размеры изделия, экономичность запрессовки.

Качество выполнения соединений (несущая способность, требуемое расположение деталей) зависит от базирования деталей, особенно в начальный период выполнения соединений. Для правильной ориентации деталей необходимо применять ориентирующие элементы – оправки (рис. 1.25), заходные фаски с оптимальным углом  $10^\circ$ , заходные пояски. Операции запрессовки втулок, особенно с тонкими стенками, во избежание их деформации целесообразно выполнять с помощью оправок, центрирующихся в отверстии (рис. 1.25,а). Нижняя часть стержня 1 оправки имеет диаметр, равный диаметру отверстия (посадка скользящая), в которое должна быть запрессована втулка.

В ряде случаев направление деталям при запрессовке удобно придавать путем базирования охватывающей и охватываемой деталей на оправках приспособления (рис. 1.25,б) или в специальной направляющей стойке (рис. 1.25,в). Очень важно, чтобы сила запрессовки действовала по оси запрессовываемой детали.

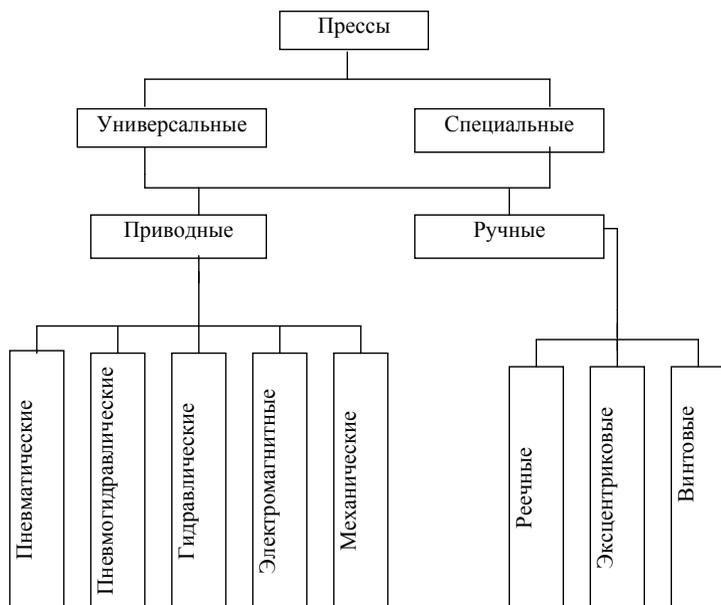


Рис. 1.24. Сборочные прессы

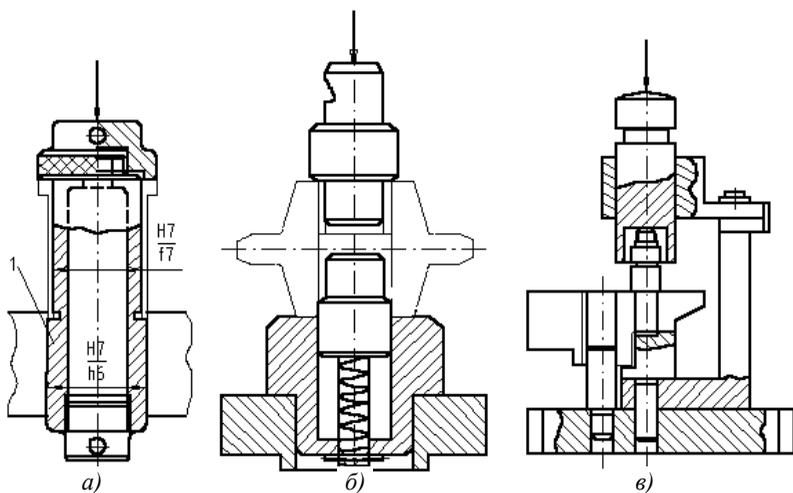


Рис. 1.25. Приспособления, обеспечивающие направление деталям при запрессовке и выпрессовке

В связи с наблюдающимся перекосом деталей может иметь место неплотный контакт по базовым торцам и вследствие этого – возникновение торцового биения охватывающей детали. Чтобы избежать этого, усилие в конце запрессовки должно быть увеличено на 20 – 40% (рис. 1.26).

После снятия усилия запрессовки происходит упругое отжатие детали на некоторую величину  $\Delta h$ . Эта величина зависит от ряда конструктивных и технологических факторов. В частности,  $\Delta h$  возрастает с увеличением натяга и скорости запрессовки. Поэтому после окончания запрессовки необходимо сохранять нагрузку в течение некоторого времени (рис. 1.26).

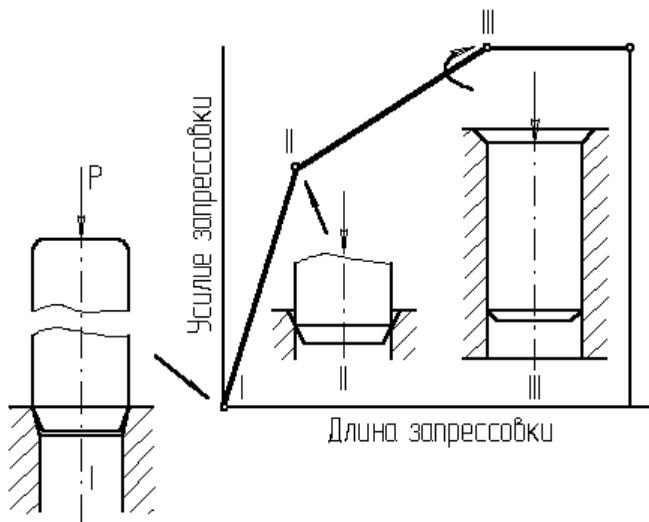


Рис. 1.26. Теоретическая диаграмма запрессовки:

I – ориентация деталей; I–II – наживление; I–III – запрессовка

Запрессовку обычно производят с вертикальной силой. Горизонтальное направление рекомендуется, когда одна из деталей имеет значительные длину и массу.

В *поперечно-прессовых соединениях* сближение сопрягаемых поверхностей происходит радиально или нормально к поверхности. Такие соединения можно осуществить нагреванием охватывающей детали перед сборкой, охлаждением охватывающей детали, путем упругопластической деформации деталей.

*Сборку с нагревом* охватывающей детали применяют, когда в соединениях предусматриваются значительные натяги по посадкам от  $H/t$  и далее. Этот метод обеспечивает более высокое качество

соединения за счет меньших повреждений сопрягаемых поверхностей и уменьшения влияния шероховатости поверхностей. В одних и тех же условиях прочность тепловых соединений в 2–3 раза больше прочности прессовых соединений. Кроме того, отпадает необходимость в применении дорогостоящих прессов.

Минимальная температура нагрева  $t_H^{\min}$  должна быть:

$$t_H^{\min} = \frac{1}{K_\alpha} \left( \frac{0,015}{d_1} + 0,001 \right),$$

где  $K_\alpha$  — коэффициент линейного расширения детали;  $d_1$  — диаметр отверстия.

Для стальных деталей

$$t_H^{\min} = \left( \frac{1350}{d_1} + 90 \right).$$

Подсчитанная температура должна быть увеличена на 20–30%, что компенсирует частичное охлаждение детали в процессе ее установки, а также обеспечивает свободную установку детали на место соединения. Обычно температура нагрева не превышает 350–370° С.

В зависимости от конструкции и назначения охватываемой детали ее нагревают в газовых, электрических печах в воздушной или жидкостной (минеральное масло) среде, индукционных нагревательных устройствах и с помощью переносных электроспиралей. После установки детали ее следует охлаждать в печи, потоком воздуха, в масляной ванне или омытием водного раствора нитрита натрия. В первом случае дополнительные внутренние напряжения в детали минимальны.

Сопрягаемые поверхности могут покрываться свинцом, цинком, медью, синтетическими пленками для увеличения прочности соединений, предохранения от коррозии, сохранения поверхностей при распрессовке соединения.

Температура  $t_0$  охлаждения детали может быть найдена по формуле

$$t_0 = \frac{N + \delta}{K_\alpha \cdot d},$$

где  $\delta$  — минимальный зазор.

Величина  $\delta$  зависит от времени выполнения операции, диаметра поверхности сопряжения, материала деталей.

Сборка с охлаждением имеет ряд преимуществ перед сборкой с нагревом. Нагрев деталей может являться причиной возникно-

вения температурных внутренних напряжений, местных деформаций, снижения твердости и окисления поверхностей. Сборка с охлаждением таких недостатков не имеет. Для охлаждения требуется меньше времени.

Охлаждение до  $-75^{\circ}\text{C}$  производят при помощи твердой углекислоты (сухого льда), до  $-100^{\circ}\text{C}$  с помощью холодильных машин. При необходимости получить более низкие температуры для охлаждения применяют жидкие кислород, воздух или азот. Время охлаждения зависит от размеров и массы деталей.

Прочность продольно-прессовых соединений обычно контролируют по силе запрессовки. Контроль ведут по показаниям манометров прессов. При сборке ответственных соединений прессы оснащают регистрирующими приборами, вычерчивающими график в координатах «усилие запрессовки – длина запрессовки».

Возможен также контроль давления на поверхности прессового или теплового соединения ультразвуковым методом. Метод основан на том, что при увеличении контактного давления количество отраженной ультразвуковой энергии уменьшается.

#### **1.5.6. Выполнение клепаных соединений**

Выполнение клепаных соединений осуществляется в сборочных единицах, подверженных большим динамическим нагрузкам, и в тех случаях, когда сопрягаются плохо свариваемые друг с другом материалы.

Отверстия под заклепки выполняются с диаметрами, обеспечивающими зазоры в сопряжениях с заклепками диаметром стержня менее 6 мм – 0,2 мм; при 6–10 мм – 0,25 мм; при 10–18 мм – 0,3 мм.

Длина заклепки должна быть такой, чтобы выступающая часть стержня составляла от 1,3 до 1,6 диаметра стержня в зависимости от формы головки.

Для формообразования головки заклепки применяют прямой и обратный методы. При прямом методе давление прикладывают со стороны замыкающей головки (формирующейся), при обратном – со стороны закладной головки (уже имеющейся). При прямом методе необходимо дополнительное обжатие головки.

Горячую клепку применяют для стальных заклепок диаметром более 14 мм. Перед постановкой заклепки нагревают до  $1050\text{--}1100^{\circ}\text{C}$  в нагревательных устройствах различного типа. Формообразование замыкающей головки ведется при усилиях 65–80 кН на  $1\text{ см}^2$  сечения стержня заклепки.

Усилие  $P_{кл}$ ,  $H$  при холодной клепке:

$$P_{кл} = \Phi \cdot d^{1,75} \cdot \sigma_{\sigma}^{0,75},$$

где  $\Phi$  – коэффициент, зависящий от формы головки (для сферических – 28,6; плоских – 15,2; потайных – 26,2; трубчатых – 4,33);  $\sigma_{\sigma}$  – предел прочности материала заклепки при растяжении, МПа;  $d$  – диаметр стержня заклепки, мм.

Для создания усилий прессования применяют прессы различных типов, клепальные машины, ручные пневмо- и гидравлические скобы, клепальные молотки. На выбор оборудования влияют размеры заклепки, толщины соединяемых деталей, их материалы.

Постановку заклепок для уменьшения смещения отверстий и выпучивания соединяемых деталей следует вести вразброс.

Качество заклепочных соединений проверяют внешним осмотром и простукиванием заклепок. Наиболее часто встречающиеся дефекты заклепочных соединений:

- смещение оси замыкающей головки относительно оси стержня;
- недостаточная высота замыкающей головки;
- уменьшенный диаметр замыкающей головки;
- выпучивание стержня заклепки между сопрягаемыми поверхностями склепываемых деталей;
- изгиб стержня заклепки в отверстии.

Дефекты оформления замыкающих головок контролируют с помощью измерительных штангенинструментов или шаблонов. Неплотное прилегание головок проверяют щупами. Простукиванием обнаруживают плохо затянутые заклепки.

### **1.5.7. Соединения, выполняемые развальцовкой**

Вальцовочные соединения применяют в следующих случаях:

- когда нагрев соединяемых деталей нежелателен;
- собираемые детали изготовлены из разнородных материалов;
- при скреплении большого числа деталей в один пакет;
- при высокой надежности скрепления;
- в трубных конструкциях, работающих под действием ударных нагрузок и вибраций, тепловых расширений и т. п.

Скрепление при вальцевании основано на использовании пластичности материалов соединительных элементов (цапф), на их способности изменять форму и размеры без разрушения при перераспределении материала цапф в замыкающие головки (рис. 1.27).

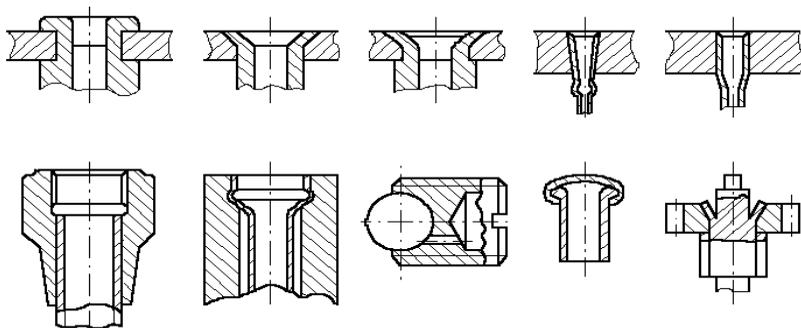


Рис. 1.27. Вальцовочные соединения с замыкающей головкой различной формы

Развальцовка может выполняться вручную, на сверлильных станках, с помощью прессов и специальных установок, работающих в автоматическом или полуавтоматическом режимах.

