

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Основы проектирования приборов и систем» для студентов направления 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») для всех форм обучения

Воронеж 2014

Составители: канд. техн. наук Н.В. Астахов, канд. техн. наук
А.В. Башкиров

УДК 621.396.6.001.66

Методические указания по выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Основы проектирования приборов и систем» для студентов направления 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») для всех форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Н.В. Астахов, А.В. Башкиров. Воронеж, 2014. 54 с.

В работе представлены рекомендации и необходимый материал для самостоятельного изучения разделов курса «Основы проектирования приборов и систем» с вопросами для самоконтроля и списком рекомендуемой литературы.

Издание соответствует требованиям рабочей программы дисциплины «Основы проектирования приборов и систем». Предназначено для бакалавров третьего и четвертого курса всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2003 и содержатся в файле CPC_200100.doc

Табл. 2. Ил. 37. Библиогр.: 5 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Турецкий

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф.
А.В. Муратов

Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2014

Цель самостоятельной работы студентов – состоит в изучении методологии разработки объемных и микроминиатюрных конструкций приборов и систем, организации процесса автоматизированного конструкторского проектирования с учетом требований технического задания, ограничений производства, обеспечения высокого качества, в том числе надежности, технологичности, экономической эффективности.

План-график самостоятельной работы студентов представлена в таблице

Таблица

Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
6 семестр			18
1	Самостоятельное изучение вопросов История развития конструкций современных ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	1
2	Самостоятельное изучение вопросов Какие бывают конструкции ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	1
3	Самостоятельное изучение вопросов Этапы жизненного цикла ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	1
4	Самостоятельное изучение вопросов Проблемы микроминиатюризации и обеспечения заданного теплового режима как взаимоисключающие. Пути решения проблемы. Подготовка к лаб. работе № 1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	1
5	Самостоятельное изучение вопросов Анализ параметров, входящих в состав технического предложения и технического задания. Разделы, входящие в	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб. работе	1

	состав технического задания на проектирование ЭС Доработка и оформление лаб.работы №1		
6	Самостоятельное изучение вопросов Вопросы согласования технического задания с заказчиком, зависимость параметров от возможностей конкретного производства.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
7	Самостоятельное изучение вопросов Особенности классификации по назначению и условиям эксплуатации	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
8	Самостоятельное изучение вопросов Особенности классификации ЭС по климатическому исполнению и объекту установки.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
9	Самостоятельное изучение вопросов Цели стандартизации и унификации. Особенности отраслевых стандартов радиоэлектронной промышленности. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
10	Самостоятельное изучение вопросов Основные положения ЕСКД	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
11	Самостоятельное изучение вопросов Основные виды конструкторских документов. Какие чертежи входят в состав полного комплекта КД	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1

12	Самостоятельное изучение вопросов Требования ЕСТП к оформлению пояснительной записки	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
13	Самостоятельное изучение вопросов Анализ этапов конструирования.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
14	Самостоятельное изучение вопросов Виды компоновки: номографическая, аналитическая, аппликационная, модельная, графическая.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
15	Самостоятельное изучение вопросов Сравнительный анализ модельных и аналитических методов компоновки ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
16	Самостоятельное изучение вопросов Принципы организации элементов на лицевых панелях	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
17	Самостоятельное изучение вопросов Эргономика и удобство управления и восприятия информации при управлении ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1
18	Самостоятельное изучение вопросов Особенности компоновки шкафов и кассетных конструкции при проектировании стационарных ЭС с точки зрения из ремонтпригодности	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	1

7 семестр			81
1	Самостоятельное изучение вопросов Существующие ограничения плотности печатного монтажа.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
2	Самостоятельное изучение вопросов Допуски и отклонения печатного рисунка на плате.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	4
3	Самостоятельное изучение вопросов Иерархия структуры современных ЭС. Сквозное проектирование и разукрупнение сложных ЭС на части при различных видах конструирования. Подготовка к лаб.работе	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
4	Самостоятельное изучение вопросов Компоновка на печатной плате. Критерии оптимизации при компоновке. Доработка и оформление лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
5	Самостоятельное изучение вопросов Компоновка модулей, блоков, стоек. Виды компоновки. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
6	Самостоятельное изучение вопросов Виды паразитных связей в ЭС. Виды экранов. Внешние и внутренние электромагнитные помехи. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
7	Самостоятельное изучение	Устный опрос, проверка	4

	вопросов Виды компенсационных схем и фильтров.	конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	
8	Самостоятельное изучение вопросов Сложный теплообмен. Виды теплоотводов. Эффект Пельтье. Подготовка к лаб.работе	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
9	Самостоятельное изучение вопросов Особенности конструирования носимой радиоаппаратуры. Виды герметизации ЭС. Доработка и оформление лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
10	Самостоятельное изучение вопросов Активные и пассивные методы защиты ЭС от механических воздействий. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
11	Самостоятельное изучение вопросов Источники вибраций и ускорений. Способы защиты ЭС от них.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	6
12	Самостоятельное изучение вопросов Долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, безотказность как свойства ЭС. Способы повышения надежности ЭС за счет контактных явлений. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
13	Самостоятельное изучение вопросов Требования к размещению и эргономике при проектировании наземных, стационарных ЭС.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4

	Подготовка к лаб.работе		
14	Самостоятельное изучение вопросов Способы виброзащиты и компоновки модулей при проектированных подвижной наземных ЭС. Доработка и оформление лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
15	Самостоятельное изучение вопросов Особенности конструирования бортовых ЭС, защита от перепада давлений и температур. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
16	Самостоятельное изучение вопросов Воздействие соленого морского воздуха, влаги и обледенения на морские ЭС. Подготовка к защите лаб.работы	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
17	Самостоятельное изучение вопросов Патентная чистота разработки, виды защиты авторского права в области электроники.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	4
18	Самостоятельное изучение вопросов Международные формы защиты авторского права и патентования. Подготовка к сдаче итогового отчета по лаб. работам	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	3
Итого			99

1. ЗАКРЕПЛЕНИЕ СВЕДЕНИЙ О ПРИНЦИПАХ И ЗАДАЧАХ КОНСТРУИРОВАНИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Развитие техники, методы активизации человека в его творческой деятельности решались по следующей схеме такими методами:

- методом проб и ошибок;
- методом мозговой атаки;
- методом конкретных вопросов.

При разработке творческих проектов конструктор направляет разработку по пути улучшения качества создаваемой продукции за счёт применения известных принципов стандартизации, которая осуществляется известными методами. Это метод взаимозаменяемости и, как следствие, унификации, типизации, агрегатирования. За счёт рационального сокращения видов элементов при разработке типовых конструкций с применением готовых элементов, стандартных деталей и агрегатов (электродвигатели, редукторы и т. п.).

2. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ. МЕТОДИКА И ПРАВИЛА КОНСТРУИРОВАНИЯ

В практической жизни человек часто имеет дело с конструированием, которое является одним из важнейших направлений его творческой деятельности. С процессом творчества человек связан постоянно на протяжении всей жизни. Эффективность творчества при этом определяется профессиональной подготовкой человека, знанием законов природы, освоением математики, механики, физики и т. д. Совокупность этих знаний позволяет быть подготовленным для решения сложных задач техники посредством конструирования механизмов и устройств различного функционального назначения. Как известно, механизмы и устройства должны обладать высокой надёжностью, точностью и действенностью. Такое условие выполнимо, если их ответственные детали изготавливаются с высокой точностью и чистой рабочей поверхностью. Качество деталей обеспечивается технологическим процессом их обработки и контроля. Процесс контроля деталей назначается одновременно с проектированием технологического процесса их обработки.

Научно-технический процесс невозможен без создания точных приборов и измерительных устройств. Это создание требует большой работы по расчёту и конструированию приборов контроля.

Приступая к конструированию точного прибора, конструктор, прежде всего, должен выбрать материал деталей, определить параметры их изготовления и способы соединения основных узлов механизмов.

2.1. Характеристика объектов конструирования и их состав

При выполнении курсового и дипломного проекта по дисциплине темами разработок являются: расчёт и конструирование приборов и систем, измерительных устройств, первичных преобразователей, контрольных приспособлений, а также методик измерений. Как показывает анализ тем курсовых проектов, они являются основой тем выпускных дипломных работ и проектов.

На рис. 1 представлена структурная схема прибора для измерения линейного размера, в нашем примере – диаметра детали. Рассматривая состав прибора, мы видим, что это довольно сложная измерительная система, в которую входят:

- I. Первичный преобразователь;
- II. Измерительное устройство;
- III. Отсчётное устройство;
- IV. Механизмы базирования, зажима, перемещения.

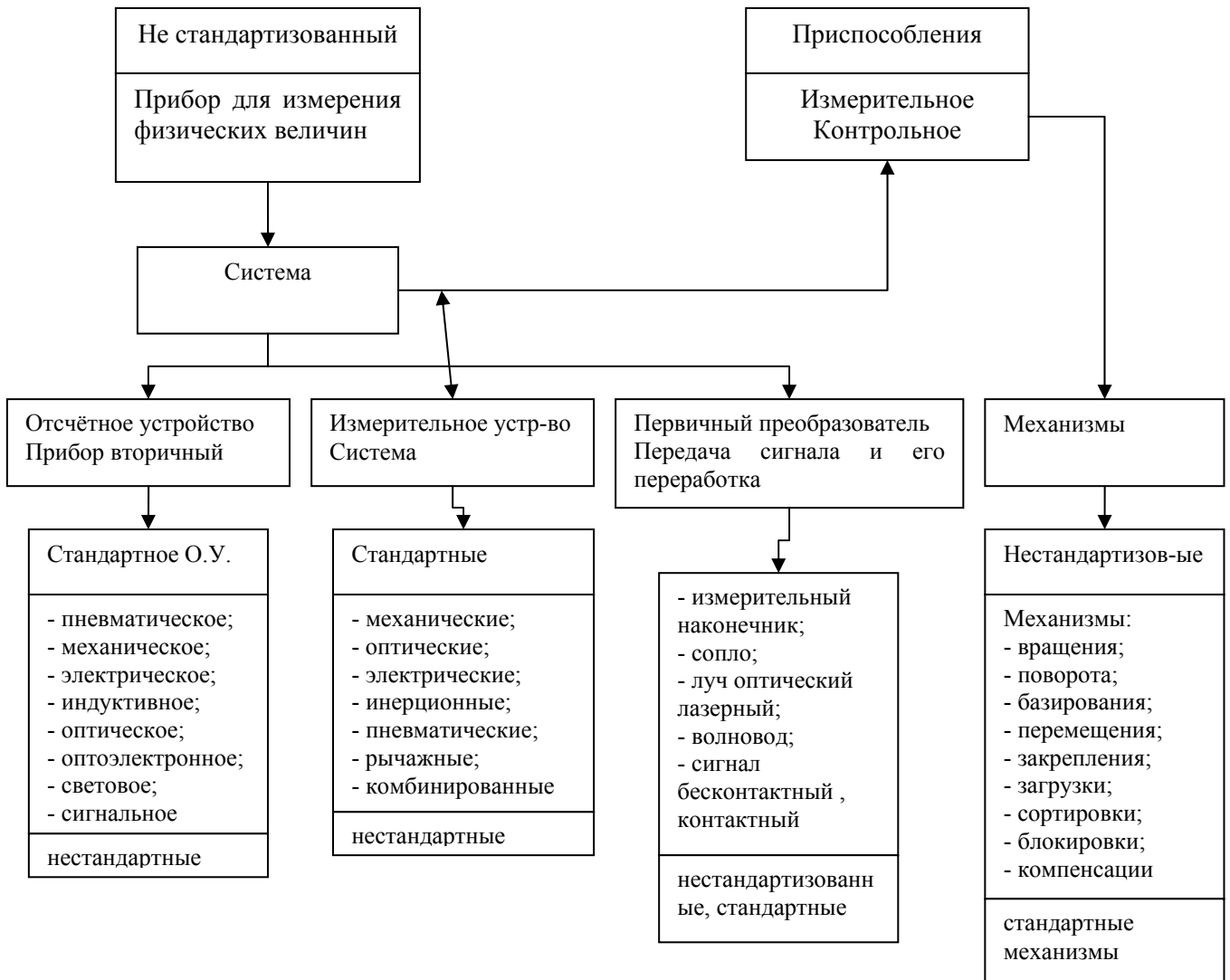


Рис. 2.1. Структурная схема прибора для измерения линейного размера

Рассматривая структурную схему прибора, дадим характеристику его составных частей, каждую из которых можно назвать также прибором для осуществления конкретных функций в общей работе прибора.

Прибор, по мнению автора, сложная система, в которую входят названные выше составляющие, и он служит для осуществления измерения, базирования, закрепления, перемещения, вращения и других специальных операций с объектом контроля при оценке их точности изготовления, физического состояния, измерения формы, структуры, состава, свойств и т. п. Мы видим, что функции прибора обширны и многообразны, т. е. прибор предназначен для измерения, контроля, регистрации, счёта, управления, фиксации и других специальных операций.

Прибором можно назвать систему, которая вырабатывает сигнал измерительной информации в форме, удобной для восприятия, передачи и дальнейшей переработки.

Естественно, что функции прибора отличаются в соответствии с поставленной задачей, а её решение может быть осуществлено за счёт конструирования механических, электрических оптических, электронных, лазерных, индуктивных и прочих систем.