Вальцевание может производиться по различным схемам с помощью специальных инструментов (рис. 1.28).

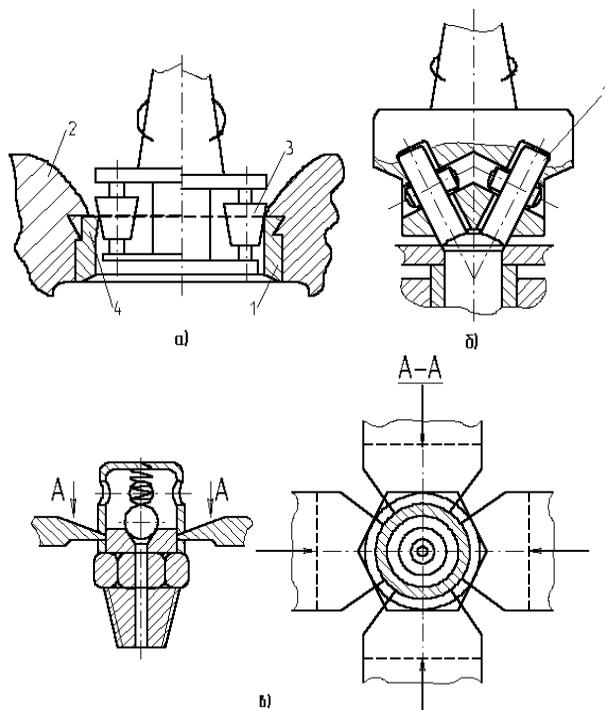


Рис. 1.28. Схемы вальцевания различными методами

Сила  $P$ , Н, необходимая для осадки концов цапфы на конус, может быть определена по следующим формулам:

– для медных цапф

$$P_0 = 45 \frac{S_0(D+d)}{2} \cdot \frac{D_1}{D} \sigma_T;$$

– для стальных

$$P = 55 \frac{S_0(D+d)}{2} \cdot \frac{D_1}{D} \sigma_T,$$

где  $D$ ,  $d$  – наружный и внутренний диаметры цапф, мм;  $D_1$  – диаметр развальцованного конца, мм;  $S_0$  – толщина стенки трубки, мм;  $\sigma_T$  – предел текучести материала цапф, Мпа.

Степень деформации конца цапфы  $D_1/D$  обычно допускается не более 1,25–1,8.

## 1.6. Сборка типовых узлов и механизмов

### 1.6.1. Узлы с подшипниками скольжения

Подшипники скольжения могут быть неразъемными и разъемными. В первом случае подшипник представляет собой втулку, запрессовываемую в корпус. Во втором случае он состоит из двух частей-вкладышей с диаметральной разъемом.

*Процесс установки втулки* включает ее запрессовку, закрепление от проворачивания и подгонку отверстия.

Операция запрессовки осуществляется с помощью прессов, виброударных и винтовых приспособлений. Центрирование втулок происходит с помощью специальных оправок (рис. 1.29). Последовательную запрессовку нескольких втулок многоопорного вала производят с помощью приспособления, показанного на рис. 1.30. Оно состоит из винта 1 с выточками, предназначенными для установки сменных ступенчатых колец 2, на которых базируются запрессовываемые втулки 3, гайки-воротка 4 и упорного стакана 5.

Запрессовка втулок может происходить с предварительным охлаждением втулки или с нагревом охватывающей детали (реже).

После запрессовки внутренний диаметр втулки уменьшается. Особенно это ощутимо при натягах по посадкам Н/х, Н/и, Н/с. Отверстие после запрессовки необходимо дополнительно обрабатывать – развертывать, калибровать шариком или пуансоном-прошивкой. После такой обработки стопорение втулок не требуется.

При посадке втулок по Н/к, Н/п внутренние отверстия практически не меняют свои параметры, и их дополнительная обработка не требуется. Но такие втулки требуют фиксации в корпусе штифтами, винтами, раскерниванием.

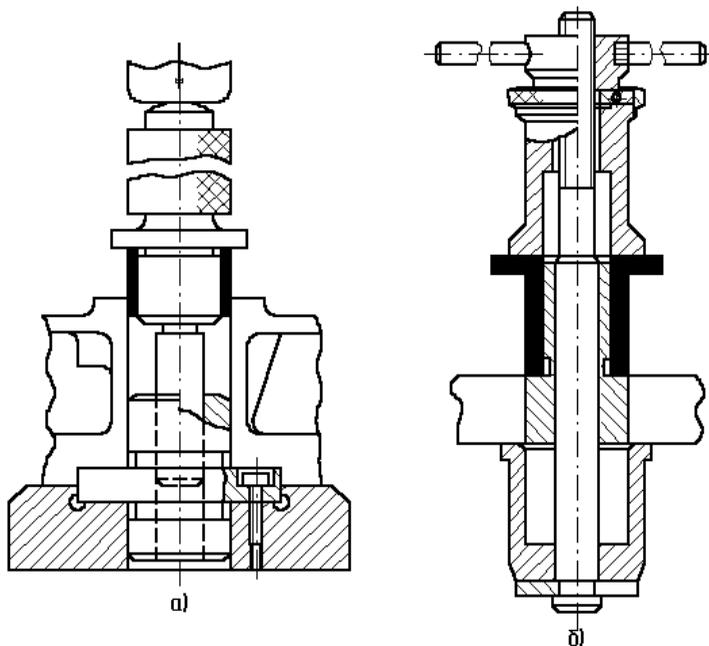


Рис. 1.29. Запрессовка подшипников-втулок:  
а) на прессе; б) винтовым приспособлением

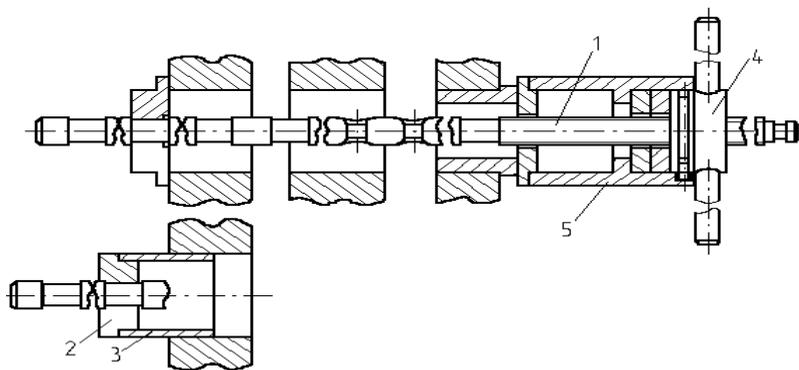


Рис. 1.30. Последовательная запрессовка подшипников-втулок  
многоопорного вала

*Разъемные подшипники скольжения*, на внутренние исполнительные поверхности которых наносится антифрикционный материал, могут быть толстостенными и тонкостенными. Отношение  $k$  толщины стенки (без антифрикционного слоя) к наружному диаметру для толстостенных  $k = 0,065-0,095$ , а у тонкостенных  $k = 0,025-0,045$ .

Вкладыши толстостенных подшипников изготавливают из малоуглеродистой стали, чугуна или бронзы и заливают баббитом или другим антифрикционным сплавом.

Тонкостенные вкладыши изготавливают из малоуглеродистой стали и заливают изнутри слоем антифрикционного сплава. Могут применяться сталеалюминиевые биметаллические вкладыши, изготовленные из полосы.

Детали подшипника – корпус и крышка поступают на сборку с предварительно обработанным совместно в сборе отверстием под вкладыши.

Вкладыши устанавливают в корпус и в крышку с небольшим натягом или по посадке Н/н. Фиксация толстостенных вкладышей осуществляется установочными штифтами, тонкостенных – посредством специального фиксирующего уса.

Положение вкладышей при их установке в базовые поверхности (постели) корпуса и крышки оказывает значительное влияние на работоспособность вкладышей. Нормально работают только те вкладыши, у которых площадь соприкосновения наружных посадочных поверхностей составляет не менее 85% от номинальной.

Плотность прилегания вкладышей обеспечивается в серийном производстве методом пригонки, в крупносерийном и массовом – методами взаимозаменяемости.

После установки вкладышей производят соединение разъемных частей подшипника – корпуса и крышки с помощью прецизионных болтов, штифтов и шпилек. Под действием силы затяжки изменяется форма крышки подшипника, что вызывает нарушение формы посадочного отверстия подшипника. При значительных погрешностях возникает необходимость окончательной обработки отверстий подшипников с толстостенными вкладышами в сборе, особенно после их пригонки к постели.

Тонкостенные вкладыши дают требуемую точность отверстий в сборе за счет высоких требований к их изготовлению, которая, как правило, обеспечивается методом групповой взаимозаменяемости.

После сборки подшипника скольжения проводят контроль размеров и отклонений от цилиндричности внутренних поверхностей, соосности многоопорных подшипников различными методами.

В частности, для контроля соосности применяют макетный вал, который вставляется внутрь смонтированных подшипников. Диаметр макетного вала меньше минимального отверстия подшипников на двойную величину допускаемой несоосности. Макетный вал в месте соприкосновения с подшипником покрывают тонким слоем краски и контролируют соосность по ее отпечаткам на вкладышах.

В крупносерийном и массовом производствах применяют индикаторные приспособления, пневматический контроль соосности.

*Укладка вала в подшипники* производится при снятой крышке. Если толстостенные подшипники требуют при сборке пригонки, то опорные шейки вала предварительно покрывают краской. Уложенный вал проворачивают на два-три оборота и проверяют наличие отпечатков краски на вкладышах. Удовлетворительным прилеганием считается, когда 75–85% поверхности вкладыша равномерно покрыто отпечатками краски. Если прилегание плохое, то производят шабрение опорной поверхности вкладыша, после чего снова укладывают вал на проверку.

Затем устанавливают крышки подшипников и проверяют прилегание верхних вкладышей к шейкам. Для этого гайки, крепящие крышки, попеременно затягивают до отказа последовательно на каждом подшипнике в порядке от середины к концам вала. Затянув гайки одного подшипника, проверяют вал на два-три оборота. Ослабив затем эти гайки, затягивают следующую пару и т. д. После этого снимают крышки, проверяют отпечатки краски, шабруют и проводят повторную сборку.

Если рабочие поверхности подшипников окончательно обрабатывались в сборе, шабрение таких подшипников не допускается.

Последовательность укладки вала в тонкостенные подшипники следующая.

1. Подбирают комплекты вкладышей с учетом размеров вала.
2. Вкладыши монтируют в постели и крышки.
3. Обдувают все поверхности воздухом и смазывают тонким слоем масла.
4. Устанавливают вал в подшипники.
5. Устанавливают крышки и затягивают гайки. Во избежание перекосов гайки целесообразно навинчивать попарно от середины к краям с помощью предельных или динамометрических ключей.

Монтажный зазор в подшипниках обычно составляет около 30% от оптимального рабочего. Поэтому в подшипниках, подверженных воздействию больших динамических нагрузок, затяжку

гаек часто производят с силой, превышающей динамическую нагрузку на 25–40%. Несмотря на выгибание крышек, во время работы такой подшипник принимает правильную форму, что обеспечивает максимальную несущую способность опор.

О величине зазоров косвенно судят по крутящему моменту, необходимому для провертывания вала. Если вал вращается туго, то путем последовательного ослабления гаек, крепящих крышки, определяют, какой именно подшипник «захватывает» вал. Вкладыши подшабровывают или заменяют. Регулировать зазоры путем неполного затягивания гаек нельзя.

Определяют величину зазора в подшипнике с помощью свинцовой проволоки. Для этой цели отрезки мягкой свинцовой проволоки диаметром на 0,2–0,3 мм больше возможного зазора закладывают в нескольких местах между вкладышем и шейкой вала (рис. 1.31). Предварительно проволоки смазывают маслом. После этого крышку подшипника затягивают гайками, затем снимают крышку, вынимают проволоки и измеряют толщины образовавшихся пластинок.

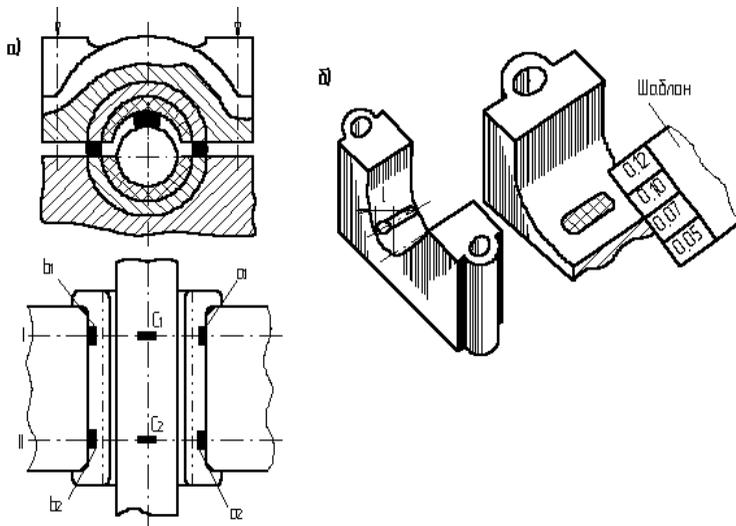


Рис. 1.31. Схемы контроля зазоров свинцовыми проволоками:  
а) тремя; б) одной

Масляные зазоры  $\Delta$  в плоскостях I и II (рис. 1.31,а) равны:

$$\Delta_I = C_1 - \frac{a_1 + b_1}{2};$$

$$\Delta_{II} = C_2 - \frac{a_2 + b_2}{2},$$

где  $C$ ,  $a$ ,  $b$  – толщины проволоки.

В массовом производстве зазор в сопряжении подшипника с валом непосредственно не контролируется. Для того чтобы при сборке не создать погрешности формы отверстия, затяжку гаек крепления каждой крышки ведут таким же крутящим моментом, как и при установке крышки для совместной обработки постели.

В подшипниках высокой точности момент окончательной затяжки после укладки вала уменьшают на 10–15%. Этим вводится поправка на обмятие неровностей на контактных поверхностях.

Осевые зазоры, в пределах которых возможно перемещение вала вдоль его оси, проверяются щупами или индикаторными приборами при крайних смещениях вала.

### 1.6.2. Сборка узлов с подшипниками качения

Посадки в соединениях подшипников качения с валом и корпусом назначаются с учетом конкретных условий работы подшипниковых узлов в машине. В большинстве случаев при вращении вала внутреннее кольцо устанавливается с натягом по посадкам  $m6$ ,  $p6$ , а наружные – в корпусе по посадкам  $H7$ ,  $Is7$  с возможным зазором.

Сборку узлов с шариковыми подшипниками качения осуществляют в следующем порядке.

1. Промывка подшипников в 6%-ном растворе масла, бензине или в горячих (75–85° С) антикоррозионных водных растворах.
2. Напрессовка подшипников на вал в холодном состоянии или с предварительным нагревом в масляной ванне с температурой 60–100° С в течение 15–20 мин.
3. Контроль качества установки подшипников на валу.
4. Установка вала в сборе с подшипниками в корпус.
5. Проверка радиального биения выходного конца вала.

Усилие запрессовки холодного подшипника определяется по следующей формуле:

$$P = \frac{N \cdot f \cdot E \cdot \pi \cdot B}{2n} \quad (\text{Н}),$$

где  $N$  – расчетный натяг, мм;  $f$  – коэффициент трения (при напрессовке  $f = 0,1 \dots 0,15$ , при спрессовывании  $f = 0,15 \dots 0,25$ );  $E$  – модуль упругости ( $E = 2,12 \times 10^5$  МПа);  $B$  – ширина кольца подшипника, мм.

$$n = \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2}; \quad d_0 \approx d + \frac{D-d}{4},$$

где  $d$  – диаметр отверстия внутреннего кольца, мм;  $D$  – наружный диаметр подшипника, мм.

Операцию напрессовки шариковых и роликовых подшипников необходимо осуществлять с применением оправок. Осевые усилия прикладываются только к тому кольцу, которое сопрягается с базовой деталью. Если подшипник одновременно монтируется на вал и в корпус, то усилия передаются на торцы обоих колец. Для напрессовки крупногабаритных подшипников удобно применять гидравлические гайки.

После напрессовки подшипника на вал наружное кольцо должно вращаться равномерно, без заедания, с незначительным шумом. Радиальный зазор у шариковых подшипников при необходимости контролируют по осевому зазору «на качку» или в приспособлении (рис. 1.32). В технологии сборки следует указать, какой метод должен применяться.

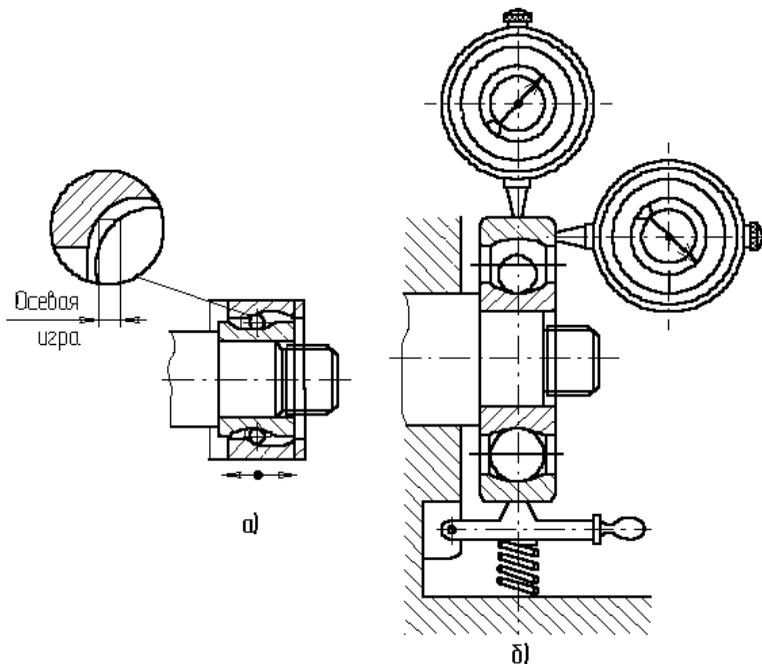


Рис. 1.32. Схема проверки зазоров в подшипнике после его напрессовки на вал: а) «на качку»; б) в приспособлении

Установка подшипника с натягом в корпусе осуществляется запрессовкой в холодном состоянии с усилием 400–450 кГс (подшипники с внешним диаметром 80–130 мм), с нагревом корпуса или охлаждением подшипника сухим льдом. Приспособления для сборки должны обеспечивать удобную установку собираемого узла и надежное центрирование подшипника в корпусе. При запрессовке используют стационарные прессы или переносные гидро- и пневмоприспособления.

После сборки подшипникового узла проверяют радиальное биение выходного конца вала. Если вал, вращающийся в двух опорах (рис. 1.33,а), будет установлен так, что радиальные биения  $\delta_n$  и  $\delta_z$  передней и задней опор будут в одной плоскости, но противоположно направлены (рис. 1.33,б), то биение  $\delta_o$  конца вала будет больше, чем  $\delta_n$ . Целесообразно установить опоры так, чтобы  $\delta_n$  и  $\delta_z$  были направлены в одну сторону (рис. 1.33,в). Такой принцип взаимной компенсации радиальных биений применяют для установки точных валов.

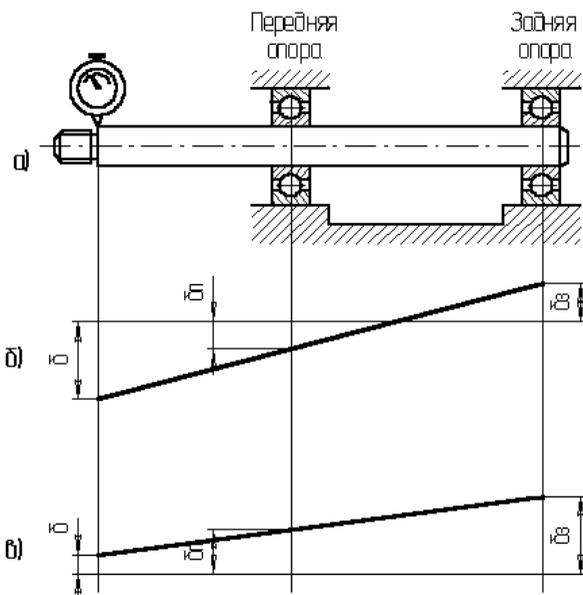


Рис. 1.33. Схемы компенсации биения подшипников при монтаже вала

Для определения биения внутреннего и наружного колец подшипника пользуются индикаторными приспособлениями (рис. 1.34). Положение наибольшего эксцентриситета колец отмечается тонкой риской. Далее кольца ориентируют в корпусе так, чтобы риски были в одном направлении.

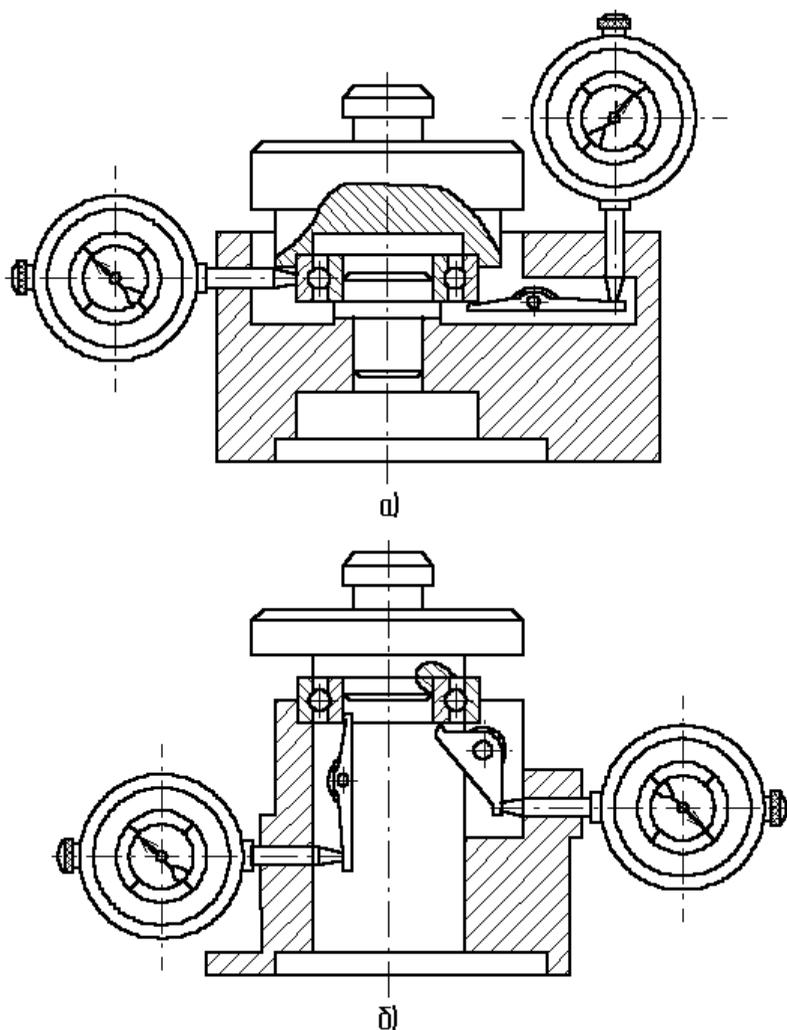


Рис. 1.34. Схемы определения биения колец подшипников:  
 а) наружного; б) внутреннего

Монтаж *конических роликовых подшипников* осуществляют раздельно, т. е. внутреннее кольцо с роликами напрессовывают на вал, а наружное кольцо – в корпус. Методы установки кольца на валу такие же, как и шарикоподшипников. Несколько отличается запрессовка наружного кольца в корпус. Приспособления должны обеспечить самоустанавливаемость кольца при запрессовке. Для этого применяют плавающие сферические опоры и точные оправки.

Радиальные зазоры  $S_p$  регулируют осевым смещением наружного кольца на определенную величину  $C$  (рис. 1.35), равную:

$$C = \frac{S_p}{2 \operatorname{tg} \beta},$$

где  $\beta$  – угол конуса наружного кольца.

Зазор  $\lambda$  по линии давления можно подсчитать как  $\lambda = 2C \sin \beta = S_p \cos \beta$ .

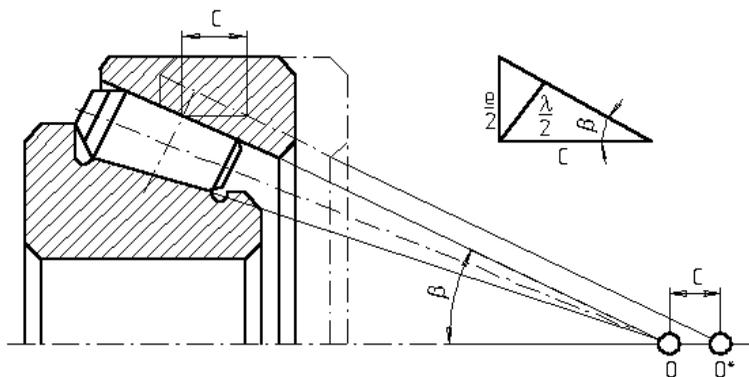


Рис. 1.35. Схема регулирования радиального зазора конического роликоподшипника

Подшипники монтируют в корпусе, и необходимые зазоры создают с помощью различных элементов-компенсаторов (рис. 1.36). Проверка зазоров проводится провертыванием вала с фиксацией крутящего момента с помощью контрольных приспособлений, выполненных по схеме динамометрических ключей. Допустимая величина крутящего момента определяется в зависимости от осевой нагрузки на подшипник.

*Игольчатые роликовые подшипники* применяют для уменьшения габаритных размеров и массы сборочных единиц. Эти подшипники (рис. 1.37) имеют большие радиальные зазоры, чем у роликовых или шариковых. Их величины примерно равны зазорам в подшипниках скольжения того же диаметра.

Игольчатый подшипник монтируют в процессе сборки узла. На поверхность проточки валика наносят слой консистентной смазки, устанавливают валик в монтажное полукольцо (рис. 1.38,*a*) и в образовавшийся зазор вводят ролики, последовательно поворачивая валик. Затем на валик устанавливают охватывающую деталь, смещая монтажное полукольцо.