Системой можно назвать совокупность действий (функций) прибора, определяющих метод достижения решения поставленной задачи.

Измерительное устройство – механизм или их совокупность, образующая действие элементов системы, направленное на передачу сигнала измерительной информации в форме, соответствующей применяемому типу отсчётного устройства.

Первичный преобразователь – элемент прибора, который первым воспринимает изменения информации на входе прибора.

Контрольные приспособления – специальные измерительные устройства, которые в производственных условиях обеспечивают измерения деталей с необходимой точностью и производительностью. Контрольные приспособления проектируют для проверки конкретной детали и в основном для окончательной приёмки готовой детали.

Приспособления подразделяются по целевому назначению, совмещению функций, степени автоматизации и механизации. По целевому назначению приспособления предназначены:

1. для станков при обработке деталей;
2. контрольные приспособления;
3. для базирования, зажима и перемещений;
4. сборочные приспособления.

Мера – это тело вещество, служащее для установки единицы измерения или их производных, а также для сохранения единства измерений.

Общие вопросы конструирования приборов и систем

При конструировании приборов и машин любого назначения значительный объём занимают сложные конструкторские работы, решение которых может осуществляться с применением различных, как правило,

несложных, но обеспечивающих необходимый эффект методов. Одним из таких методов является *метод инверсий*.

Метод инверсий при конструировании

Сущность этого метода заключается в обращении функций деталей, т.е. функции одной детали переключаются на другую, иначе говоря, меняются роли у деталей. Так, ведущая деталь становится ведомой, охватывающая деталь – охватываемой, неподвижная – подвижной. В другом случае целесообразно инвертировать или изменить форму детали, например, выпуклую на вогнутую, конусную на цилиндрическую, вогнутую на плоскую. При таком изменении, замене, главную роль может играть фактор простоты изготовления. Часто выгодным считается перенос отдельных конструктивных элементов с одной детали на другую, например, шпонки вала на ступицу. Улучшение качественного показателя конструкции возможно достигнуть простым изменением положения двух деталей.

Применение метода инверсии производится с учётом технологичности, прочности, удобства эксплуатации прибора или управления механизмами и его работоспособности.

На рис. 2.2 представлены примеры инвертирования.

а, б – перенос шпонки с вала на ступицу;

в, г – поворот детали для улучшения смазки;

д, е – улучшена технология сборки.

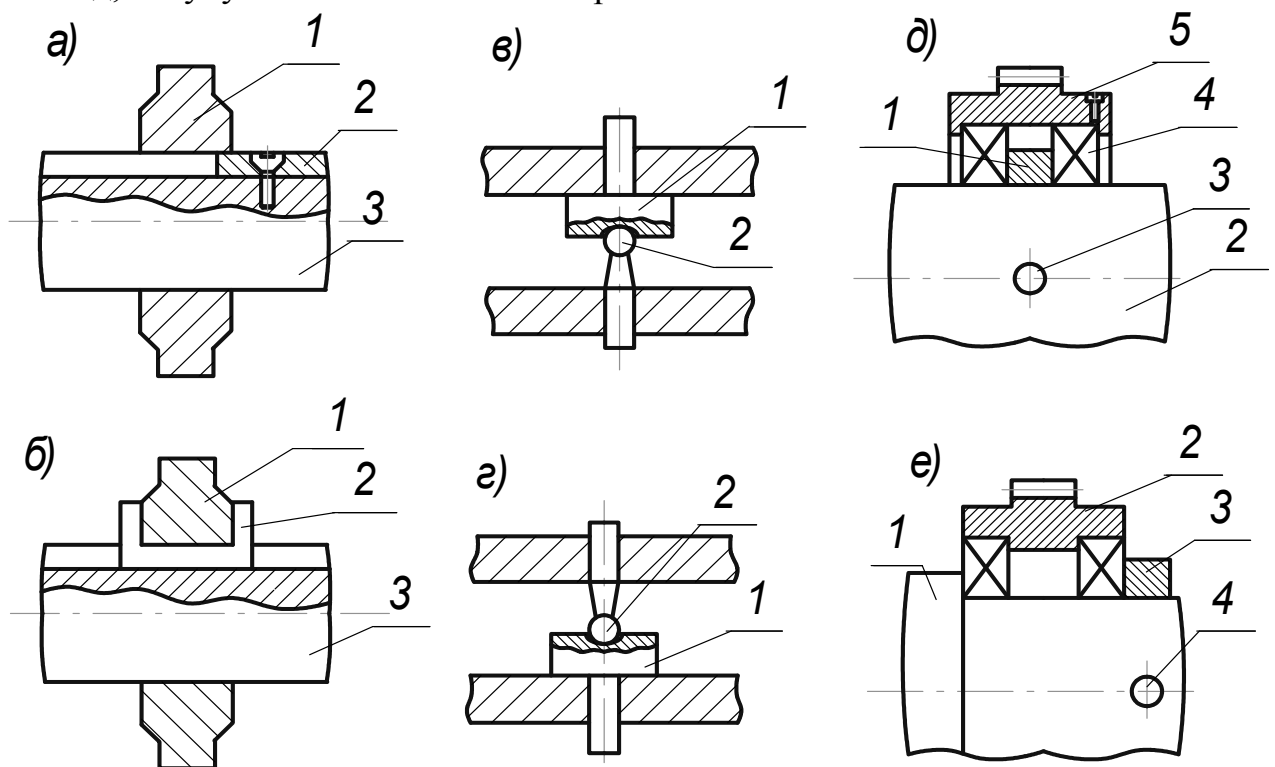


Рис. 2.2. Инвертирование деталей

Повышение жёсткости элементов конструкций

Жёсткость определяет работоспособность конструкции в такой же мере, как и прочность. Повышение деформации элементов может нарушить нормальную работу конструкции, так как это нарушает равномерное распределение нагрузки и тем самым вызывает сосредоточение усилий на определённых участках деталей, создавая местные высокие напряжения, значительно превосходящие величину номинальных напряжений.

Нежёсткость корпусов конструкции вызывает повышенное трение и износ подвижных соединений; нежёсткость валов и опор зубчатых передач нарушает правильное зацепление колёс и приводит к быстрому износу зубьев; нежёсткость цапф и опор подшипников скольжения вызывает повышенные кромочные давления, появление очагов полужидкостного и полусухого трения, перегрев или снижение срока работы подшипников; нежёсткость неподвижных соединений, подверженных воздействию динамических нагрузок, вызывает наклёп и сваривание поверхностей.

Для машиностроения **жёсткость** – это способность системы сопротивляться действию внешних нагрузок с деформациями, допускающими работоспособность системы без её нарушения.

Существует и понятие **упругость**, т. е. способность системы приобретать большие деформации под действием нагрузок, и это свойство используется при изготовлении пружин, рессор и других деталей, но для машиностроительных конструкций наибольшее значение имеет жёсткость.

Жёсткость оценивается коэффициентом жёсткости, представляющим собой отношение силы, приложенной к системе, к максимальной деформации, вызываемой этой силой:

$$\lambda = \frac{\rho}{f}, \quad (2.1)$$

где λ - жёсткость системы, соединения, детали;

ρ - сила, приложенная к системе;

f - максимальная деформация.

Жёсткость конструкции приборов и машин определяют следующие факторы:

- схема нагружения конструкции или отдельного её элемента (нагружение на опорах или консольное, или с заделанными кольцами);
- модуль упругости материала (модуль нормальной упругости E при растяжении-сжатии и изгибе, модуль сгиба σ - при кручении);
- геометрическая характеристика сечения (F – при растяжении-сжатии, I – момент инерции при изгибе, I_p – при кручении).

В механизмах большинство деталей работает на изгиб, поэтому необходим выбор формы сечения, обладающей большой жёсткостью.

Для случая изгиба балки (бруса) постоянного сечения коэффициент жёсткости будет определяться по формуле:

$$\lambda_{изг} = \frac{\rho}{f} = \frac{E \cdot l}{i^a}, \quad (2.2)$$

где E – модуль упругости, $E = 2 \cdot 10^6$ МПа – для стали;
 I – момент инерции, см⁴;
 l – длина балки (бруса), см;
 a – коэффициент, зависящий от условий нагружения (для рассматриваемого случая $a = 3$).

Для увеличения жёсткости деталей без существенного увеличения их массы при конструировании приборов рекомендуется применять следующие правила.

Первое правило конструирования

Для повышения жёсткости детали следует избегать деформации кручения и изгиба, заменяя их деформациями сжатия и растяжения.

Способами выполнения этого правила могут быть конструктивный, компоновочный и режимный.

1. Конструктивный способ заключается в том, что производится замена конструкции с большой деформацией конструкцией с малой деформацией. Например, замена консольной балки треугольной формы балкой, в которой действует растяжение-сжатие.

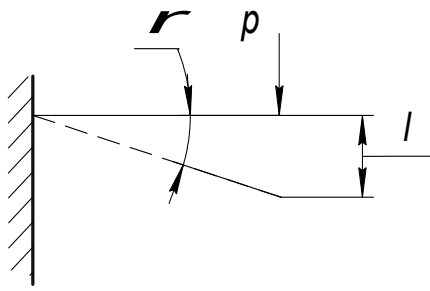
Повышение жёсткости можно получить также при замене балочного кронштейна на кронштейн ферменного типа.

Замена свободной опорной балки на опорах стержневой системой или арочной балкой устранит изгиб балки.

Чтобы уменьшить деформацию тонкостенного цилиндрического отсека, его можно заменить коническим отсеком.

2. Компоновочный способ заключается в изменении расположения одной детали относительно другой.

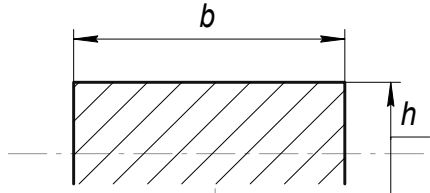
Режимный способ заключается в выборе режима работы прибора, при котором жёсткость отдельных элементов увеличивается.



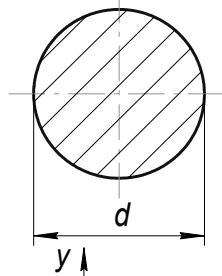
$$f = \frac{\rho \cdot i^3}{3E \cdot I} \text{ - прогиб балки,} \quad (2.3)$$

$$\beta = \frac{\rho \cdot i^2}{2E \cdot I}. \quad (2.4)$$

Момент инерции для
прямоугольного и круглого сечения

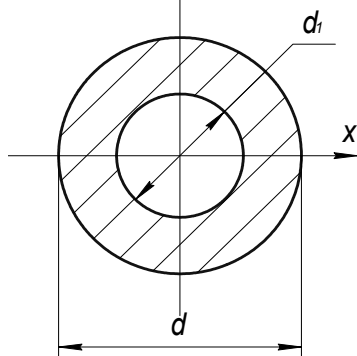


$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (2.5)$$



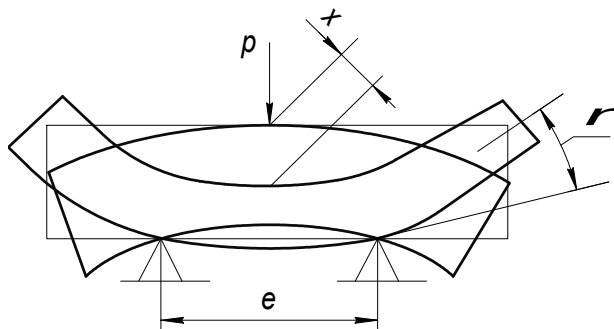
$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64}. \quad (2.6)$$

Момент инерции кольцевого сечения



$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot [d^4 - d_0^4]}{64}. \quad (2.7)$$

При нагружении балки



$$f = \frac{\rho \cdot i^3}{48 \cdot E \cdot I}, \quad (2.8)$$

$$\beta = \frac{\rho \cdot i^2}{16 \cdot E \cdot I}. \quad (2.9)$$

Рис. 2.3. Режимы жесткости конструкции

Второе правило конструирования

Для повышения жёсткости следует применять такие методы, при которых не происходит увеличения массы детали.

Это достигается за счёт применения рациональных форм сечений, например, вместо сплошных сечений – полых или сечений с отверстиями внутри и т. д.

Необходимо исключать возможность деформации тонкостенных деталей. Следует вводить рёбра жёсткости и убирать консоли.

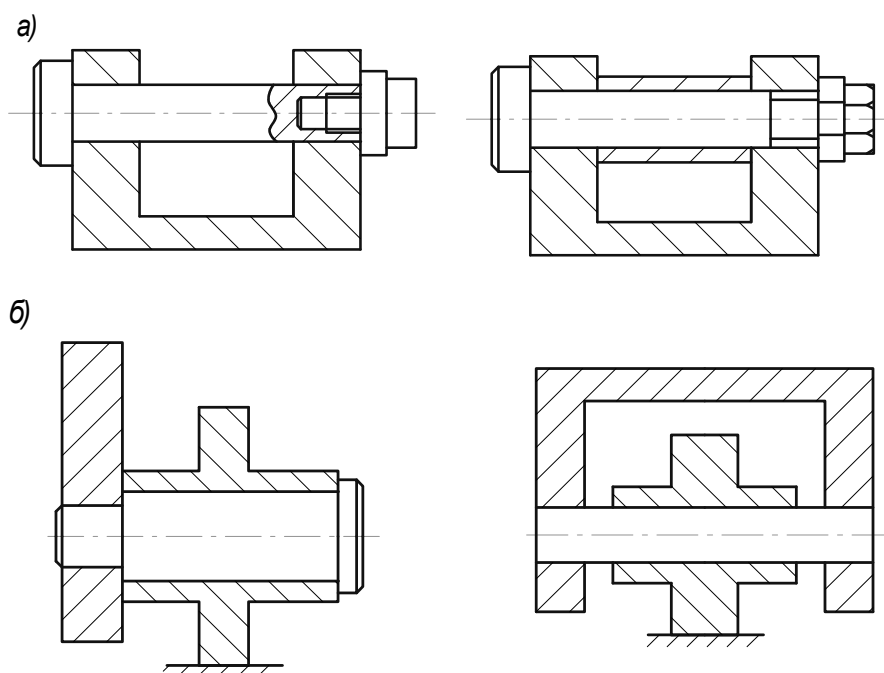


Рис. 2.4. Примеры повышения жёсткости конструкций

Повышение износостойкости узлов деталей в механизмах приборов

Износ – процесс постоянного изменения форм и размеров, происходящий при трении.

В результате увеличиваются зазоры, уменьшается точность, увеличиваются динамические нагрузки, вибрации.

Износ зависит от следующих факторов:

- 1) рода и характера трения;
- 2) величины удельного давления;
- 3) скорости перемещения контактирующих поверхностей;
- 4) формы и размера трущихся поверхностей (износ будет максимальным, если обе детали движутся навстречу друг другу);
- 5) температуры, при которой эти детали взаимодействуют (при высокой температуре износ детали будет больше);
- 6) качества и способа подведения смазки к трущейся поверхности;
- 7) материала трущихся поверхностей;
- 8) коррозирующего воздействия поверхностных плёнок у металла (окисные плёнки иногда действуют как абразив).

Износ особенно опасен в местах точечного контакта.

Повышение износостойкости деталей можно получить конструкторскими и технологическими методами.

Конструкторские методы повышения износостойкости

1. Замена трения скольжения трением качения.
2. Более подверженные износу детали необходимо выполнять в виде отдельных легкосменных деталей, изготовленных из материалов со специальными свойствами.

3. Увеличение площади контакта между трущимися поверхностями, например, за счёт замены цилиндрических опор коническими.

Удельное давление при расчёте цилиндрической и конической поверхности определяют так:

$$\rho = \frac{R}{d_u \cdot 1} \leq (\rho), \quad (2.10)$$

$$\rho = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [d_o^2 - d_m^2]} \leq (\rho); \quad (2.11)$$

где ρ - сила, действующая на цапфу;

Q – осевая сила;

d_o, d_m – диаметры конуса.

4. Если сопряжение выполняется из деталей из твёрдых и мягких материалов, то поверхность детали из более твёрдого и износостойкого материала должна перекрывать поверхность детали из более мягкого материала, так как это обеспечивает равномерный износ всей поверхности из более мягкого материала.

5. В случаях, когда износ ведёт к резкому снижению точности прибора, в конструкциях применяются компенсаторы, автоматически выбирающие зазоры, возникающие вследствие износа. В этом случае используют подвижные детали с упругими элементами, например, плоские или спиральные пружины. На рис. 2.5 представлены примеры снижения износа в опорах вращения.

Технологические методы повышения износостойкости

1. Соответствующий выбор материала.
2. Выбор пар трущихся поверхностей, при этом наиболее часто применяются такие пары материалов: сталь – чугун, сталь – бронза, сталь – латунь, сталь – фторопласт, сталь – металлокерамика, сталь – углеграфит.
3. Уменьшение шероховатости поверхности детали и увеличение твёрдости.
4. Применение жидкостного трения и смазки трущихся поверхностей, а также обеспечение теплоотвода от трущихся поверхностей.

Методы повышения циклической прочности

Детали подвергаются длительной повторно-переменной нагрузке, разрушаются при напряжениях, значительно меньших предела прочности материала. Около 80 % поломок, происходящих при эксплуатации машин и приборов, вызвано усталостным явлением.

Циклические нагрузки наиболее явно выражены в устройствах с возвратно-поступательным движением (поршневые и кулачковые механизмы), зубчатых и цепных передачах (так как валы дважды за оборот подвергаются растяжению и сжатию из-за действия радиальной силы).

Характеристикой цилиндрической прочности и надёжности является предел выносливости σ_{-1} . Это наибольшее число циклов нагрузок, которые выдерживает материал до разрушения.

Предельное число циклов для большинства конструкционных материалов составляет $\sigma_{-1} = 10^7$.

Циклическая прочность деталей – это испытание на усталость реальной детали с учётом поправок на её форму и размеры, состояние её поверхности, т. е. определение выносливости.

Циклическая прочность детали значительно снижается от резких переходов, надрезов, вызывающих местную концентрацию напряжений, повышающих в 2-3 раза средний уровень напряжений. На рис. 5 представлены примеры повышения циклической прочности.

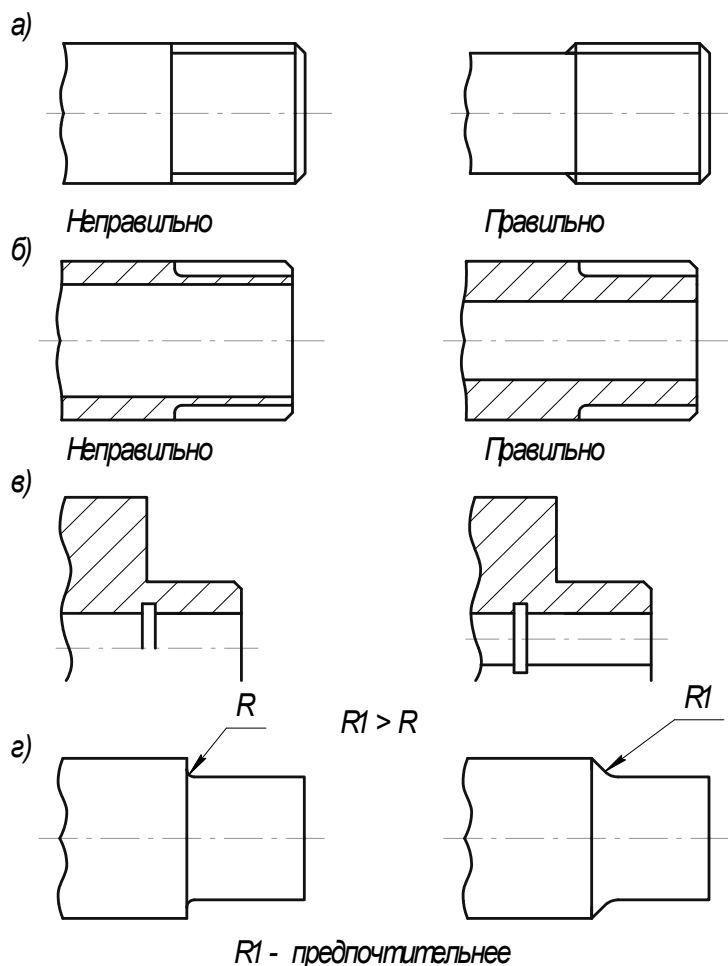


Рис. 2.5. Примеры повышения циклической прочности

3. МАТЕРИАЛЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ПРИБОРОВ

Приступая к проектированию, конструктор, прежде всего, должен выбрать материал для деталей прибора. От правильности выбора материала зависит не только работоспособность, точность, но и надёжность устройств и механизмов. Все применяемые материалы для создания механизмов и устройств подразделяются на металлические и не металлические.

Как правило, материалом для изготовления деталей приборов, механизмов или устройств служат металлы и их сплавы. Это тела, характеризующиеся кристаллической решёткой со строгим расположением атомов в пространстве. Аморфные тела при конструировании также могут применяться, но в качестве вспомогательных. К примеру, использование органических материалов воска, клея, дерева, кожи, смолы, *** для крепления оптики (хрупких деталей) в механизмах прибора. Кроме этих материалов используются также композиционные материалы, к которым можно отнести стеклопластик, пластмассы, смолы с наполнителем и т. п. Т. о. конструктор должен хорошо знать свойства материалов для применения их при изготовлении деталей.

Свойства материалов

• Физические – цвет, плотность, температура плавления, тепловое расширение, теплопроводность, электропроводность, магнитные свойства. Все эти свойства выбираются конструктором при проектировании приборов. В особенности для приборостроения играет роль электропроводность, тепловое расширение и теплопроводность, поскольку, если это измерительный прибор, то названные свойства, в первую очередь, влияют на точность измерения любых величин.

• Химические – способность противостоять коррозии, жаростойкость.

• Механические – прочность, упругость, пластичность, твёрдость, ударная вязкость, выносливость. Эти свойства особенно важны и учитываются при изготовлении деталей приборов. Напомним некоторые известные параметры:

- предел прочности $\sigma_a = \frac{P_{\max}}{F_0}$ кгс/мм²,

- предел текучести $\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$ кгс/мм²,

- относительное удлинение $\delta = \frac{l_n - l_0}{l_0} \cdot 100\%$,

где P_{\max} - максимальная нагрузка;

P_T - нагрузка;

$l_0 + l$ - длина первоначальная и приращения.

Твёрдость – способность металла сопротивляться проникновению в него другого более твёрдого тела, определяется методами Бринелля и Роквелла.

σ_{-1} - предел выносливости при изгибе.

• Технологические – обрабатываемость, свариваемость, ковкость, литейные свойства.

• Эксплуатационные – износостойкость.

Марки конструкционных материалов

1) Чугуны – сплав железа с углеродом, в котором содержание углерода от 2,14 % до 6,17 %.

Применяют: серый, белый, ковкий, литейный.

2) Стали – содержат до 2,14 % углерода.

Стали бывают:

- обыкновенного качества Ст 0, Ст 2, ... Ст 6,
конструкционные Сталь 15, ... Сталь 45;

- легированные конструкционные стали;

- инструментальные стали: качественные У 7, 8, 9, 10, 11, 12 и высококачественные У12А;

- специальные стали с особыми свойствами, например, 0,95Ч18НТ;
нержавеющие 12Х13, 40Х13, 12ХНТ.

Цветные металлы и сплавы

Алюминий и сплавы – дюралюминий Д1А, Д16А, А1МцН, А12, А19 и т. д.

Латуни – сплав меди с цинком Л90, Л80.

Бронза – сплав меди с оловом Бр0ЦС5-5-5, Бр0Ф10-1.

4. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Зажимными называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения детали относительно установочных элементов возникающих в процессе контроля (измерения). Зажимные механизмы делят на простые и комбинированные. К простым относятся: винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные, пружинные. По числу точек силы зажима механизмы делят на единичные и многократные, по степени механизации – ручные, механизированные, автоматизированные.

Требования к зажимным механизмам

1. При зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием.

2. Зажим не должен вызывать деформации заготовок или порчи поверхности.

3. Сила зажима должна быть минимально необходимой, но достаточной.

4. Зажим и открепление производится с минимальной затратой сил.
5. Силы резания не должны воспринимать зажимные устройства.
6. Зажимной механизм должен быть простым по конструкции, удобным в эксплуатации.

Выполнение большинства этих требований связано с правильным определением величины, направления и места приложения сил зажима.

Методика расчета сил зажима

Расчет сил зажима сводится к решению задачи статики на равновесие твёрдого тела под действием внешних сил.

Исходные данные для расчета сил зажима являются:

- схемы базирования детали;
- направление, величина, и место приложения сил, возникающих при измерении;
- схема закрепления заготовки.

Величина силы зажима зависит от её направления, но при выборе направления следует учитывать:

1. Сила должна быть направлена перпендикулярно поверхности установочных элементов для обеспечения контакта.
2. направлена на тот установочный элемент, с которым заготовка имеет больший контакт.
3. Направление должно совпадать с направлением веса и силы резания (если контроль в процессе обработки).

На практике такого совпадения 1,2,3 достичь трудно. При автоматическом контроле выбору рационального направления силы зажима способствует введение упоров в силовую схему. Упоры воспринимают действующие на заготовку силы и позволяют уменьшить силу зажима.

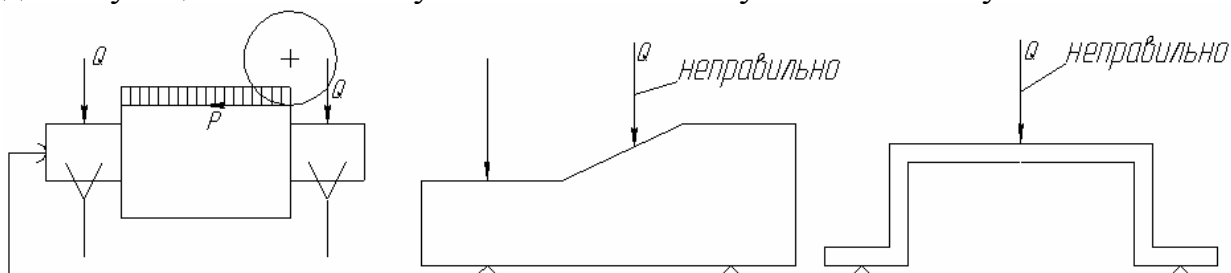


Рис. 4.1. Выбор места приложения силы зажима

При выборе места приложения силы зажима следуют определенным правилам:

- сила не должна опрокидывать или сдвигать заготовку, и направлена перпендикулярно к опорным элементам;
- сила зажима не должна создавать изгибающего момента, во избежание деформаций детали и появления погрешности закрепления;
- точка приложения силы должна быть расположена ближе к месту обработки, в особенности для нескольких заготовок.