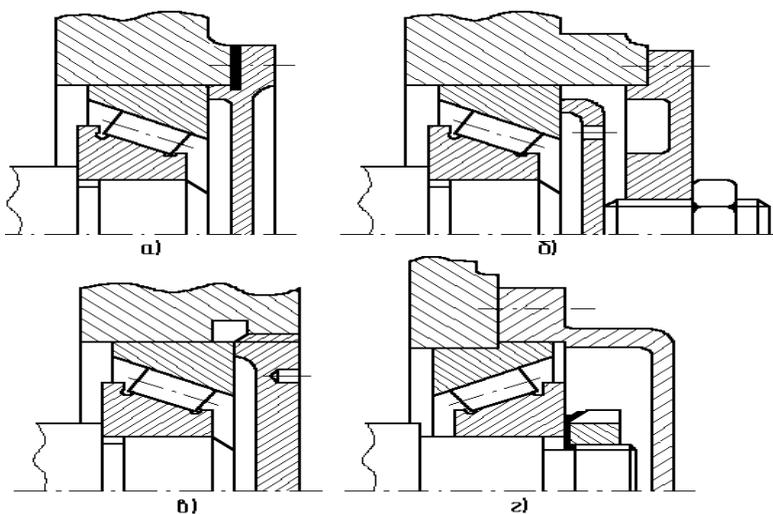


Рис. 1.36. Способы регулирования зазора в конических роликоподшипниках:  
 а) прокладками; б) пружинной шайбой; в, г) гайками



Рис. 1.37. Игольчатые подшипники

Подшипники собирают на монтажной оси (рис. 1.38,б), диаметр которой на  $0,1-0,2$  мм меньше диаметра действительной оси. На поверхность отверстия предварительно наносят слой густой смазки. После сборки игл и постановки ограничительных колец вставляют рабочую ось, вытесняя монтажную.

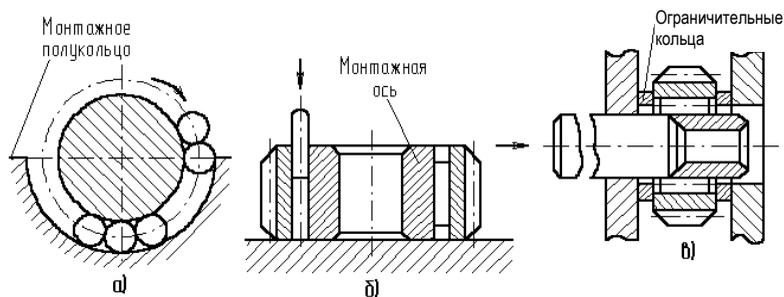


Рис. 1.38. Сборка сборочных единиц с игольчатыми подшипниками

Зазоры в игольчатых подшипниках обеспечиваются методом групповой взаимозаменяемости, который используется при изготовлении всех деталей подшипника – рабочих осей, роликов и охватывающих деталей.

Собранный подшипник проверяют на вращение, которое должно быть свободным, без каких-либо заеданий.

### 1.6.3. Сборка зубчатых и червячных передач

При сборке *зубчатых передач* выполняют следующие работы:

- 1) установка зубчатого колеса на валу;
- 2) установка валов с колесами в корпусе;
- 3) контроль и регулирование зацепления.

Наиболее распространенные способы закрепления зубчатых колес на валах показаны на рис. 1.39. В массовом производстве наиболее употребительны способы с посадкой по шлицам и с упором в торец с передачей момента шпонкой.

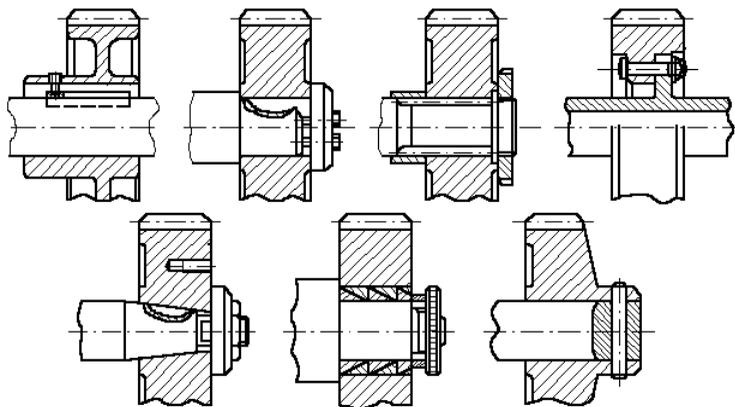


Рис. 1.39. Крепление зубчатых колес на валах

Установку колес с натягом осуществляют посредством прессов, специальных приспособлений или вручную при помощи специальной мягкой оправки и молотка (мелкосерийное производство).

При напрессовке колеса возможны следующие погрешности:

- радиальное смещение зубчатого венца за счет зазора посадки или биения посадочной шейки вала;
- перекося и качание (при посадке с зазором) колеса на валу;
- неплотное прилегание к упорному буртику вала.

Контроль этих погрешностей ведут с помощью индикаторных приспособлений (рис. 1.40). В массовом производстве применяется метод проверки биений зубчатого колеса по эталону.

Положение ведущего и ведомого валов в корпусе при сборке зубчатых передач имеет существенное значение. Так, для *цилиндрических передач* важно выдержать точность межосевого расстояния, оси валов должны лежать в одной плоскости (отсутствие перекося) и быть параллельными.

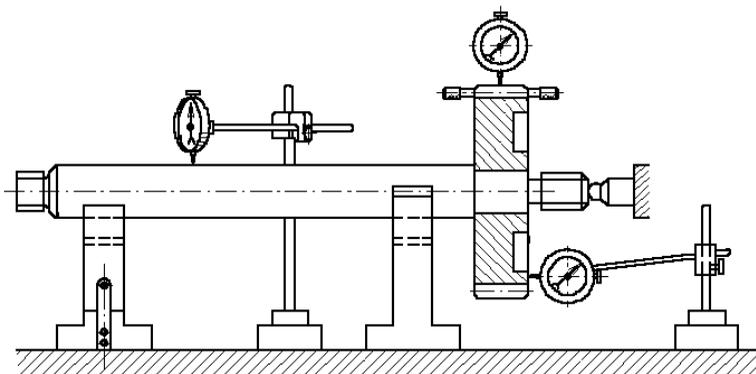


Рис. 1.40. Контроль биений узла «зубчатое колесо – вал»

Колебание межцентрового расстояния влияет на величину бокового зазора в зацеплении, а перекося и непараллельность осей вызывают смещение пятна контакта передачи вдоль зуба колеса.

Расстояние между осями валов проверяют перед сборкой зубчатых передач. Для этого используют калиброванные оправки, микрометрические приборы и специальные калибры (рис. 1.41).

Схемы проверки на отклонения от параллельности и перекося осей показаны на рис. 1.42. При помощи валов-калибров последовательно измеряют расстояния  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  (на обоих концах) или зазоры  $l$ ,  $i$ . Если оси валов параллельны и не перекосяны, то  $a_1 = a_2$ ,  $b_1 = b_2$ , зазоры  $l_1$ ,  $l_2$  будут одинаковы, а зазор  $i$  вообще не будет.

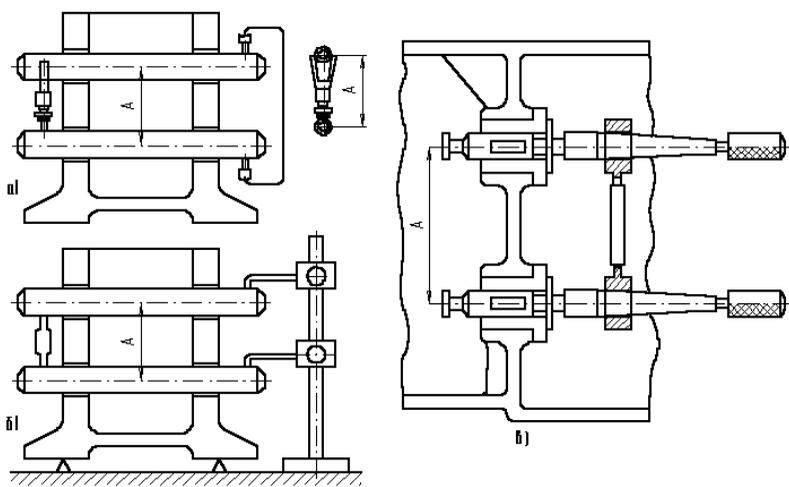


Рис. 1.41. Схемы проверки расстояния между осями отверстий корпусов зубчатых передач:  
 а, б) микрометрическими приборами; в) калибром

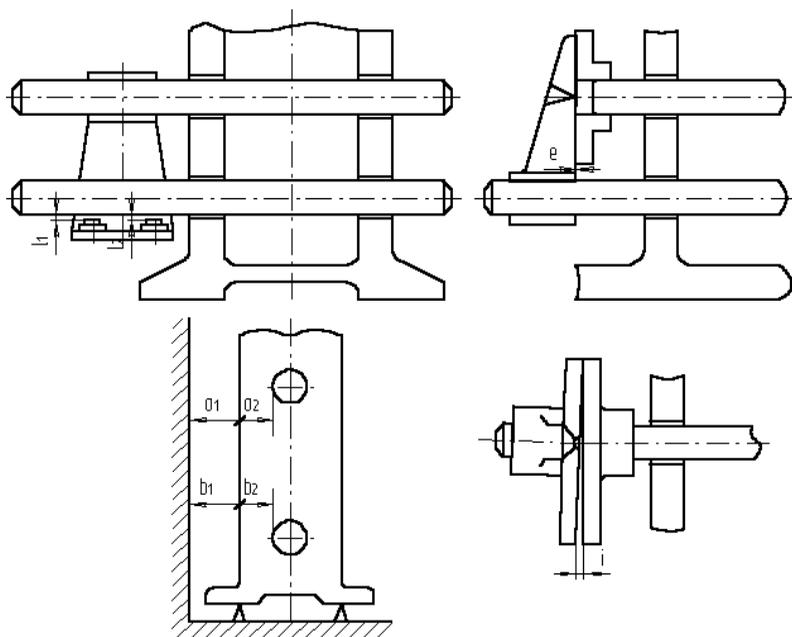


Рис. 1.42. Схемы контроля параллельности и перекоса осей в корпусе зубчатых передач

После сборки зубчатой передачи контролируют величину бокового зазора в зацеплении шупом, специальными приспособлениями (рис. 1.43). Поворот одного колеса при застопоренном втором колесе возможен на угол, соответствующий зазору. Зазоры определяются по показаниям индикаторов.

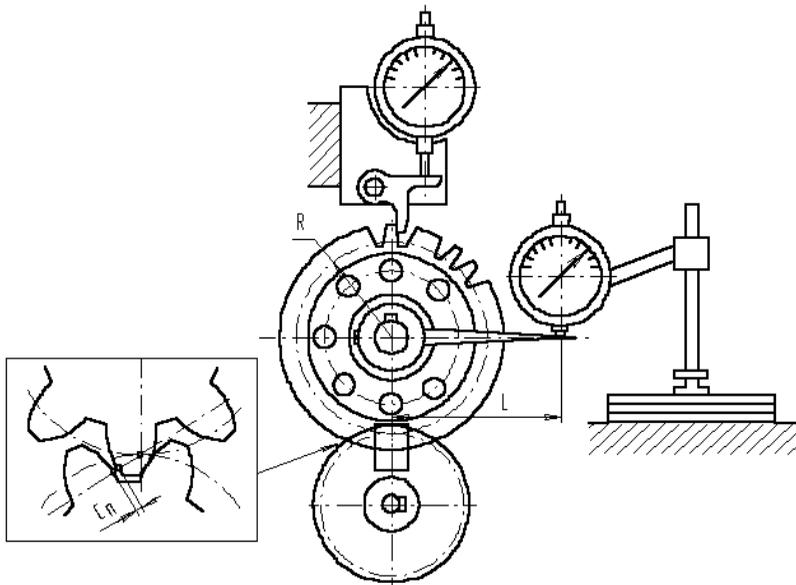


Рис. 1.43. Схема контроля зазора в зацеплении зубчатых колес индикаторами

У крупных зубчатых передач зазор проверяют путем прокатывания между зубьями свинцовых проволочек (трех-четырех), устанавливаемых по длине зуба. Диаметр проволок составляет 1,4–1,5 величины ожидаемого зазора. Каждую проволоку смазывают техническим вазелином и в виде П-образной скобки надевают на зуб. Толщины сплюснутых частей после прокатывания измеряют с обеих сторон. В сумме эти толщины составляют боковой зазор.

Плавность хода определяют, провертывая собранный механизм от руки или с помощью динамометрического ключа.

Зацепления зубчатых колес проверяют также на пятно контакта с помощью краски по нормам ГОСТ 1643-72 (рис. 1.44).

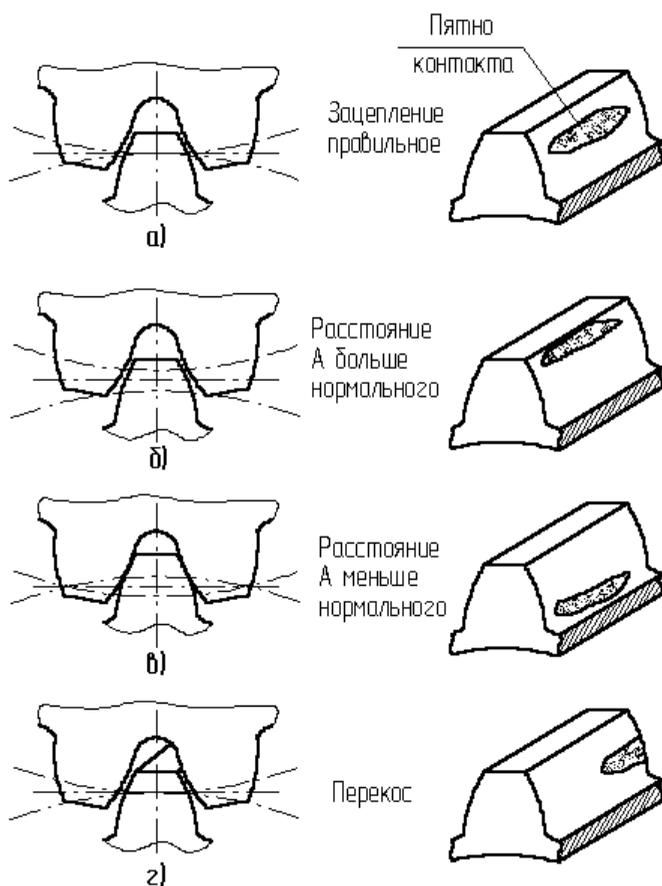


Рис. 1.44. Правильное и неправильное зацепления зубчатых колес при сборке

Собранные быстроходные зубчатые передачи проверяют на специальных обкатных станках, где измеряются передаваемые крутящие моменты, уровень шума, нагрев деталей передачи.

Зубчатые колеса *конических передач* имеют зуб переменной толщины, что усложняет сборку этих передач. Для обеспечения нормальной работы конических передач необходимо выполнение следующих условий.

1. Зубчатые колеса должны иметь правильный профиль и точную толщину зуба; оси отверстий или шеек зубчатых колес должны проходить через центр начальной окружности и не иметь перекосов.

2. Опорные детали передач (подшипники, стаканы и пр.) не должны иметь смещений и перекосов осей (это характеризуется биением поверхностей деталей).

3. Оси гнезд в корпусе должны лежать в одной плоскости, пересекаться в определенной точке, под требуемым углом.

4. Вершины делительных конусов обоих колес должны совпадать. Несовпадение вершин может наблюдаться как в плоскости осей их валов, так и в плоскости, перпендикулярной к ней (рис. 1.45). Причинами появления этой погрешности могут быть неточности изготовления колес, корпуса, погрешности сборки.

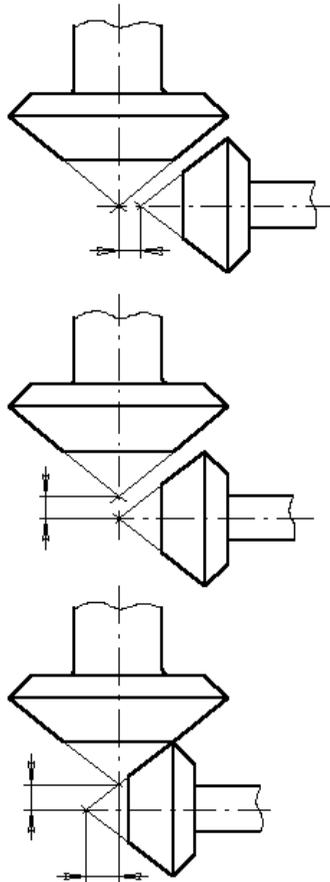


Рис. 1.45. Несовпадение вершин делительных конусов конических зубчатых колес при сборке передач

Одним из способов, обеспечивающих сокращение объемов работ по подгонке и регулировке положения вершин конусов, является способ сборки передач с помощью калибров.

На рис. 1.46, а показана зубчатая пара и форма калибров. Размеры  $d_1$  и  $B_{кш}$  одного из них выбираются с учетом удобства установки и снятия, а размеры второго калибра находят из следующих зависимостей:

$$B_{кк} = A_k - \frac{d_1}{2}; \quad d_2 = 2(A_{ш} - B_{кш}).$$

В процессе сборки калибры устанавливают на конструкторские базы, совмещают их измерительные поверхности и затем определяют размер компенсирующего звена. После этого вместо калибров монтируют зубчатые колеса с соответствующим компенсатором, причем никакой подгонки уже не требуется.

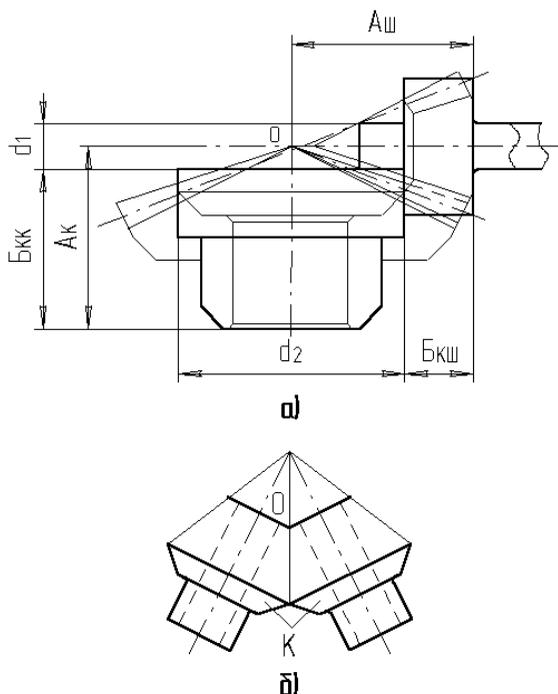


Рис. 1.46. Схемы сборочных калибров для конических зубчатых передач

Для неортогональных конических передач сборочные калибры показаны на рис. 1.46, б. О совмещении вершин конусов в точке «О» здесь свидетельствует совпадение поверхностей К, контролируемое измерительной плиткой.

Следует отметить, что контрольно-обкатный станок для зубчатых колес настраивается по этим сборочным калибрам.

Если оси колес не лежат в одной плоскости, то возникает непересечение осей. Допуски непересечения осей зависят от степени точности, модуля и длины образующей делительного конуса. Правильность расположения гнезд для валов конических передач проверяют на специальных приспособлениях (рис. 1.47).

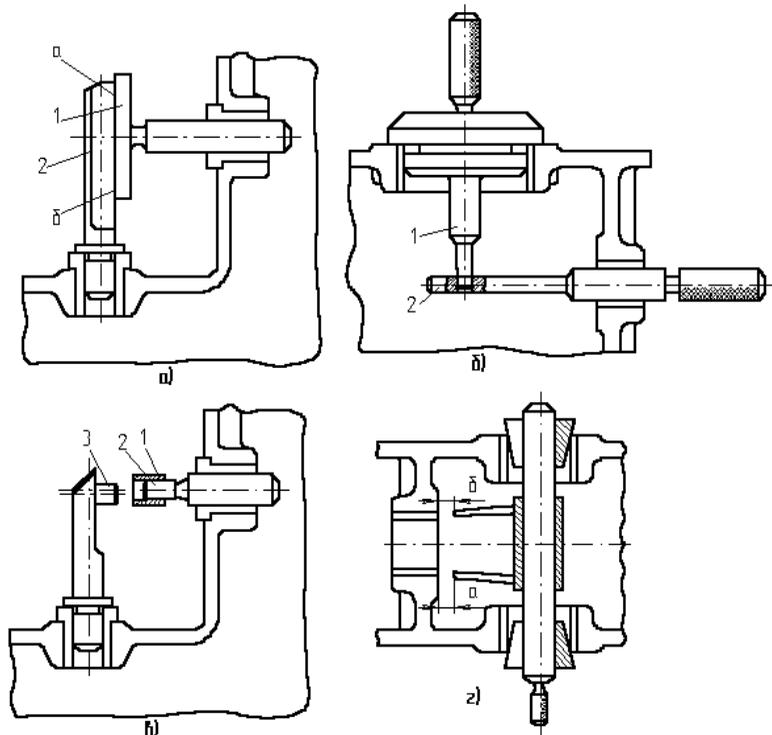


Рис. 1.47. Схемы контроля положения осей отверстий при сборке конических передач:

- а) с помощью калибра-линейки; б) с помощью двух калибров;*
- в) втулкой; з) измерением зазоров*

Регулирование зацепления парных конических колес производят перемещением колес вдоль осей, пока не совместятся воображаемые вершины их конусов. В этот момент соприкоснутся образующие измерительных конусов, зазор между зубьями будет одинаков по окружности и равен расчетному. Фиксация достигнутого положения достигается подбором толщины регулировочных колец или прокладок либо перемещением регулировочных втулок и гаек.

Боковой зазор в зацеплении конических зубчатых колес может быть проверен шупом, индикатором либо при помощи свинцовой проволоки или пластинки.

Регулирование по пятну контакта ведут следующим образом. Зубья одного колеса смазывают специальной краской, и оба колеса в зацеплении проворачивают на два-три оборота. Качество зацепления проявляется по отпечаткам краски на втором колесе. Наиболее благоприятным считается отпечаток, когда колеса без нагрузки передают усилия тонкой частью зуба. В этом случае при полной нагрузке вследствие деформации зуба силы будут передаваться большей частью его боковой поверхности.

Основные погрешности зацепления конических зубчатых колес с прямым зубом, обнаруживаемые при проверке на краску, следующие: недостаточный зазор (колеса чрезмерно сближены, рис. 1.48,а), межосевой угол больше расчетного (рис. 1.48,б), межосевой угол меньше расчетного (рис. 1.48,в). Если на зубьях ведущего или ведомого колес следы прилегания располагаются в виде жирных пятен краски на одной стороне зуба на узком конце, а на другой – на широком, то это свидетельствует о перекосе осей зубчатых колес. Погрешности во всех случаях устраняют пригодными операциями.

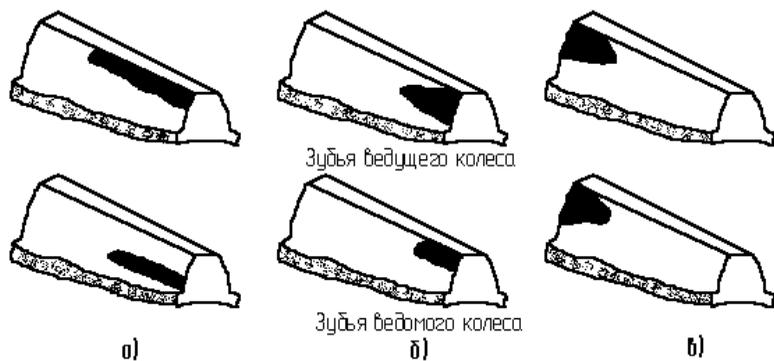


Рис. 1.48. Виды отпечатков краски при неправильном зацеплении прямозубых конических зубчатых колес

Как и цилиндрические, быстроходные зубчатые конические передачи проверяют на уровень шума.

При сборке червячных передач порядок выполнения работ следующий:

- 1) сборка червячного колеса. При отдельно выполненных венцах их собирают со ступицей;

- 2) установка червячного колеса на валу;
- 3) установка червячного колеса в сборе с валом и червяка в корпусе;
- 4) контроль и регулировка зацепления.

Монтаж червячных зубчатых колес на валах и проверку их положения осуществляют так же, как и при сборке цилиндрических зубчатых колес.

Правильное зацепление червяка с зубьями колеса, обеспечивающее работоспособность передачи, зависит от величин погрешностей межосевого расстояния у валов, угла скрещивания осей червяка и зубчатого колеса, совпадения средней плоскости колеса с осью червяка и бокового зазора.

Контроль межосевого расстояния и перекоса осей базовых отверстий корпуса производят после их растачивания или запрессовки втулок скользящих подшипников с помощью контрольных валов и микрометрических приборов и щупов (рис. 1.49).

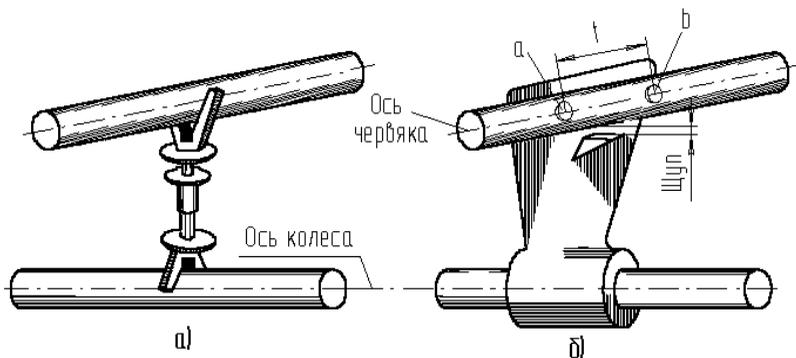


Рис. 1.49. Схемы контроля положения осей червячной передачи

Положение оси червяка относительно червячного колеса контролируют при помощи шаблона или индикаторного приспособления (рис. 1.50).

Отклонение от перпендикулярности осей червяка и червячного колеса характеризуется величиной отклонения угла скрещивания осей в собранной передаче, выраженной в линейном измерении на ширине колеса. Как показано на рис. 1.49, б, проверка перпендикулярности осей осуществляется измерением зазоров щупом между пластинами в точках *a* и *b* на длине *l* и контрольным валом. Перекос относят к ширине колеса.

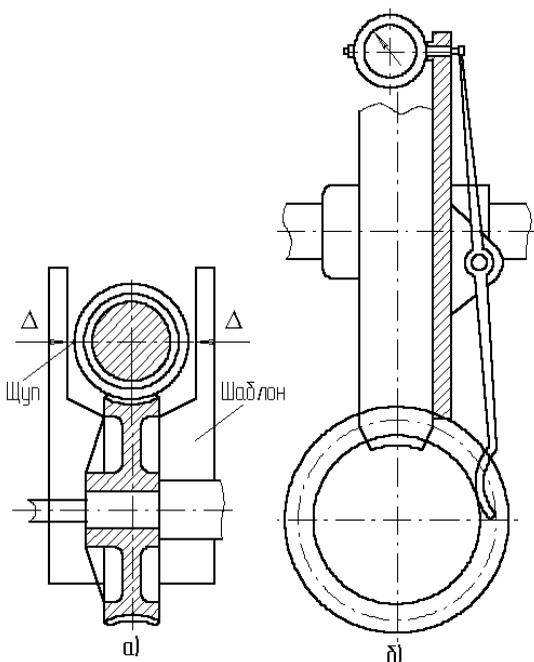


Рис. 1.50. Схемы контроля положения червяка относительно червячного колеса: *а)* с помощью щупа; *б)* с помощью индикаторного приспособления

Смещение средней линии плоскости колеса относительно оси червяка может быть проконтролировано по пятну контакта на зубьях колеса (рис. 1.51). При обнаружении смещения зубчатого колеса производят регулирование его положения. В правильном зацеплении краска должна покрывать поверхность зуба колеса не менее чем на 60–70% по длине и высоте.