Расчет сил зажима при различных схемах установки

Сила зажима предотвращающая поступательное перемещение детали. Для представленных схем. Условия равновесия детали с учетом запаса записано уравнениями 4.1, 4.2, 4.3.

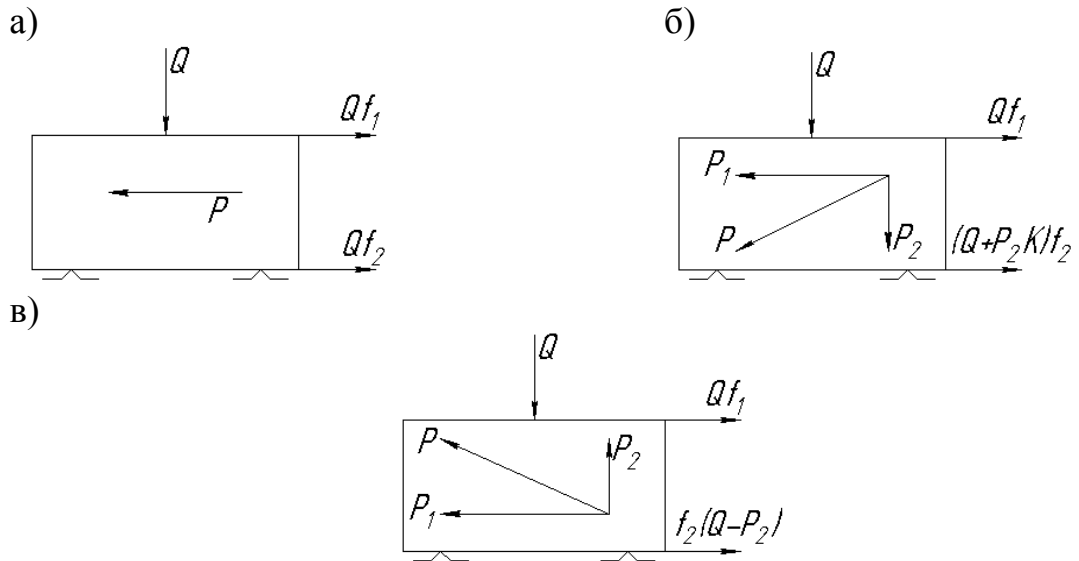


Рис. 4.2. Схемы закрепления деталей

$$K \cdot P - f_1 \cdot Q - f_2 \cdot Q = 0; \quad Q = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}; \quad (4.1)$$

$$K \cdot P_1 - Q \cdot f_1 - (Q + P_2 \cdot K) \cdot f_2 = 0; \quad Q = \frac{K \cdot P_1 - K \cdot P_2 \cdot f_2}{f_1 + f_2}; \quad (4.2)$$

$$K \cdot P_1 - Q \cdot f_1 - (Q - K \cdot P_2) \cdot f_2 = 0; \quad Q = \frac{K \cdot P_1 + K \cdot P_2 \cdot f_2}{f_1 + f_2}; \quad (4.3)$$

Где: f_1, f_2 – коэффициенты трения,
 Q – необходимая величина силы зажима,
 P – сдвигающая сила.

Сила зажима, предотвращающая проворачивание заготовки под действием момента $M_{рез}$ в 3^х-кулачковом патроне

$$K \cdot M_{рез} - 3 \cdot Q \cdot f_1 \cdot R_1 = 0; \quad Q = \frac{K \cdot M_{рез}}{3 \cdot f_1 \cdot R_1}; \quad (5.4)$$

Если поставить упор в 3^x-кулачковом патроне, то появляется дополнительная сила трения от упоров $\frac{K \cdot P_x}{3 \cdot f_1}$.

Заготовка центрирована на оправке и удерживается от проворота на кольцевой площадке бурта при равномерном распределении силы по кольцевой площадке:

$$K \cdot M_{\text{рез}} - Q \cdot f_1 \cdot R_1 - \frac{1}{3} Q \cdot f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = 0; \quad (4.6)$$

$$\text{откуда } Q = \frac{K \cdot M_{\text{рез}}}{f_1 \cdot R_1 + \frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}; \quad (4.6)$$

Заготовка закреплена в призме с углом в α :

$$K \cdot M_{\text{рез}} - Q \cdot f_1 \cdot R_1 - 2R \cdot f \cdot R_1 = 0; \quad (4.7)$$

$$\text{где } R = \frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha / 2};$$

Выбор зажимных механизмов

При конструировании измерительных устройств всегда возникает задача по известной силе зажима Q установить тип и основные размеры зажимного устройства и определить силу, развиваемую приводом.

Винтовые механизмы

Винтовые механизмы используют как для непосредственного зажима, так и в сочетании с другими механизмами. Винтовые механизмы предназначены для преобразования вращательного движения (винта или гайки) в поступательное перемещение со значительным уменьшением скорости. Большая плавность и точность хода, больше i - самоторможение перед увеличением усилия, но низкий К.П.Д.

Перемещение винта и (гайки) одно- и многозаходные:

$$l = \frac{R \cdot t}{360} \cdot \varphi; \quad (5.8)$$

где R – число заходов резьбы;

l – перемещение винта;

t – шаг резьбы;

φ – угол поворота.

Винтовые механизмы точного перемещения имеют большое применение в точных приборах благодаря большому соотношению поворота

винта к поступательному перемещению и возможности перемещения высокой точности при сравнительно простой конструкции и $< \text{КПД}$.

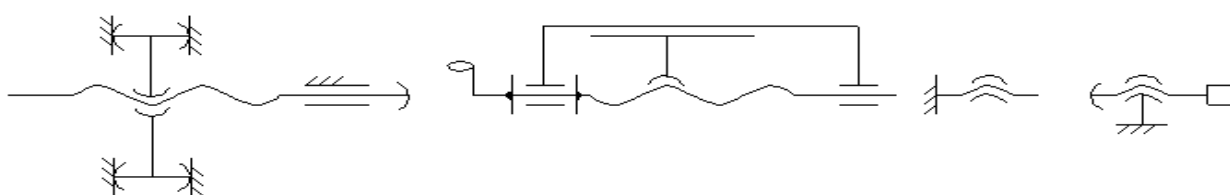
Для точных винтовых пар применяют:

1. Метрическую
2. Трапецеидальную
3. Прямоугольную резьбы с $>$ числом заходов.

При работе с небольшой нагрузкой, малым шагом, когда не играет роли – применяется метрическая резьба (например, микрометр).

При работе с большими нагрузками применяют трапецеидальную резьбу, т.к. трение уменьшается с уменьшением угла профиля.

В зависимости от характера движения винта, механизмы подразделяют на 4 группы:



I – Вращается гайка

II – Вращается винт

III – IV –
Неподвижн
ый винт неподвиж
ная гайка

Рис. 4.3

По назначению винтовые механизмы подразделены

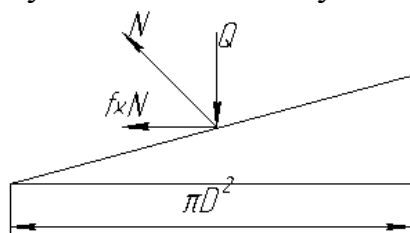
- а) Силовые – прочные;
- б) Кинематические – точные

Применяют резьбы различных видов с различными шагами.

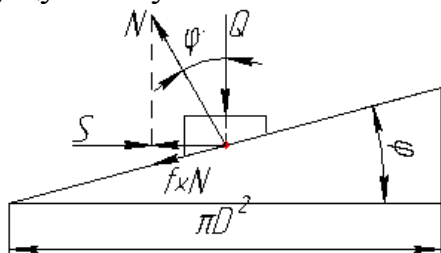
Силовые зависимости в винтовых механизмах

Основная задача определить M_{mp} . Для преодоления осевой нагрузки Q .

Развернув один виток получим клиновидный механизм



на резьбу действует сила N и реакция $= f \cdot N$. $f = \arctg \rho$. Определим движущую силу S :



$$\begin{aligned}
 S - N \cdot f \cdot \cos \varphi - N \cdot \sin \varphi &= 0; \\
 Q + N \cdot f \cdot \sin \varphi - N \cdot \cos \varphi &= 0; \\
 N &= \frac{Q + N \cdot f \cdot \sin \varphi}{\cos \varphi}
 \end{aligned}
 \tag{4.9}$$

$$M = S \cdot \frac{d}{2};$$

$$S = \left(N \cdot f \cdot \cos \varphi - \frac{Q + N \cdot f \cdot \sin \varphi}{\cos \varphi} \right);$$

Прочностной расчет винтовой пары

$$\sigma_P = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2}; \tag{4.10}$$

$$\tau_K = \frac{M}{W} = \frac{16M}{\pi \cdot d^3}; \tag{4.11}$$

Самоторможение винтового механизма зависит от угла подъема винтовой линии.

Допускаемое давление на поверхности резьбы

$$q = \frac{4Q}{H \cdot \pi \cdot (d^2 - d_1^2)} \leq [q]. \tag{4.12}$$

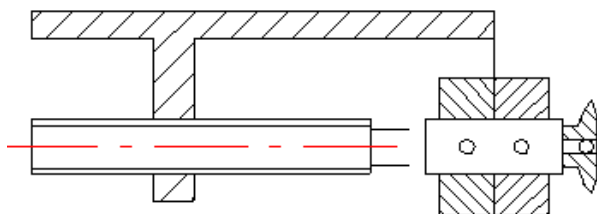
Q – осевое усилие;

d, d_1 – наружный и внутренний диаметры;

$H \approx 6$ – число витков гайки;

$[q]$ – 7..9МПа \approx 10–12 закаленная сталь и бронза.

Наименьшим трением обладает прямоугольная резьба, однако она трудна в изготовлении, а главное трудно выбрать осевой люфт.



От описываемых винтов требуется высокая точность.

Недостатком всех винтовых резьб является наличие мертвого хода – это зазор в осевом направлении.

Причины возникновения

зазора:

1. Неточность изготовления;
2. Износ боковой поверхности профиля;
3. Температурное влияние.

Меры по предупреждению мертвого хода (компенсация)

Применяются разрезные гайки, которые, несомненно, уменьшают точность винтовой пары, повышают скорость износа. Поэтому для устранения мертвого хода лучше применять пружины

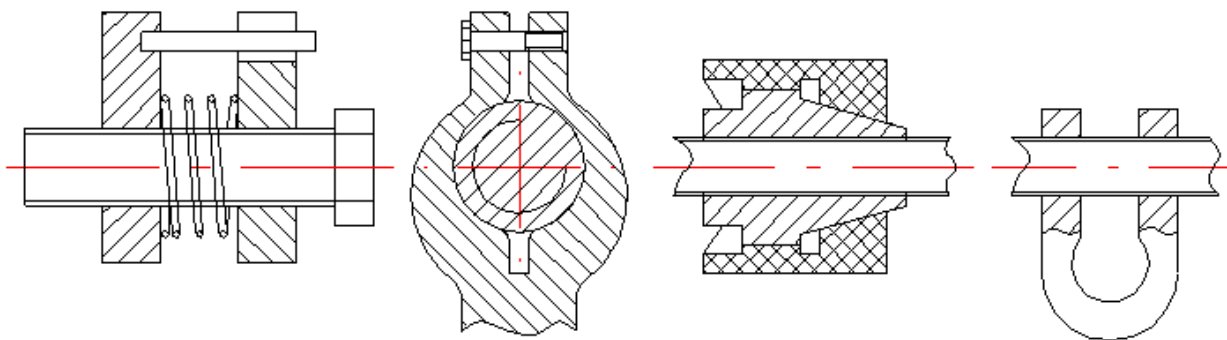


Рис. 4.4. Выбор мертвого хода в резьбе

Расчет времени в винтовом механизме

Момент трения на винте при осевой силе

$$M_{TP} = 0,5 \cdot d_{cp} \cdot N \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi); \quad (4.13)$$

где: N – осевая сила;

φ – угол трения;

β – угол подъема винтовой линии.

Сила на рукоятке при зажиме винтом

$$W = Q \cdot \frac{r_{cp}}{l} \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi); \quad (4.14)$$

где: r_{cp} – средний радиус резьбы;

l – вылет.

Условие равновесия для различных опор (рис. 4.5) можно рассчитать по формуле:

$$W \cdot l = Q \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) + M_{TP}; \quad (4.16)$$

где M_{TP} – трение на опорном конце резьбы.