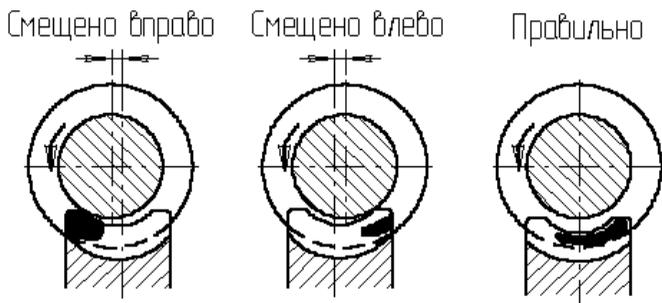


Рис. 1.51. Виды отпечатков на зубьях червячного колеса при проверке зацепления на краску

Зазор в зацеплении измеряется по нормали к боковым поверхностям витка червяка и зубьев колеса. Непосредственно измерить зазор трудно. Обычно его определяют по углу свободного поворота червяка при застопоренном колесе. Этот угол

$$\varphi = \frac{0,115C_{II}}{q \cdot \sin \lambda \cos \alpha_{дп}},$$

где  $C_{II}$  – боковой зазор в зацеплении, мкм;  $\lambda$  – угол подъема витка червяка на делительном диаметре;  $\alpha_{дп}$  – профильный угол прямобочной рейки, сцепляющейся с эвольвентным червяком в нормальном сечении.

Здесь  $q = S/m$ , где  $S$  – число заходов червяка;  $m$  – осевой модуль, мм.

$tg \lambda = S/q$ , где  $d$  – диаметр делительного цилиндра червяка, мм.

В крупных червячных передачах для измерения  $\varphi$  пользуются переносными градуированными шкалами; в точных малогабаритных, где боковой зазор мал, угол поворота определяют индикаторами.

Собранную передачу проверяют на легкость вращения динамометрическими ключами. В целях приработки, контроля сборки передачу подвергают обкатке под нагрузкой.

## **2. ОФОРМЛЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СБОРКИ**

### **2.1. Виды документов, заполняемых при описании технологических процессов сборки**

В зависимости от типа и характера производства, стадии разработки технологической документации (далее – документации), степени детализации описания и применяемых методов сборки выбор документов соответствующих видов устанавливает разработчик документов при помощи рекомендаций, приводимых в ГОСТ 3.1407-86.

Единичные технологические процессы сборки, разрабатываемые на практических занятиях, в курсовых и дипломных проектах, можно отнести к проектированию на стадии предварительного проекта или опытного образца.

Описание технологических процессов сборки может проводиться в маршрутном и маршрутно-операционном видах.

При маршрутном описании технологического процесса сборки заполняется маршрутная карта, которая исполняет роль как маршрутной, так и операционных карт. В применяемой при этом форме маршрутной карты оформление информации, касающейся технологических операций, выполняется в соответствии с правилами для операционных карт. В названии данной формы следует указывать наименование документа через дробь МК/ОК.

При маршрутно-операционном описании технологического процесса сборки маршрутная карта исполняет роль сводного документа, в котором указываются адресная информация (номер цеха, участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции; технологическое оборудование и трудозатраты и, кроме того, на каждую технологическую операцию заполняется своя отдельная операционная карта.

### **2.2. Правила оформления основной надписи технологических документов**

Все виды технологических документов содержат единую форму основной надписи, содержание и правила заполнения которой регламентируются ГОСТ 3.1103-82.

Графы основной надписи заполняются в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. 2.1.

Таблица 2.1

*Содержание граф основной надписи технологических документов*

Номер графы	Содержание информации
1	Наименование учебного заведения и его кафедры в сокращенном виде
2	Обозначение изделия по заводскому конструкторскому документу
3	Код классификационных группировок технологических признаков для типовых и групповых технологических процессов по технологическому классификатору (допускается не указывать)
4	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201-74
5	Наименование изделия по основному конструкторскому документу
6	Литера документа по ГОСТ 3.1102-81: И – разовое изготовление в единичном производстве; П – предварительный проект; А – серийное производство; Б – массовое производство. При курсовом проектировании допускается записывать КП, при дипломном ДП
7	Номер операции
8	Характер работы лиц, подписывающих документ
9	Фамилии лиц, участвующих в разработке, контроле, оформлении документа
10	Подпись
11	Дата подписи
12	Общее количество листов документа
13	Порядковый номер листа документа
14	Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102-81: МК, ОК, КЭ и т. п.
15	Графа для сквозной нумерации листов комплекта документации или всей пояснительной записки

Обозначение документа по ГОСТ 3.1201-74 состоит из пяти цифр.

Первые две цифры – вид технологического документа:

01 – комплект технологических документов;

10 – маршрутная карта;

- 20 – карта эскизов;
- 60 – операционная карта и т. д.

Третья цифра – вид технологического процесса по методу его организации:

- 0 – без указания;
- 1 – единичный процесс (операция);
- 2 – типовой процесс (операция);
- 3 – групповой процесс (операция).

Следующие две цифры – вид технологического процесса по методу его выполнения:

- 00 – без указания вида;
- 02 – ремонт;
- 03 – технический контроль;
- 88 – слесарные, слесарно-сборочные работы.

Например, 10188.015: 10 – маршрутная карта; 1 – единичный процесс; 88 – слесарные, слесарно-сборочные работы.

### **2.3. Оформление маршрутной карты**

В данном разделе пособия устанавливаются формы и правила оформления маршрутных карт, применяемых при разработке технологических процессов сборки или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах.

Маршрутная карта (МК) – это документ, предназначенный для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологических процессов.

Маршрутная карта (МК) является составной и неотъемлемой частью комплекта технологических документов (далее – документов), разрабатываемых на технологические процессы сборки.

Формы МК, приведенные в данном учебно-методическом пособии, являются унифицированными. Их следует применять независимо от типа производства и степени детализации описания технологических процессов сборки.

Маршрутное и маршрутно-операционное описание технологического процесса сборки МК является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций.

При оформлении МК единичных технологических процессов сборки в курсовых и дипломных работах следует применять форму 2 (первый лист описания) и форму 1б (последующие листы описания) ГОСТ 3.1118-82. В приложении приводятся данные формы и пример их заполнения.

Заполнять формы МК в курсовых и дипломных работах необходимо согласно примерам из приложения или по ГОСТ 3.1104-81.

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.

Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации.

Указание служебных символов является обязательным и не зависит от применяемого метода проектирования документов.

В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки и выполняемые прописной буквой, например А 01, Б 12 и т. д.

Соответствующие служебные символы для типов строк в зависимости от размещаемого состава информации в графы МК следует вносить в соответствии с табл. 2.2.

На строках, расположенных ниже граф, в которых указаны их наименования и обозначения, служебные символы проставляет разработчик документов с учетом выбранного им способа заполнения документов.

При заполнении информации на строках, имеющих служебные символы *А, Б, К, М*, следует руководствоваться правилами по заполнению соответствующих граф, расположенных на этих строках.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «О», следует руководствоваться требованиями государственных стандартов ЕСТД седьмой классификационной группы, устанавливающих правила записи операций и переходов. Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью при необходимости переноса информации на последующие строки. При операционном описании технологического процесса в МК номер перехода следует проставлять в начале строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «Т», следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки. Информацию о применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

- 1) приспособления;
- 2) вспомогательный инструмент;
- 3) режущий инструмент;
- 4) слесарно-монтажный инструмент;
- 5) специальный инструмент, применяемый при выполнении специфических технологических процессов (операций), например, при сварке, штамповке и т. п.;
- 6) средства измерения.

Таблица 2.2

*Служебные символы*

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер операции, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции. Код и наименование операций приводятся в табл. 2.4 данного пособия
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудовым затратам. Коды оборудования приводятся в табл. 2.4 данного пособия
К	Информация о комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, обозначения подразделений, откуда поступают комплектующие составные части, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
М	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, о применяемых вспомогательных и комплектующих материалах с указанием наименования и кода материала, обозначения подразделений, откуда поступают материалы, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке

Коды применяемой технологической оснастки приводятся в табл. 2.5 данного пособия.

Запись следует выполнять по всей длине строки с возможностью при необходимости переноса информации на последующие строки. Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак “;”. Количество одновременно применяемых единиц технологической оснастки следует указывать после кода (обозначения) оснастки, заключая в скобки, например АБВГ ХХХХХХ.ХХХ (2) фреза дисковая.

*Примечания.*

1. В случае неприменения какой-либо технологической оснастки записывают оснастку, следующую по порядку очередности.

2. Допускается не указывать количество применяемых единиц технологической оснастки.

При маршрутном описании единичного технологического процесса сборки МК заполняются информацией для каждой из операций по типам строк в следующей последовательности: А, Б, К, М, О, Т.

При операционном описании единичного технологического процесса сборки МК заполняются информацией для каждой из операций по типам строк в следующей последовательности: А, Б, К, М.

В случае отсутствия информации с каким-либо служебным символом записывается информация со следующим служебным символом по порядку.

Графы форм следует заполнять в соответствии с табл. 2.3, в которой приведены касающиеся технологических процессов сборки фрагменты из ГОСТ 3.1118-82.

Номера граф МК показаны в соответствующих бланках цифрами в кружках.

Таблица 2.3

*Порядок заполнения граф МК (формы 2 и 16 ГОСТ 3.1118-82)*

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
1	—	—	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Запись выполняют на уровне одной строки, например А02; Б04
2	ЕВ	К, М	Код единицы величины (массы, длины, площади и т. п.) детали, заготовки, материала по Классификатору СОЕВС. Допускается указывать единицы измерения величины (например, шт.)

Продолжение табл. 2.3

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
3	ЕН	К, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например 1, 10, 100
4	Н. расх.	К, М	Норма расхода материала
5	Цех	А	Номер цеха, в котором выполняется операция. При отсутствии сведений допускается обозначать ХХ
6	Уч.	А	Номер участка, конвейера, поточной линии и т. п. При отсутствии сведений допускается обозначать ХХ
7	РМ	А	Номер рабочего места. При отсутствии сведений допускается обозначать ХХ
8	Опер.	А	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение). Рекомендуемая нумерация операций: 005; 010; 015 и т. д.
9	Код, наименование операции	А	Код и наименование операции по технологическому классификатору [2]. Выборочно коды операций приведены в табл. 2.4 данного пособия. Наименование операций записывается именем прилагательным в именительном падеже. <b>Примечание.</b> Допускается код операции не указывать
10	Обозначение документа	А	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции. Состав документов следует указывать через разделительный знак “;” с возможностью при необходимости переноса информации на последующие строки

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
11	Код, наименование оборудования	Б	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер (табл. 2.4 данного пособия). Информацию следует указывать через разделительный знак “;”. Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать его модель
12	СМ	Б	Степень механизации (код степени механизации) обозначается цифрой: – наблюдение за работой с помощью автоматов – 1; – работа с помощью машин и автоматов – 2; – ручную при машинах и автоматах – 3; – ручную без применения машин и автоматов – 4
13	Проф.	Б	Код профессии по классификатору ОКПДТР (табл. 2.6 данного пособия)
14	Р	Б	Разряд работы, необходимый для выполнения операции. Обозначение включает три цифры: первая – разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику, две следующие – код формы и система оплаты труда: 10 – сдельная; 12 – сдельная премиальная; 13 – сдельная прогрессивная; 20 – повременная; 22 – повременная прогрессивная и т. д.
15	УТ	Б	Код условий труда по классификатору ОКПДТР (1 – нормальные; 2 – тяжелые и вредные; 3 – особо тяжелые, особо вредные и букву, указывающую вид нормы времени: Р – аналитически расчетная; Н – аналитически исследовательская; Х – хронометражная; О – опытно-статическая)

Продолжение табл. 2.3

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
16	КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
17	КОИД	Б	Количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых, ремонтируемых) деталей (сборочных единиц) при выполнении одной операции. <b>Примечание.</b> При выполнении процесса перемещения следует указывать объем грузовой единицы – количество деталей в таре
18	ОП	Б	Объем производственной партии в штуках. На стадиях разработки предварительного проекта и опытного образца допускается графу не заполнять. <b>Примечание.</b> При выполнении процесса перемещения в графе следует указывать объем транспортной партии, количество грузовых единиц, перемещаемых одновременно
19	Кшт.	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
20	Тпз	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
21	Тшт.	Б	Норма штучного времени на операцию. <b>Примечание.</b> Допускается, в соответствии с отраслевыми нормативно-техническими документами, для МК, применяемой при производстве опытного образца (опытной партии), взамен информации, предусмотренной для внесения в графы 29 и 30, вносить соответственно информацию по Тшт.-к (норма штучно-калькуляционного времени на операцию) и Расц. (расценка на единицу нормирования, применяемая для операции)
22	Обозначение, код	К, М	Обозначение деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
23	ОПП	К, М	Обозначение подразделения (склада, кладовой и т. п.), откуда поступают комплектующие детали, сборочные единицы или материалы
24	КИ	К, М	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия

При разработке типовых и групповых технологических процессов в МК следует указывать только постоянную информацию, относящуюся ко всей группе изделий (сборочных единиц).

Оформление основных надписей в формах – по ГОСТ 3.1103-82.

При применении форм МК для разработки технологических процессов при производстве опытного образца (опытной партии) допускается выполнять графические изображения изделий (сборочных единиц) или технологических установов непосредственно на поле документа взамен карты эскизов (КЭ). В этом случае всем строкам, занятым графическим изображением, будет присваиваться служебный символ «О».

Оформление графических изображений – по ГОСТ 3.1104-81.

Таблица 2.4

*Указатель наименований кодов операций  
и соответствующих им кодов технологического оборудования*

Наименование операции	Код операции	Код оборудования	Тип оборудования
Агрегатная	4101	381881	Горизонтальный односторонний
		381864	Горизонтальный многосторонний
		381885	Вертикальный одностоечный
		381887	Вертикальный многостоечный
Автомато-линейная	4102		
Программно-комбинированная	4103		
Сверлильная	4120		

Продолжение табл. 2.4

Наименование операции	Код операции	Код оборудования	Тип оборудования
Вертикально-сверлильная	4121	381213	
Радиально-сверлильная	4123	381217	
Горизонтально-сверлильная	4122	381829	
Токарная	4110		
Токарно-револьверная	4111	381131 381133	С вертикальной осью С горизонтальной осью
Токарно-автоматная	4112	381111 381114	Одношпиндельный Многошпиндельный
Токарно-карусельная	4113	381150	
Токарно-винторезная	4114	381160	
Лоботокарная	4115	381147	
Токарно-копировальная	4117	381814	
Токарно-специальная	4118	381810	
Строгальная	4170		
Продольно-строгальная	4171	381713	
Поперечно-строгальная	4172	381715	
Долбежная	4175	381718	
Протяжная	4180		
Горизонтально-протяжная	4181	381751	
Вертикально-протяжная	4180	381753 381754	Внутреннее протягивание Наружное протягивание
Фрезерная	4260		
Вертикально-фрезерная	4261	381611	Консольный
Горизонтально-фрезерная	4262	381631	Универсальный

Продолжение табл. 2.4

Наименование операции	Код операции	Код оборудования	Тип оборудования
Продольно-фрезерная	4263	381661	
Универсально-фрезерная	4266	381631	
Фрезерно-центровальная	4269		
Шлифовальная	4130		
Круглошлифовальная	4131	381311	
Внутришлифовальная	4132	381312	
Плоскошлифовальная	4133	381313	
Бесцентровошлифовальная	4134	381314	
Ленточношлифовальная	4138		
Шлифовальная специальная	4142	381317	
Зубодолбежная	4152	381571	
Зубострогальная	4154	381520	
Зубофрезерная	4153	381572	
Зубошевинговальная	4157	381574	
Зубошлифовальная	4151	381561 381562 381463	Червяком Конические круги Тарельчатые круги
Зубопротяжная	4155		
Зубозакругляющая	4156		
Зубообрабатывающая специальная	4162		
Зубонакатная	2145		
Расточная	4220		
Горизонтально-расточная	4222	381261	

Окончание табл. 2.4

Наименование операции	Код операции	Код оборудования	Тип оборудования
Координатно-расточная	4223	381263	
Алмазно-расточная	4224	38126	
Резьбонарезная	4108	381743	
Резьбофрезерная	4271	381623	
Резьбошлифовальная	4135	381316	
Резьбонакатная	4108		
Шлиценакатная	—		
Шлицестрогальная	—		
Шлицефрезерная	—		
Шлицешлифовальная	—		
Отделочная	4190		
Полировальная	4191	381337	
Хонинговальная	4192	381836	
Суперфинишная	4193	381836	
Доводочная	4194	381873	
Отрезная	4280	381765	
Ножовочно-отрезная	4281	381762	
Ленточно-отрезная	4282		
Слесарная	0190		
Маркировочная	0180		
Балансировочная	4104		

Таблица 2.5

*Коды технологической оснастки*

Наименование оснастки	Код
<i>Станочные приспособления</i>	
Патроны токарные	396110
Патроны трёхкулачковые для сверл	392810
Тиски машинные	396131
Головки делительные универсальные	396141
Столы поворотные	396151
Плиты магнитные	396151
Приспособления специальные	396171
Приспособления УСП	396181
Центры вращающиеся	392871
<i>Вспомогательный инструмент</i>	
Ключи гаечные, торцовые, трубные, специальные	392650
<i>Режущий инструмент</i>	
Резцы твердосплавные напайные	392101
– твердосплавные с механическим креплением пластин	392104
– быстрорежущие	392110
– минералокерамические	392160
Резцы для станков с ЧПУ	392190
Сверла спиральные быстрорежущие:	
– с цилиндрическим хвостиком	391210
– с коническим хвостиком	391267
Сверла твердосплавные	391303
Сверла для станков с ЧПУ и автоматических линий	391290
Зенкеры быстрорежущие	391610
Зенкеры специальные	391680
Зенкеры твердосплавные	391620
Зенковки конические	391630
Зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ	391690
Развертки быстрорежущие	391720
– твердосплавные	391740
– для станков с ЧПУ	391790

Продолжение табл. 2.5

Наименование оснастки	Код
Фрезы твердосплавные	391801
– быстрорежущие	381802
– концевые	391820
– насадные	391830
– для станков с ЧПУ	391890
– твердосплавные сборные с механическим креплением пластин	391804
– из инструментальных сталей зуборезные дисковые	391811
– из быстрорежущей стали зуборезные пальцевые	391812
– червячные модульные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем	391814
– резьбовые	391818
– шпоночные с цилиндрическим хвостовиком	391826
– для Т-образных и сегментных пазов	391828
– торцовые	391831
– цилиндрические	391832
– дисковые пазовые	391834
Метчики быстрорежущие	391330
– твердосплавные	391350
– для станков с ЧПУ	391391
Плашки резьбонарезные	391510
– для трубной цилиндрической резьбы	391513
– для конических резьб	391514
– специальные	391515
Головки резьбонарезные	392514
Головки резьбонакатные	392500
Протяжки твердосплавные	392301
– из быстрорежущей стали	392302
– круглые	392310
– для отверстий	392320
– шлицевые прямобоочные	392330
– шпоночные	392350
– плоские	392360

Продолжение табл. 2.5

Наименование оснастки	Код
Долбяки зуборезные	392410
Шеверы дисковые	392430
– специальные	392440
Головки зуборезные для конических колес с прямыми зубьями	392461
– для конических колес с круглыми зубьями	392462
Головки зубопротяжные для конических колес	392464
Головки зубодолбежные	392465
Гребенки зуборезные	392480
Пилы круглые сегментные	392210
Инструменты абразивные:	
– из электрокорунда	398110
– из карбида кремния	398150
Алмазный на органической связке	397110
Алмазный на металлической связке	397120
Алмазный на керамической связке	397130
Шкурка и ленты	397292
Инструмент из электрокорунда легированного	398230
<i>Измерительные средства</i>	
Калибры гладкие, пробки	393110
Калибры гладкие, скобки	393120
Калибры для конусов Морзе	393131
Калибры для шпоночных и шлицевых соединений	393180
Калибры резьбовые	393140
Калибры-пробки	393141
Калибры-кольца	393144
Штангенциркули	393311
Микрометры гладкие	393410
Микрометры резьбовые со вставками	393420
Глубиномеры микрометрические	393440
Нутромеры микрометрические	393450
Головки микрометрические	393470
Индикаторы рычажно-пружинные	394130
Приборы измерительные универсальные	394300
Шаблоны	393610
Приборы активного контроля	394630

Наименование оснастки	Код
Приборы для размерной настройки режущих инструментов для станков с ЧПУ	394650
Нутромеры индикаторные	394250
Глубиномеры индикаторные	394270
Приборы пневматические	394320
Приборы электронные для линейных размеров	394330
– для определения шероховатости поверхности	394341
– для определения отклонений тел вращения от геометрической формы (кругломеры)	394342
– для проверки цилиндрических деталей на биение в центрах	394343
– для контроля непрямолинейности образующих	334314
Приборы для измерения углов и конусов	394400
Приборы для измерения и контроля зубчатых колес	394500
Машины измерительные универсальные	394910

Таблица 2.6

*Коды профессий*

Наименование операции	Код
Токарь	18217
Токарь-карусельщик	18219
Токарь-расточник	18235
Токарь-револьверщик	18236
Токарь-полуавтоматчик	18225
Фрезеровщик	18632
Шлифовщик	18873
Полировщик	15887
Зуборезчик	12287
Зубошлифовщик	12290
Долбежник	11868
Протяжник	16458
Резьбофрезеровщик	17001
Резьбошлифовальщик	17003
Сверловщик	17335

Наименование операции	Код
Строгальщик	17960
Станочник на специальных станках	17845
Оператор станков с ЧПУ	15292
Оператор автоматических линий	14972
Слесарь механосборочных работ	17474
Разметчик	16641
Резчик на станках	16937

## 2.4. Оформление операционных карт

В данном разделе пособия приведены формы и требования к построению и заполнению операционных карт (ОК), устанавливаемых ГОСТ 3.1407-86 на процессы, специализированные по методам сборки в машиностроении.

ОК — это документы, предназначенные для описания технологических операций с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах.

При оформлении операций сборки возможно использование нескольких форм бланков. В курсовых и дипломных проектах воспользуемся формами 1 (первый лист ОК) и 1а (последующие листы), описанными в ГОСТ 3.1407-86.

Графы форм следует заполнять в соответствии с табл. 2.1, в которой приведены фрагменты из данного стандарта.

Номера граф ОК показаны в соответствующих бланках цифрами в кружках.

Обозначения единиц величин параметров технологических режимов следует указывать в заголовке графы (если позволяет место) или непосредственно при записи параметров.

При оформлении форм МК и форм 1; 1а ОК допускается предусматривать в формах документов зоны для внесения графических иллюстраций к процессам и операциям.

Зоны следует располагать в нижней части форм документов. Размеры зон устанавливает разработчик документов.

Пример оформления МК/ОК для слесарных работ приведен в приложении.

Запись операций и переходов в документах следует выполнять для слесарных и слесарно-сборочных работ по ГОСТ 3.1703.

Таблица 2.7

*Порядок заполнения граф ОК*  
(формы 1 и 1а ГОСТ 3.1407-86)

Номер графы	Номер формы ОК	Наименование (условное обозначение) графы	Содержание графы
1	1, 1а	—	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Запись выполняют на уровне одной строки, например К06, М04
2	1	Код, наименование операции	Код операции по технологическому классификатору операций, наименование операции. Допускается код операции не указывать
3	1	Обозначение документа	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например технологическая инструкция. Состав документов следует указывать через разделительный знак «; »
4	1	МИ	Масса изделия по конструкторскому документу
5	1	—	Резервная графа. Заполняют по усмотрению разработчика. Графу можно использовать для записи информации об оборудовании
6	1	Код, наименование оборудования	Код, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Информацию следует указывать через разделительный знак «; ». Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать модель, не указывать инвентарный номер
7	1	Тв	Вспомогательное время на операцию
8	1	То	Основное время на операцию

Номер графы	Номер формы ОК	Наименование (условное обозначение) графы	Содержание графы
9	1, 1a	Наименование детали, сборочной единицы или материала	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операции. Допускается вносить в графу информацию о толщине материала
10	1, 1a	Код, обозначение	Обозначение (код) деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материала по классификатору
11	1, 1a	ОПП	Обозначение подразделения (склада, кладовой и т. п.), откуда поступают комплектующие детали, сборочные единицы или материалы; при разработке – куда поступают
12	1, 1a	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. п.) детали, заготовки, материала по Классификатору СОЕИ. Допускается указывать единицы измерения величины
13	1, 1a	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, например 1, 10, 100
14	1, 1a	КИ	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия; при разборке – получаемых
15	1, 1a	Н. расх.	Норма расхода материала

**Примечание.** Запись наименования операций для сборки, включая сопутствующие процессы и операции, выполняют по классификатору технологических операций (КТО), а запись содержания соответствующих операций и переходов – в соответствии с требованиями, установленными на уровне отрасли или предприятия (организации).

Отражение и оформление общих требований безопасности труда в технологической документации – по ГОСТ 3.1120.

При описании операций запись информации следует выполнять в следующем порядке с привязкой к служебным символам: К/М, О, Т, Р.

При применении форм МК/ОК запись информации в графах, относящихся к служебным символам *А*, *Б* или *В*, *Г*, *Д* и *Е*, следует выполнять по ГОСТ 3.1118 с учетом дополнений:

- в графе «Обозначение документа» следует приводить ссылки на применяемые ТИ и инструкции по охране труда (ИОТ);
- в графе «Код, наименование оборудования» дополнительно для сварочных операций при необходимости указывать род сварочного тока;
- не заполнять графы по трудозатратам, кроме граф «Тп.з» и «Тшт.», в которые следует вносить данные по суммарному вспомогательному и основному времени соответственно.

Запись информации в графах, относящихся к служебным символам К/М, Л/М, Н/М, независимо от применяемых форм документов следует выполнять в следующем порядке: вначале следует указывать информацию о комплектующих составных частях изделия (сборочных единицах), затем о применяемых основных и вспомогательных материалах на операцию.

Для внесения изменений следует оставлять незаполненными одну-две строки между информацией о комплектующих составных частях изделия и данных об основных и вспомогательных материалах, а также перед описанием содержания первого перехода.

Допускается записывать информацию по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки и указывать номер позиции перед наименованием.

Описание содержания переходов в операциях следует выполнять с привязкой к служебному символу «*О*» по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки.

При описании содержания основного и вспомогательного переходов необходимо соответственно указывать данные по *Т<sub>о</sub>* и *Т<sub>в</sub>*.

Указание данных следует выполнять на уровне строки, где заканчивается описание содержания перехода.