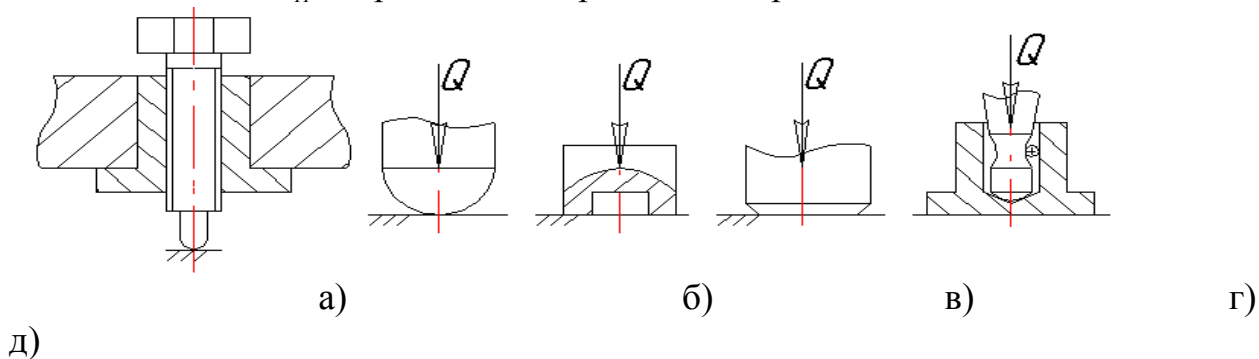


Рис. 4.5. Виды опорных наконечников

Со сферической пятой $M_{TP} = 0$;

$$\text{для в) } M_{TP} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}; \quad (4.17)$$

$$\text{для г) } M_{TP} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot D; \quad (4.18)$$

$$\text{для д) } M_{TP} = Q \cdot f \cdot \frac{D}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}; \quad (4.19)$$

Зажим клиновыми устройствами

Используется широко, просты по конструкции, компактны, надежны. Клин может быть простым зажимным механизмом или входить в состав комбинированных механизмов. Применение клина увеличивает силу зажима, перемену направления искомой силы, самоторможения и способность сохранять усилие зажима после прекращения действия силы. Углы 45° и $0 \div 15^\circ$.

Для любого мех. уравнения сил и перемещений

$Q = W \cdot i$; $S_Q = C_W \cdot i_{II}$; где Q – сила, W – перемещение, i – передаточное отношение.

Клины применяют как односкосый плоский, многоклиновой и эксцентрики. На рисунке 4.6а представлена схема зажима клиновым устройством.

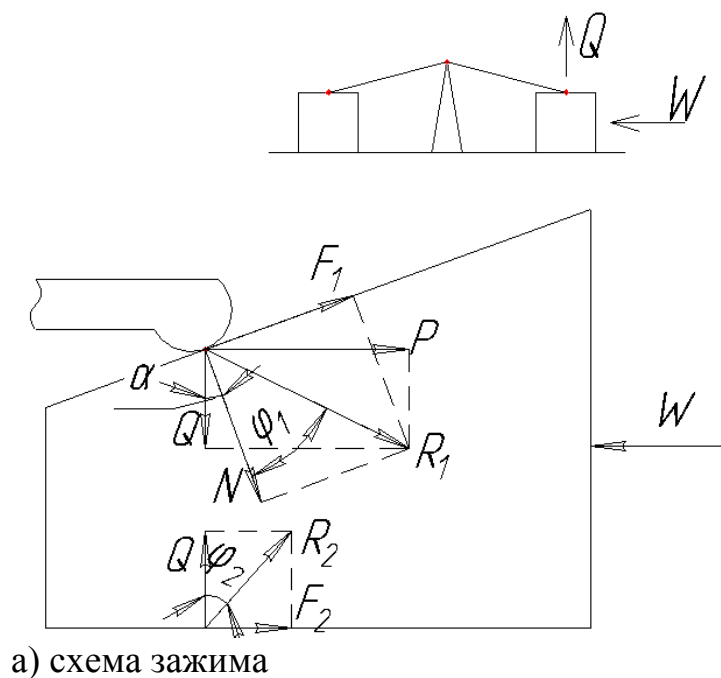


Рис. 4.6. Схема работы плоского клина

$$F_1 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = N \cdot f_1;$$

$$F_2 = Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = Q \cdot f_2;$$

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1);$$

Уравнение равновесия:

$$W - (P + F_2) = 0; \quad (4.20)$$

подставив величины P и F_2

$$\begin{aligned}
 W - Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) - Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 &= 0; \\
 W &= Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2];
 \end{aligned}$$

(4.21)

К недостаткам клиновых устройств относят: низкий к.п.д., потери на трение при $\alpha = 5^\circ \rightarrow 78\%$, $\alpha = 20^\circ \rightarrow 37\%$, $\alpha = 45^\circ \rightarrow 25\%$. Потеря на трение представлена как величина W в долях Q .

Для увеличения К.П.Д. на поверхности клина трения скольжения заменяют на трение качения.

Расчет практически не отличается, только углы трения скольжения заменяют на приведенные углы трения

$$W = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1np}) + \operatorname{tg} \varphi_{np}]; \quad (4.22)$$

где:

$$F_2 \cdot \frac{D}{2} - T \cdot \frac{d}{2} = 0;$$

$$F_2 = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_{2np};$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2;$$

Тогда $\frac{1}{2} \cdot Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_{2np} \cdot \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \cdot Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{d}{2} = 0;$

(4.23)

$$\operatorname{tg} \varphi_{2np} = \frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2; \quad \varphi_{2np} = \operatorname{arctg} \frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2;$$

Многоклиновые механизмы бывают с одним, двумя или более количеством плунжеров

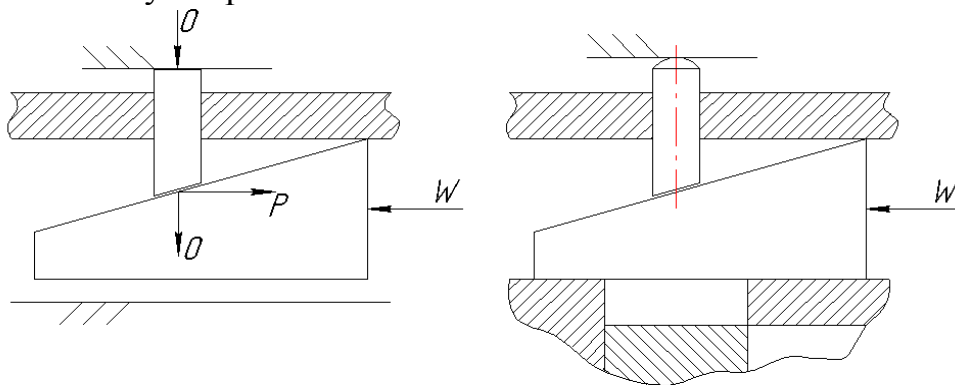


Рис. 4.7. Многоклиновые механизмы

Эксцентрикковые зажимы

Рабочая поверхность либо окружность, либо спираль. Криволинейные эксцентрики создают стабильную нагрузку, большое быстродействие, но малая величина рабочего хода $\beta = 30 \div 135^\circ$

При выборе эксцентрика исходные данные:

1. Допуск на размер
2. Рабочий угол поворота эксцентрика
3. Усилие для закрепления

$$2e = S_1 + \delta + S_2 + \frac{Q}{l}; \quad (4.24)$$

S_1 – минимальный зазор для установки заготовки с размером H ;

S_2 – запас хода эксцентрика;

j – жесткость узла;

Необходимая величина рабочего хода

$$S_Q = S_1 + \delta + \frac{Q}{j};$$

Диаметр цапфы $d = \frac{Q}{b \cdot [\sigma_{CM}]}$ мм находим задаваясь его шириной – b .

при $b = 2r$ $r = \sqrt{\frac{Q}{4 \cdot \sigma_{CM}}}$ мм.

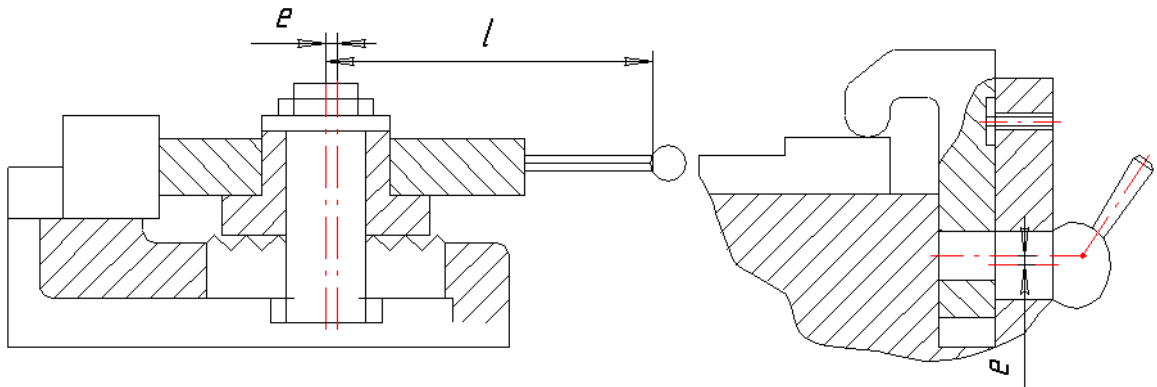


Рис. 4.8. Эксцентрикковые зажимы

Наружный диаметр эксцентрика определяем из условий самоторможения

Радиус рабочей поверхности эксцентрика R

$$R = e \cdot \left(\frac{\cos \beta}{\operatorname{tg} \alpha} - \sin \beta \right); \quad \alpha - \text{угол клина};$$

Ширину рабочей поверхности B определяем из уравнения на смятие.

$$\sigma_{CM} = 0,565 \cdot \sqrt{\frac{Q}{R \cdot B \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right)}}; \quad (4.25)$$

μ – коэффициент Пуансона

Если принять $E_1 = E_2$ и $\mu_1 = \mu_2 = 0,25$

то

$$\sigma_{CM} = 0,415 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot E}{R \cdot B}};$$

$$B = 0,0175 \cdot \frac{Q \cdot E}{R \cdot \sigma_{CM}^2}.$$

На рисунке 4.9 представлена схема торцевого кулачка

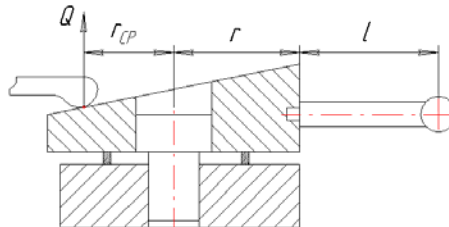


Рис. 4.9

Рычажные зажимные устройства

Аналогично клиновым применяют в сочетании с другими элементарными зажимами, образуя более сложные зажимные системы. При помощи рычага можно изменять величину и направление силы, а также осуществлять одновременное и равномерное закрепление заготовки в двух местах.

Рассмотрим пример расчета силы зажима рычагом с учетом сил трения. Схема действия сил представлена на рис. 4.10.

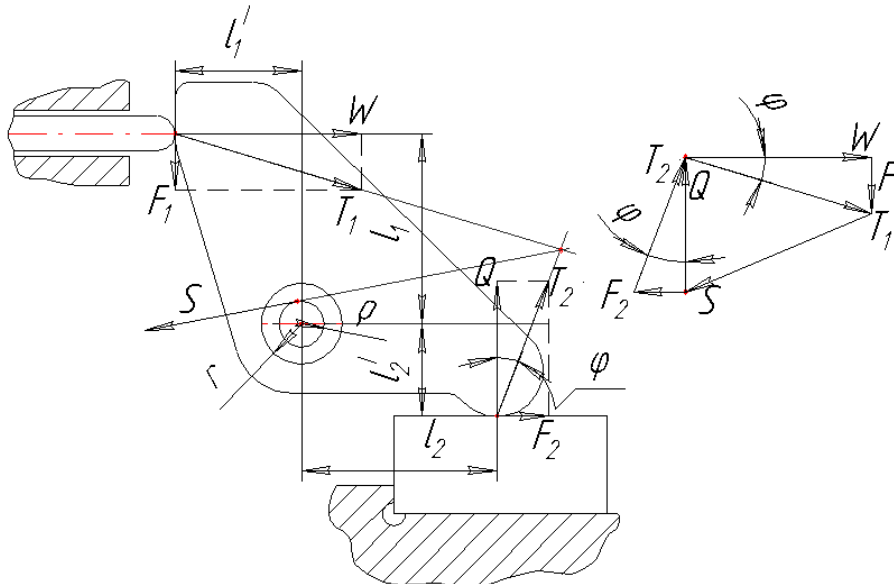


Рис. 4.10. Схема действия сил в изогнутом рычаге

Отношение между силами W и Q с учетом трения можно найти беря \sum моментов относительно точки O

$$W \cdot l_1 - Q \cdot l_2 - S \cdot \rho - F_1 \cdot f \cdot l_1' - F_2 \cdot f \cdot l_2'; \quad (4.26)$$

где: $W \cdot l_1' = F_1 \cdot f \cdot l_1'$; $Q \cdot l_2' = F_2 \cdot f \cdot l_2'$; тогда:
 $W \cdot l_1 = Q \cdot l_2 + S \cdot \rho + W \cdot f \cdot l_1' + Q \cdot f \cdot l_2'$.

Сила S находится из силового многоугольника

$$S \approx \sqrt{W^2 + Q^2};$$

$$l_1 < l_2 \rightarrow S \approx 0,96W + 0,4Q;$$

при $l_1 = l_2 \rightarrow S \approx 1,41Q$;

$$l_1 > l_2 \rightarrow S \approx 0,96Q + 0,4W;$$

Подставим значение S в уравнение (1)

$$W = \frac{Q \cdot l_2 + Q \cdot f \cdot l_2' + S}{l_1 - f \cdot l_1'}; \quad (4.27)$$

Радиус круга трения $\rho = r \cdot f'$, $f' 0,18 \div 0,2$.