**Примечание.** Запись данных по *Т<sub>в</sub>* и *Т<sub>о</sub>* в формах ОК следует выполнять соответственно в графах 14 и 15, в формах МК/ОК – в графах Тп.з и Тшт.

При разработке графических иллюстраций и указании на них графических обозначений опор, зажимов и зажимных устройств допускается описание содержания вспомогательных переходов не выполнять.

В содержание основных переходов допускается включать дополнительную информацию:

- данные по технологическим режимам, для которых типовые блоки технологических режимов не разработаны, например склеивание, пропитка, сушка, настройка и т. п.;
- размеры сварных или паяных соединений (не приведенные на КЭ), например длину сварного шва, толщину и ширину паяного шва и т. п.

Необходимость и целесообразность отражения дополнительной информации устанавливает разработчик документов.

Указание данных по технологической оснастке следует выполнять с привязкой к служебному символу «Т» в следующей последовательности: стапели, приспособления, вспомогательный инструмент, слесарный и слесарно-монтажный инструмент, режущий инструмент, специальный инструмент, средства измерений.

Запись информации по технологической оснастке следует выполнять по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки.

В целях исключения дублирования информации данные по общей технологической оснастке, применяемой на всей операции, следует указывать после описания содержания первого перехода.

При разработке процессов (операций, выполняемых с применением специальных средств технологического оснащения – конвейеров для сборки, автоматизированных линий и т. п.) следует применять ОК, формы 3 и 3а ГОСТ 3.1407-86 совместно с МК.

Порядок внесения и расположения текстовой и графической информации в формах устанавливает разработчик документов с учетом следующих требований:

- на первом листе следует указывать общую информацию на весь процесс. Графы, относящиеся к служебным символам Л/М, Н/М, О и Т, допускается не заполнять. В качестве графических иллюстраций рекомендуется указывать общую схему компоновки линии с привязкой к рабочим местам;
- описание операций следует выполнять в технологической последовательности с указанием всех необходимых данных, включая графические иллюстрации;
- запись информации в графах, относящихся к служебным символам Л/М, Н/М и Т, следует выполнять с таким расчетом, чтобы оставить необходимую зону (место) для

соответствующих графических иллюстраций. При необходимости графическая или текстовая информация может быть приведена на последующем листе (листах);

– при подробной графической иллюстрации к операции допускается краткое описание содержания операции, например «Собрать детали 1, 2 и 3. Прихватить, а затем сварить детали 2 и 3».

Пример оформления ОК приведен в приложении.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Классификация соединений деталей машин.
2. Виды сборочных технологических процессов.
3. Требования к технологичности конструкции изделий при сборке.
4. Обеспечение точности при сборке методом полной взаимозаменяемости.
5. Обеспечение точности при сборке методом неполной взаимозаменяемости.
6. Обеспечение точности при сборке методом групповой взаимозаменяемости (селективная сборка).
7. Обеспечение точности при сборке методом регулирования.
8. Обеспечение точности при сборке методом пригонки.
9. Алгоритм проектирования технологических процессов сборки.
10. Анализ исходных данных технологических процессов сборки.
11. Разработка технологических схем сборки.
12. Определение типа производства.
13. Выбор организационной формы сборки.
14. Выбор технологических баз при сборке.
15. Разработка технологического маршрута сборки.
16. Оборудование для сборочных работ.
17. Классификация сборочных станков.
18. Оборудование для вспомогательных сборочных работ.
19. Классификация подъемно-транспортных средств для сборочных цехов.
20. Конструктивные разновидности сборочных конвейеров.
21. Проектирование сборочных технологических операций.
22. Выбор оптимального варианта технологического процесса сборки.
23. Технология сборки резьбовых соединений.
24. Технология сборки шпоночных соединений.
25. Технология сборки шлицевых соединений.
26. Технология сборки штифтовых соединений.
27. Технология сборки неподвижных неразъемных соединений с гарантированным натягом.
28. Технология выполнения клепаных соединений.
29. Технология соединений, выполняемых развальцовкой.
30. Технология сборки узлов с подшипниками скольжения.
31. Технология сборки узлов с подшипниками качения.
32. Технология сборки зубчатых передач.
33. Технология сборки червячных передач.

34. Виды документов, заполняемых при оформлении технологических процессов сборки.
35. Правила оформления основной надписи технологических документов.
36. Правила оформления маршрутной карты.
37. Правила оформления операционных карт.
38. Сравнительный анализ методов обеспечения точности при сборке.
39. В чем заключаются правила единства и постоянства баз при сборке?
40. Особенности нормирования технологических процессов сборки в единичном, серийном и массовом типах производства.
41. Особенности технического контроля качества при различных организационных формах сборки.
42. Требования, предъявляемые к сборочным приспособлениям.
43. Требования, предъявляемые к средствам контроля при сборке.
44. Контроль зазоров в сопряжениях.
45. Основные типы ручных машин, применяемых при сборке.
46. Контроль отклонений расположения в сборочных соединениях.
47. Контроль усилия затяжки в резьбовых соединениях.
48. Классификация сборочных прессов.
49. Особенности монтажа конических роликовых подшипников.
50. Способы контроля отклонений расположения и зазоров при сборке зубчатых передач.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологии машиностроения : в 2 кн. / Б.С. Балакшин. — М. : Машиностроение, 1982.
2. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения / И.М. Колесов. — М. : Высш. шк., 1999. — 591 с.
3. Технологичность конструкций изделий : справочник / под ред. Ю.Д. Амирова. — М. : Машиностроение, 1985. — 368 с.
4. Технологичность конструкций / под ред. С.Л. Ананьева, В.П. Купревича. — М. : Машиностроение, 1969. — 424 с.
5. Технологический классификатор деталей в машиностроении и приборостроении. — М. : Издательство стандартов, 1987. — 256 с.
6. Соколовский, А.П. Научные основы технологии машиностроения / А.П. Соколовский. — М. : Машгиз, 1955. — 517 с.
7. Митрофанов, С.П. Групповая технология машиностроительного производства : в 2 т. / С.П. Митрофанов. — Л. : Машиностроение, 1983.
8. Технология машиностроения (специальная часть). / А.А. Гусев [и др.]. — М. : Машиностроение, 1986. — 480 с.
9. Технология машиностроения : учеб. пособие. Ч. II. Проектирование технологических процессов / под ред. С.Л. Мурашкина. — СПб. : Изд-во СПГТУ, 2000. — 498 с.
10. Крагельский, И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский. — М. : Машиностроение, 1968. — 480 с.
11. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. — М. : Машиностроение, 1984. — 592 с.
12. Михайлов, А.В. Базирование и технологические базы / А.В. Михайлов. — Тольятти : ТолПИ, 1994. — 30 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985.
14. Размерный анализ технологических процессов / под ред. В.В. Матвеева. — М. : Машиностроение, 1982. — 543 с.
15. Точность и производственный контроль в машиностроении : справочник / И.И. Болонкин [и др.]. — Л. : Машиностроение, 1983. — 368 с.
16. Кован, В.М. Основы технологии машиностроения / В.М. Кован. — М. : Машиностроение, 1959. — 352 с.
17. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник / Л.Г. Одинцов. — М. : Машиностроение, 1987. — 327 с.

18. Справочник нормировщика-машиностроителя : в 4 т. Т. 1. Основы технического нормирования / под ред. А.Д. Гольцова. – М. : Машгиз, 1959. – 676 с.
19. Мурахтанова, Н.М. Техническое нормирование механосборочных работ в курсовых и дипломных проектах / Н.М. Мурахтанова. – Тольятти : ТолПИ, 1982. – 86 с.
20. Михайлов, А.В. Определение основного технологического времени / А.В. Михайлов. – Тольятти : ТолПИ, 1999. – 50 с.
21. Охрана труда в машиностроении : учеб. для машиностроительных вузов / под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.
22. Справочная книга по охране труда в машиностроении / под ред. О.Н. Русака. – Л. : Машиностроение, ленинградское отделение, 1989. – 541 с.
23. Расчет припусков и межпереходных размеров в технологии машиностроения : учеб. пособие / Я.М. Радневич [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2000. – 340 с.
24. Михайлов, А.В. Оформление документов на технологические процессы обработки резанием / А.В. Михайлов. – Тольятти : ТолПИ, 2001.
25. Маталин, А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
26. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы по сборке машин. Массовое и крупносерийное производство. – М. : Машиностроение, 1973. – 148 с.
27. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке. Мелкосерийное и единичное производство. – М. : Машиностроение, 1976. – 235 с.
28. Новиков, М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М.Н. Новиков. – М. : Машиностроение, 1980. – 592 с.
29. Сборка и монтаж изделий машиностроения : справочник : в 2 т. Т. 1. Сборка изделий машиностроения / под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина. – М. : Машиностроение, 1983. – 480 с.
30. ГОСТ 3.1118-82. Формы и правила оформления маршрутных карт. – Введ. 01.01.84 [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.gost.ru>
31. ГОСТ 3.1104-81. Оформление графических изображений. – Введ. 01.01.82 ; измен. 19.04.2010 [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.gost.ru>

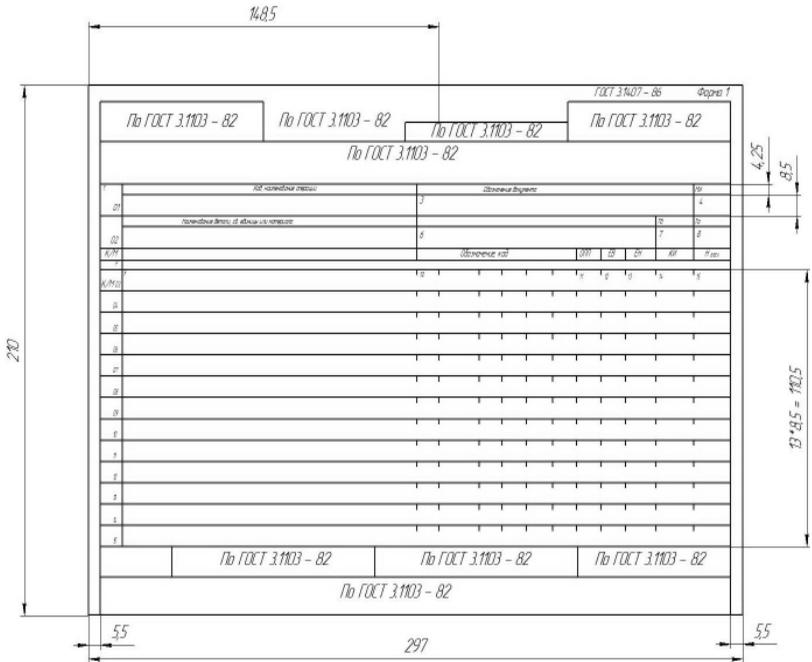
32. ГОСТ 1103-82. Оформление основных надписей технологической документации на технологические процессы. — Введ. 01.07.83 [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.gost.ru>
33. ГОСТ 3.1407-86. Формы и требования к заполнению и оформлению документации на технологические процессы (операции) специализированные по методам сборки. — Введ. 01.01.88 [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.gost.ru>







# ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА (первый или заглавный лист)







# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
<b>1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Виды сборочных технологических процессов .....	5
1.2. Требования к технологичности конструкции изделий при сборке .....	6
1.3. Методы обеспечения точности при сборке .....	7
1.4. Алгоритм проектирования технологических процессов сборки .....	12
1.4.1. Анализ исходных данных .....	12
1.4.2. Разработка технологических схем сборки .....	13
1.4.3. Определение типа производства и организационной формы сборки .....	15
1.4.4. Выбор технологических баз .....	19
1.4.5. Составление маршрутной технологии сборки .....	20
1.4.6. Разработка сборочных технологических операций .....	31
1.4.7. Выбор оптимального варианта технологического процесса сборки .....	32
1.4.8. Оформление технологических процессов сборки ...	33
1.5. Технология сборки типовых соединений .....	34
1.5.1. Резьбовые соединения .....	34
1.5.2. Шпоночные соединения .....	40
1.5.3. Шлицевые соединения .....	42
1.5.4. Штифтовые соединения .....	42
1.5.5. Сборка неподвижных неразъемных соединений с гарантированным натягом .....	44
1.5.6. Выполнение клепаных соединений .....	50
1.5.7. Соединения, выполняемые развальцовкой .....	51
1.6. Сборка типовых узлов и механизмов .....	53
1.6.1. Узлы с подшипниками скольжения .....	53
1.6.2. Сборка узлов с подшипниками качения .....	58
1.6.3. Сборка зубчатых и червячных передач .....	64

<b>2. ОФОРМЛЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СБОРКИ .....</b>	<b>76</b>
2.1. Виды документов, заполняемых при описании технологических процессов сборки .....	76
2.2. Правила оформления основной надписи технологических документов .....	76
2.3. Оформление маршрутной карты .....	78
2.4. Оформление операционных карт .....	93
Вопросы для контроля .....	99
Библиографический список .....	101
Приложение .....	104

Учебное издание

*Воронов Дмитрий Юрьевич  
Щипанов Анатолий Владимирович  
Расторгуев Дмитрий Александрович и др.*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ СБОРКИ**

Учебно-методическое пособие

Технический редактор *З.М. Малявина*  
Корректор *Г.В. Данилова*  
Компьютерная верстка: *И.И. Шишкина*  
Дизайн обложки: *И.И. Шишкина*

Подписано в печать 31.10.2011. Формат 60×84/16.  
Печать оперативная. Усл. п. л. 6,51.  
Тираж 100 экз. Заказ № 1-115-10.

Тольяттинский государственный университет  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