Для уменьшения потерь в рычажной передаче необходимо уменьшать l_1' и l_2' .

Действие сил в прямом рычаге

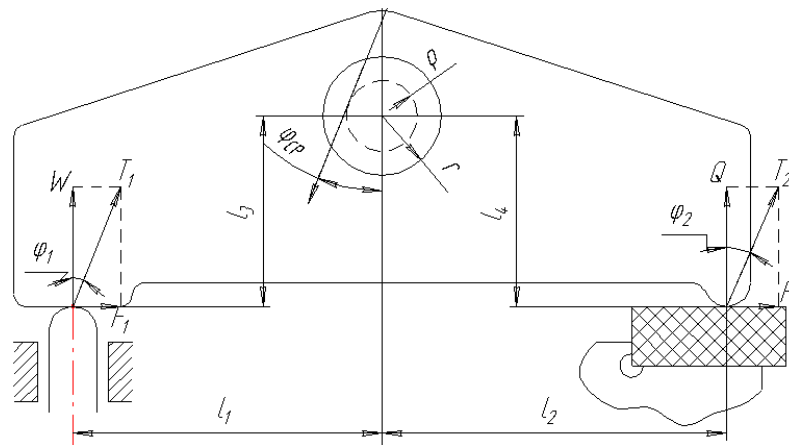


Рис. 4.11. Действие сил в прямом рычаге

$F_1; F_2$ – силы трения;

S – реакция в цапфе

ρ – плечо радиус круга трения

$$\varphi_{CP} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2};$$

$$S = T_1 + T_2;$$

$$\rho = r \cdot f;$$

$$T_1 = \frac{W}{\cos \varphi_1};$$

$$T_2 = \frac{Q}{\cos \varphi_2}; \quad S = \frac{W + Q}{\cos \varphi_{CP}};$$

Составим уравнение моментов относительно центра вращения

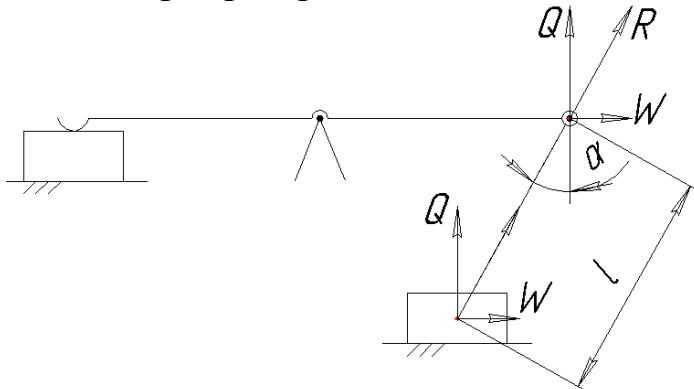
$$W \cdot l_1 - F_1 \cdot l_3 - S \cdot \rho - F_2 \cdot l_4 - Q \cdot l_2 = 0;$$

где $F_1 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1$; $F_2 = Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2$; подставим

$$W \cdot l_1 - W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot l_3 - Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot l_4 - \frac{W + Q}{\cos \varphi_{CP}} \cdot \rho - Q \cdot l_2 = 0;$$

$$\text{откуда } W = Q \cdot \frac{l_2 + l_4 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + \frac{\rho}{\cos \varphi_{CP}}}{l_1 - l_3 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{\rho}{\cos \varphi_{CP}}}; \quad (4.29)$$

Шарнирно-рычажные механизмы (схема действия сил)



$$C \cdot Q = W \cdot \frac{1}{\cos \alpha};$$

$$W = Q[\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi];$$

$$\beta = \arcsin \frac{2 \cdot r \cdot f}{l};$$

ход механизма

$$S_a \approx l \cdot (1 - \cos \alpha);$$

Рис. 4.12

Пружинные зажимные устройства

В пружинных зажимных механизмах элементом, преобразующим исходную силу привода W в силу зажима Q , является пружина. Пружины выбираются из числа нормализованных по требуемым Q и f .

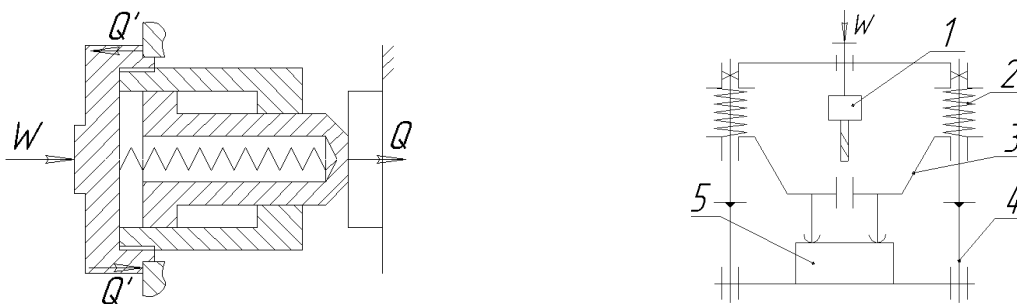


Рис. 4.13. Пружинные зажимы

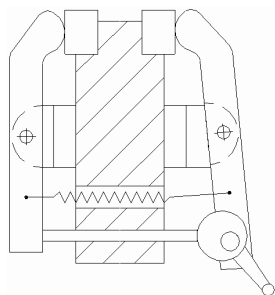
Достоинством пружинных зажимов является простота конструкции, стабильность зажима и возможность автоматизировать процесс зажима.

Множественные зажимные устройства

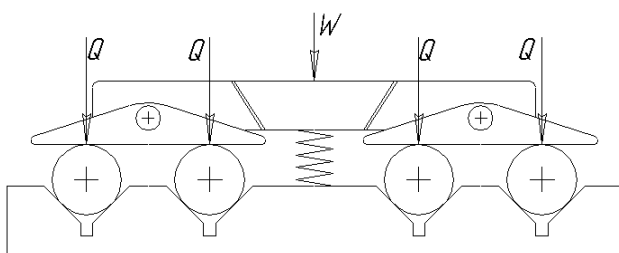
Приводятся в действие от одного силового источника и зажимают несколько деталей одновременно. Применение таких зажимов позволяет сократить вспомогательное время на операции.

Многократные зажимы распределяются на три группы:

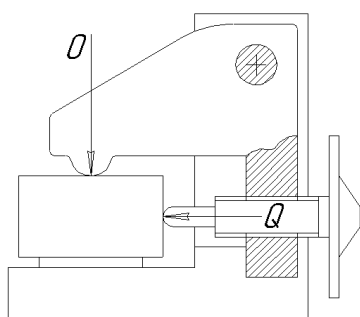
1. Последующего действия (передача W в одном направлении) от заготовки к заготовке (пакеты заготовок);
2. Параллельного действия (зажимающие детали в нескольких параллельных направлениях);
3. Со встречными силами зажима (перпендикулярного направления);
4. Комбинированные механизмы.



а)



б)



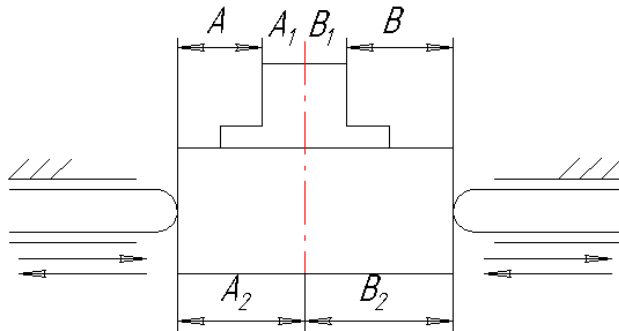
в)

Рис. 4.14. Многократные зажимы

5. УСТАНОВОЧНО–ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Выполняют функции установки и зажима.

Применяют для повышения точности положения координаты системы технологической базы относительно координаты системы прибора.



На работу такого механизма накладываются условия:

1. Разнонаправленность
2. Одновременность
3. Равная скорость

Рис. 5.1. Принцип действия механизма

Погрешность установки заготовки в самоцентрирующем приспособлении называют погрешностью центрирования, т.к. она появляется в виде несовпадения осей обработанной и базовой поверхности. Возникает она в результате неточности изготовления и износа деталей механизма самоцентрирования.

Классификация самоцентрирующих механизмов

Различаются по форме рабочей поверхности подвижных элементов и конструкцией механизма, обеспечивающего взаимосвязанное их движение.

По первому признаку – призматические и кулачковые механизмы.

По второму признаку – винтовые, реечно–зубчатые, клиновые, с упругими элементами.

Винтовые механизмы – самоцентрирующий патрон (погрешность центрирования 0,3–0,5 мм).

Реечно–зубчатые – используются в тисках для обеспечения встречного движения призм. Погрешность центрирования 0,3–0,5 мм.

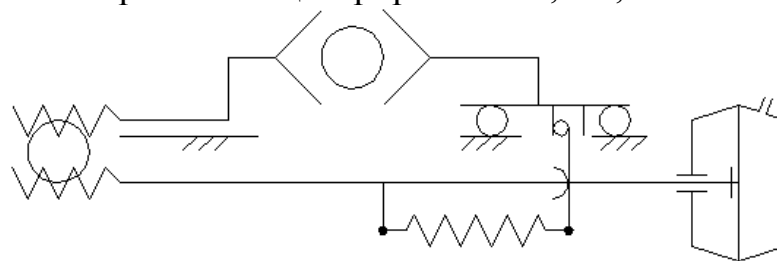
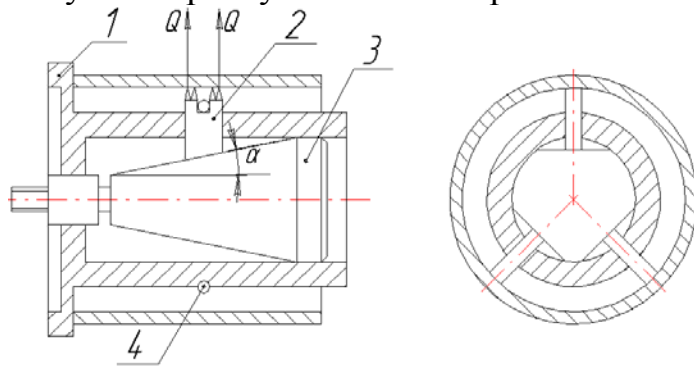


Рис 5.2. Схема реечно–зубчатого самоцентрирующего устройства

Большое распространение в качестве центрирующих устройств получили трехкулачковые патроны и клиноплунжерные механизмы.



- 1. – корпус;
- 2. – плунжер;
- 3. – тяга клин;
- 4. – пружина;

Рис 5.3. Трехкулачковые патроны

Погрешность центрирования клиноплунжерными механизмами 0,2–0,5 мм. Поэтому применяют на черновых операциях.

Клиношариковые механизмы

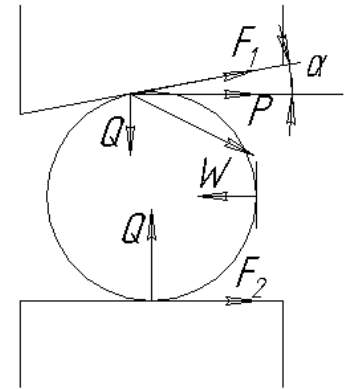
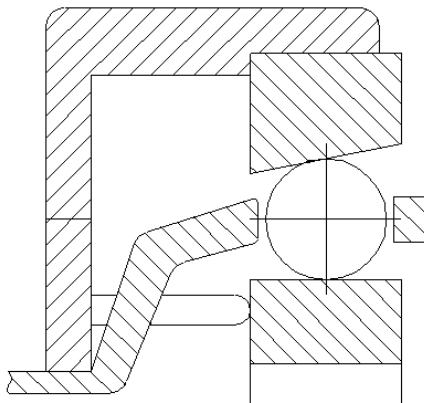
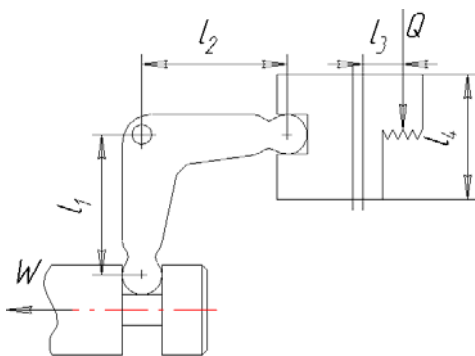


Рис. 5.4. Клиноплунжерные и клиношариковые механизмы.



Сила тяги

$$W = \frac{Q \cdot l_1}{l_2 \left(1 + \frac{3 \cdot l_3}{l_4} \cdot f_1 \right)} \cdot \eta; \quad (5.1)$$

Рис. 5.5

Механизмы с упругодеформированными элементами

Самоцентрирующие механизмы имеют бóльшую погрешность центрирования, вызванную бóльшим числом сопряжения деталей. И если

установочные элементы объединены в одну деталь и перемещаются в пределах упругости, то такой механизм обладает высокой точностью центрирования.

Это цанговые, мембранные и гидропластовые.

Цанги – это разрезные пружинные втулки, центрирующие заготовки по внутренним и наружным диаметрам. Погрешность центрирования 0,05–0,1 мм.

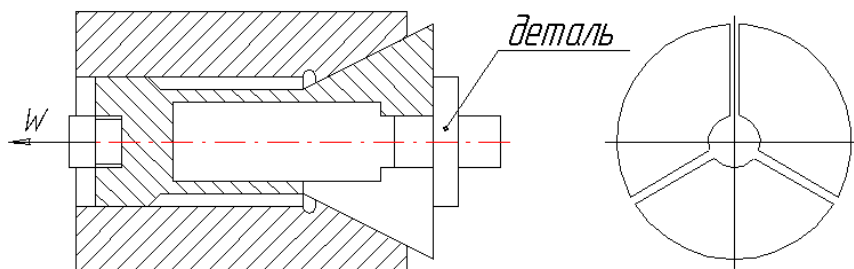


Рис. 5.6. Цанговые зажимные устройства

Материал цанги Сталь 65Г, 15ХА, 12ХН3А.

Перемещение лепестков происходит с одинаковой скоростью.

Деформация лепестка

$$y = \frac{Q \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J};$$

для всех лепестков $Q = \frac{3 \cdot E \cdot J}{l^3} \cdot y \cdot n;$

сила тяги будет равна

$$W = \left(Q + \frac{3 \cdot E \cdot J}{l^3} \cdot y \cdot n \right) \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]; \quad (5.2)$$

где y – угол цанги, n – количество лепестков, tg – угол трения.

Мембранные зажимные устройства

Применяют для центрирования по наружной и внутренней цилиндрической поверхности. Применяют мембраны трех основных видов: рожковые, чашечные, кольцевые. Погрешность центрирования 0,003–0,005 мм.

Осевая сила тяги W рассчитывается по формуле

$$0,75 \cdot W = Q \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta}; \quad (5.3)$$

где: β – угол наклона мембраны в деформированном состоянии ($\beta = 9 \div 12^\circ$).

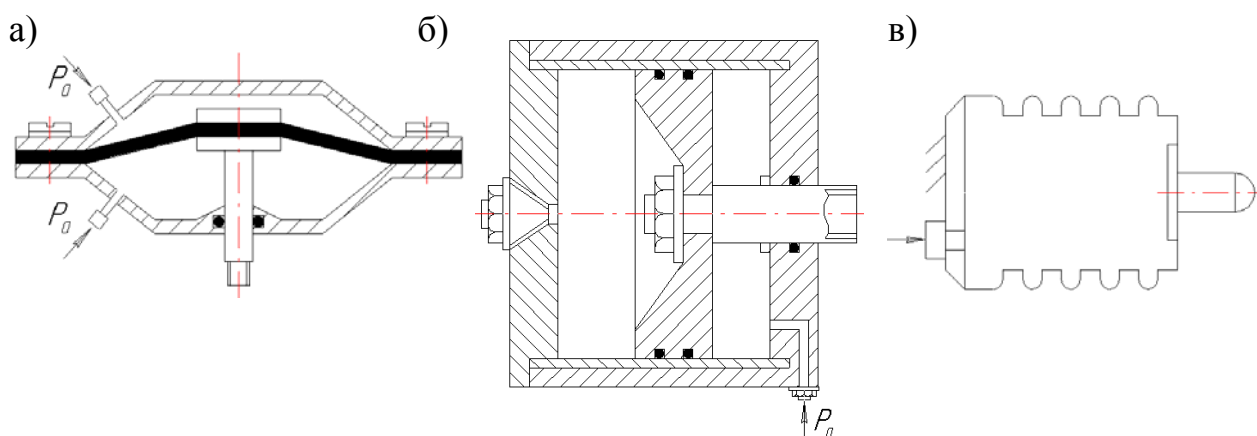
6. СИЛОВЫЕ ПРИВОДЫ

Основное назначение – создание исходной силы тяги W , необходимой для зажима заготовки. Кроме того, для автоматизации загрузки, выгрузки, поворота приспособлений, выключения станка и т.д.

Приводы классифицируются по виду преобразуемой энергии, в связи с этим используются пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические, электромагнитные, магнитные, вакуумные, центробежно-инерционные, от сил резания и от движущихся частей станка.

Пневмодвигатели бывают:

- поршневые;
- диафрагменные;
- сифоны.



Типы пневмодвигателей одностороннего действия

- а) – диафрагменные;
- б) – поршневые;
- в) – сифонные.

Сила на штоке цилиндра

$$W = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta - g; \quad (6.1)$$

где: ρ – давление кг/мм²;

D – диаметр поршня;

η – коэффициент = 0,97–0,98;

g – сила сопротивления (если есть пружина обратного хода).

В пневмопараметрах учитывается усилие на растяжение диафрагмы.

7. НАПРАВЛЯЮЩИЕ ДЛЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

Направляющими называются устройства, обеспечивающие с определенной точностью прямолинейное движение подвижного звена (ползуна, каретки, кулисы и т. д.)

Схемы и конструкции отличаются большим разнообразием и являются неотъемлемой частью конструкции прибора. Направление прямолинейного перемещения осуществляют по цилиндрическим и плоским поверхностям с трением скольжения, качения и с внутренним трением.

С трением скольжения - менее точны, менее плавный ход с усилием, но просты по конструкции.

С трением качения обеспечивают точное центрирование, плавный ход, но более сложны, нежели с трением скольжения. Направляющие с трением точны, но имеют малый ход.

Основной задачей при конструировании направляющих является правильный выбор конструкции, учитывающий следующие требования:

1. Точность направления;
2. Потери на трение;
3. Нечувствительность к изменению температуры;
4. Нагрузочная способность;
5. Износостойкость;
6. Экономичность.

Цилиндрические направляющие имеют дополнительные опорные поверхности от поворота оси (там где нужно).

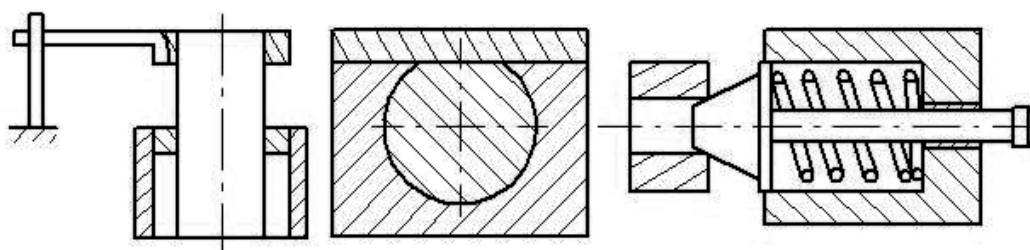


Рис. 7.1. Направляющие с трением скольжения

Направляющие с плоскими поверхностями

Способны воспринимать большие нагрузки, но величина трения в них больше, чем в цилиндрических направляющих.

Материал – чугун, сталь, бронза, латунь.

Достоинства. Простота регулировки зазора, винтами, планками, клиньями

$$P = \frac{N}{S} \leq [p] \quad [p] = 0.6..0.8 \text{ (сталь по стали)}$$

$$[p] = 0.4 \text{ (бронза по стали)}$$

На рис.7.2. представлены конструкции направляющих с трением скольжения.

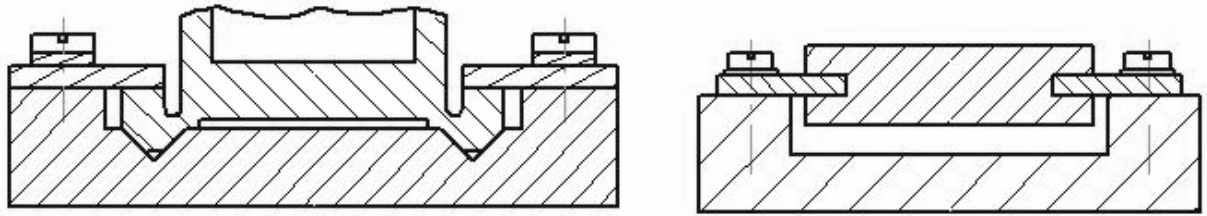


Рис. 7.2. Направляющие с трением скольжения

Детали направляющих подбирают с близкими коэффициентами линейного расширения. Поверхности притирают друг к другу.

Трение в направляющих зависит от их вида. Сила трения F равна $F = f_{TP} * Q$ (7.1),

где: $f_{TP} = 1,27f$ - для цилиндрических направляющих;

$f_{TP} = \frac{f}{\sin \alpha}$ - для призматических направляющих.

α - угол наклона поверхностей в призматических направляющих.

Условиями работы направляющих без заклинивания является:

1. Правильное соотношение между длиной направляющих L и расстоянием h между точкой приложения силы и направляющей считается тогда, когда: $\frac{h}{L} = \frac{1}{2 * \mu * k}$,

где μ - коэффициент трения скольжения.

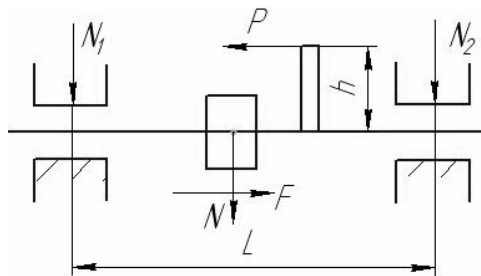


Рис. 7.3. Схема направляющей, движущая сила приложена на планке h

Условия незаклинивания $P \geq F = (N_1 + N_2) * \mu$, (7.2)

где P - движущая сила;

$$N_1 = N_2 = \frac{P * h}{L};$$

$k = 5$ - цилиндрическая;

$k = 10$ - ласточкин хвост.

Точность измерения в направляющих

При измерении в центрах влияние зазоров в направляющих приводит к погрешности измерения от смещения оси детали.

Δ - зазор в опорах;

l - длина детали;

L - длина опоры;

Δl - измерение длины объекта контроля.

$$\frac{\Delta}{L} = \Delta\beta \quad l = ? \quad \frac{l}{\Delta l} = \Delta\beta \quad l = \Delta l * \Delta\beta$$

П

$$\Delta = 0.5 \text{ мм} \quad L = 100 \text{ мм} \quad \Delta\beta = 0.005 \quad l = 0.01 \text{ мм} \quad \Delta l = 2 \text{ мм}$$

Смещение детали при перемещении опоры: $y = H \left[\frac{z}{b - (2T_{ц} + T_l)} - \frac{z}{b} \right]$

(7.3)

где: $T_{ц}$, T_l - допуск на длину и глубину центрального отверстия,

$$z = z_n + z_n;$$

b - координата опоры в корпусе .

Чаще всего установка вала производится на двух подшипниках, при этом наибольшее влияние на точность оказывает:

1. Смещение опор относительно друг друга.
2. Перекос вала в пределах величины зазора от действия нагрузки.
3. Вскатывание вала в подшипнике.

Смещение пар относительно друг друга

$$\gamma_c = \text{tg} \gamma_c = \frac{\Delta l}{L}$$

$$\delta_1 = \gamma_c * l_c \approx \frac{l_c}{L} * \Delta l$$

(7.4)

Конические опоры

В приборостроении применяются 2 типа опор:

- а) опоры с конической рабочей поверхностью;
- б) опоры на центрах (коническая цапфа и подпятник с цилиндрическим отверстием с зенковкой).

6.1 Конические опоры применяются для получения точного центрирования оси, которое далее, после некоторого износа деталей опоры не изменяется. Точность центрирования до 2 мкм.

Материал цапфы – У8А, У12А HRC=50..60

Материал втулки – бронза, латунь, сталь, то есть материалы с близкими коэффициентами линейного расширения.

При $\alpha < 2^\circ$ - происходит заклинивание.

Для точного центрирования $\alpha = 2^\circ..8^\circ$

Для обычного $\alpha = 8^\circ..15^\circ$

Конические опоры с разгрузочным устройством

Они воспринимают и радиальные, и осевые нагрузки.

Недостатки конических опор:

- сложность изготовления;
- индивидуальная подгонка;
- большой момент трения.

Достоинства:

- высокая степень центрирования;
- износ почти не влияет на погрешность центрирования;
- воспринимает значительные осевые и радиальные нагрузки.

Расчет опор с конической рабочей поверхностью ведется на ограничение удельного давления.

1) при радиальной нагрузке

$$P = \frac{Q}{0.5(d_1 + d_2)} \leq [\rho] \quad (7.5)$$

2) при осевой нагрузке

$$P = \frac{N}{\pi(d_1^2 + d_2^2)} \leq [\rho] \quad (7.6)$$

$[\rho] = 5 \text{ МПа}$

Момент трения в конических опорах определяется

1) при радиальной нагрузке

$$M_{TP} = 1,27\mu * r_{CP} * \frac{Q}{\cos \alpha} \quad (7.7)$$

где r_{CP} - радиус цапфы.

2) при осевой нагрузке

$$M_{TP} = 1,27\mu * \frac{d_{CP}}{2} * \frac{N}{\sin \alpha}$$

Направляющие с трением качения

Осуществляется посредством роликов или шариков. Форма направляющих может быть цилиндрической или плоской. Отличаются малыми усилиями на перемещение. Нечувствительны к колебаниям температуры.

Направляющие на шариках – компактны, обладают большой лёгкостью хода, хорошо воспринимают нагрузки разных направлений.

Для направляющих точных приборов отклонение контактной плоскости от прямолинейности не должно превышать 5 мкм.

Рабочая длина направляющих должна быть больше расстояния L между крайними шариками на величину максимального перемещения S плюс некоторый запас l .



Рис. 7.4. Направляющая на шариках

Сила перемещения каретки находится из выражения

$$R = \frac{K}{r_{ш} \sin \beta} [2F_z + Q(\frac{\cos \alpha}{\sin \beta} + \frac{\sin \alpha}{\cos \beta})] \quad (7.8)$$

где: K – коэффициент трения качения;

F – сила натяга при сборке (30..40 Н);

β - половина угла профиля (45°);

α - сила под углом;

$r_{ш}$ - радиус шарика.

Трение в шариковых направляющих

$$P = P_0 + \frac{2K}{d} * Q \quad (7.9)$$

где: P_0 - сила трения в направляющих при отсутствии нагрузки;

d - диаметр шарика;

K - коэффициент трения качения.

Расчет направляющих для прямолинейного движения производится по ограничению удельных давлений для направляющих, где имеет место контакт по поверхности, и по ограничению контактных напряжений, где имеет место контакт по линиям.

В первом случае:

$$P = \frac{Q}{S} \leq [\rho], \quad (7.10)$$

где $[\rho] = 0.3..0.8 \text{ МПа}$

Направляющие с внутренним трением

Направляющие на плоских пружинах обеспечивают весьма точную прямолинейность направления в горизонтальной плоскости. Величина перемещения 25-50 мм и точность 0,2..0,5 мкм. Основным элементом направляющей с внутренним трением является плоская пружина в виде стальной закаленной ленты толщиной от 0,5..1,5 мм.

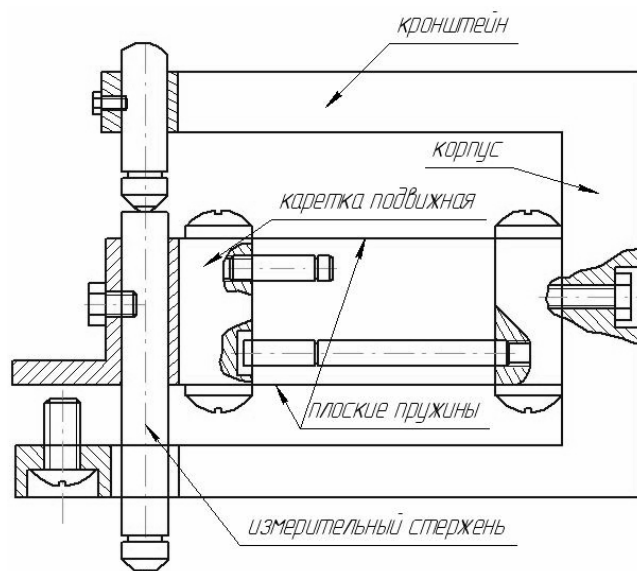


Рис. 7.5. Направляющая с внутренним трением

Расчет плоской пружины

P – наибольшая допустимая нагрузка

$$P = \frac{bh^2}{6l} * [\sigma_{II}] \quad (7.11)$$

где $[\sigma_{II}] = 785 \frac{H}{м}$;

h - толщина пружины; $h = 0,3 мм$

b - ширина пружины; $b = 15 мм$

l - длина пружины; $l = 40 мм$

Для данной пружины подходит сталь марки: ст 60.

λ - линейное перемещение, мм

$$\lambda = \frac{4l^3}{bh^3} \frac{P}{E}, \quad E = 204 ГПа \quad (7.12)$$

Исследование точности

Для обеспечения высокой точности перемещения обязательным является условие жёстких сторон A_1 и A_2 и равенства упругих сторон B_3 и B_4

В случае неравенства жёстких сторон $\Delta A = A_1 - A_2$, угол перекоса определяется по формуле:

$$\gamma = 12 \frac{\Delta A}{AB} x \quad (7.13)$$

где x – перемещение измерительной головки из начального положения, соответствующего недеформированным пружинам.

В случае неравенства упругих сторон $\Delta B = B_3 - B_4$, $\gamma = 0,6 \frac{\Delta B}{AB^2} x^2$

Перекося измерительного стержня $\Delta x = \frac{M}{2} \gamma^2$.

8. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Общая характеристика опор

Опоры предназначены для восприятия радиальной или комбинированной нагрузки (радиальной осевой). По характеру взаимодействия элементов опоры делятся на три основных группы:

- опоры трения скольжения;
- опоры качения;
- специальные (с упругими элементами).

Выбор того или иного типа опор определяется условиями работы, точностью, экономичностью и долговечностью.

В измерительных устройствах к опорам предъявляются основные требования – это обеспечение точности передаваемой функции для измерительных рычагов и обеспечения точности вращения контролируемой детали.

Опоры скольжения применяют в системах точной механики в целях получения простых и малогабаритных конструкций. Выбор и разработка опор скольжения зависит от условий работы – нагрузки, частоты вращения, трения. Материалами таких опор служат латуни марки ЛС-59-IT, Л63, бронзы БР ОЦСУ-4-2, а также синтетические материалы.

Расчет опор скольжения

Размеры опоры определяют из условий прочности, износостойкости и по ограничению момента трения. При нагружении опоры радиальной силой F_r условие прочности цапфы имеет вид:

$$\sigma_{II} = \frac{F_r * l/2}{0.1d^3} \leq [\sigma_{-1}] \quad (8.1)$$

Удельное давление $P = \frac{F_r}{dl} \leq [\rho]$, тогда $d = \sqrt[3]{\frac{F_r^2}{0.1[\rho][\sigma_{-1}]}}$

Момент трения вычисляется по формуле $M_{TP} = \frac{4}{\pi} \mu F_r \frac{d}{2}$ (8.2)

Опоры на центрах используются в приборах, когда необходимо получить малый момент трения, а валики воспринимают небольшую нагрузку (до 20 Н). Момент сил трения будет равен:

$$M_f = 0.5df\pi \frac{F_r}{4 \cos \alpha} \quad (8.3)$$

Для получения малого момента трения также используют опоры на шариках и на керне.

Опоры качения

Наиболее распространённый и наиболее применяемый вид опор в передаточных механизмах приборов. Обладает малым сопротивлением

вращению. Выбор типа подшипника обусловлен видом и размером нагрузки, частотой вращения. Применяют радиальные, радиально-упорные, сферические самоустанавливающиеся, роликовые и упорные подшипники. Выбор и расчет подшипников качения полно освещен в литературе и справочниках конструктора.

Упругие опоры (опоры с внутренним трением)

Данный вид опор незаменим в измерительных рычагах устройств, когда поворот рычага незначителен. Материалом служит в основном сталь ст65Г, обладающая упругими свойствами и большой твердостью.

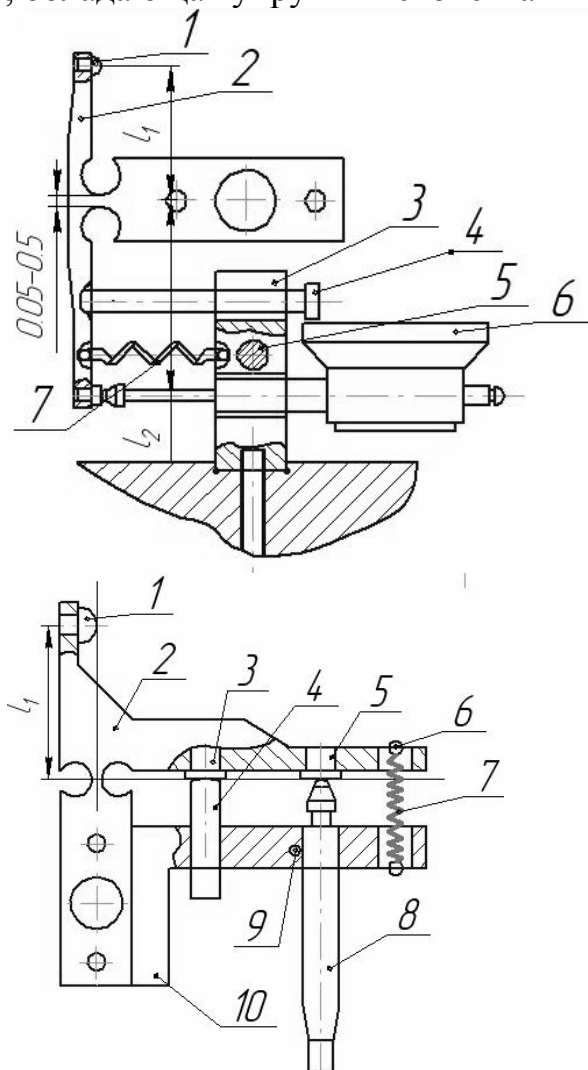


Рис. 8.1. Конструкции измерительных рычагов в измерительных устройствах

На рис. 8.1 представлена конструкция измерительного рычага с опорой, выполненной заодно с рычагом. Данная конструкция не имеет дополнительных деталей крепления и фиксации плоских пружин.

Это обстоятельство делает рычаг не имеющим погрешности в пределах измерительной информации, если при этом соблюдено условие, когда точка поворота находится на линии измерения и отсчета. На рис 8.3 представлена конструкция сборного измерительного рычага с плоской пружиной 3,

которая крепится накладками 2. Величина l должна выбираться из условий поворота рычага и находится в пределах 1..10 мм. Необходимое условие конструирования таких рычагов в конструкции должен быть предусмотрен механизм защиты от поломки плоской пружины. В представленных конструкциях это элементы 4 и 5, и жесткое фиксирование штифтами плоской пружины, обеспечение перпендикулярности расположения кромок накладок к оси рычага и совмещение кромок накладок с корпусом рычага (рис. 8.2). Кромки рычага и накладок не притуплять.

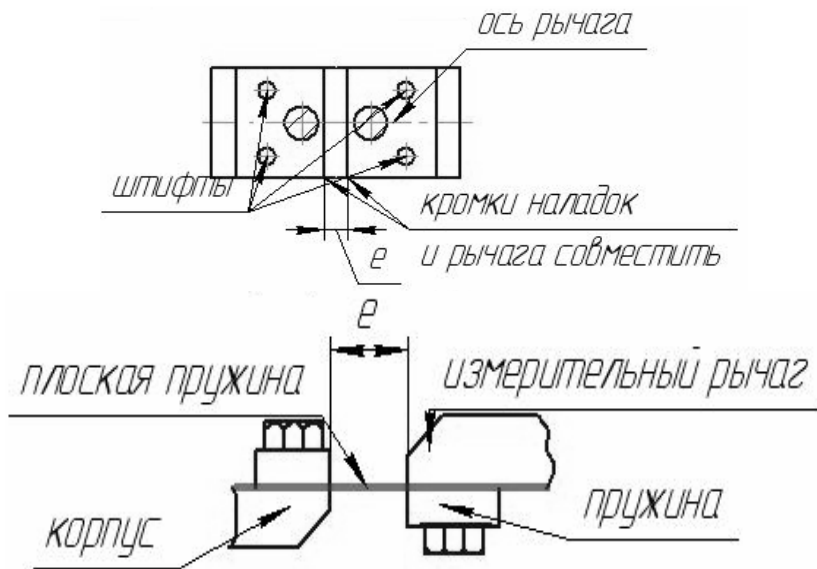


Рис. 8.2. Обеспечение условий сборки измерительного рычага

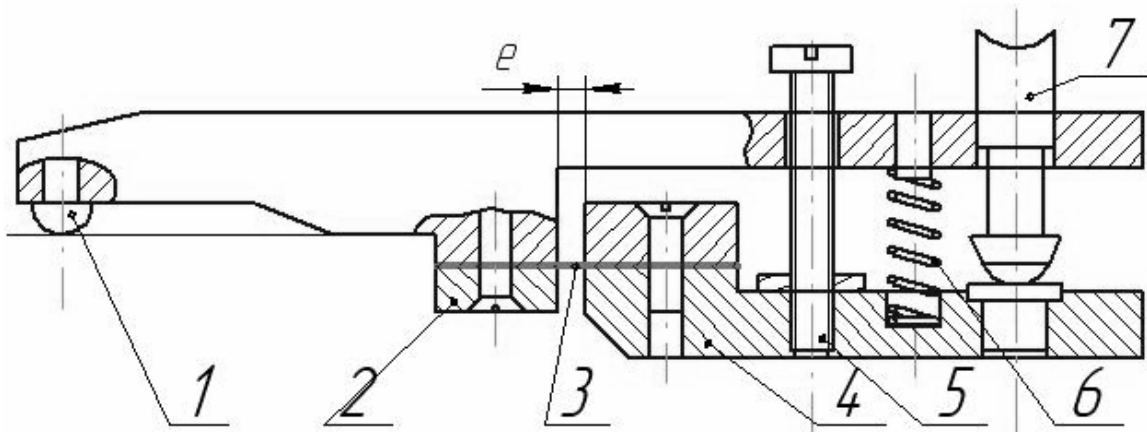


Рис. 8.3. Измерительный рычаг на плоской пружине

9. ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

При конструировании нестандартизованных средств измерений, приборов и систем отсчетные устройства и преобразователи выбираются из числа стандартных механизмов. Выбор осуществляется с учетом большого количества факторов: метрологических, экономических, функционального назначения изделия, объема производства.

Выбор по метрологическим показателям: при выборе производится анализ основных метрологических показателей: цены деления, диапазона показаний, пределов измерений, погрешности измерения. Особое внимание обращают на точность. Следует отметить, что погрешность измерения выбранных отсчетных устройств зависит от способа измерения и ряда других причин.

Выбор точности отсчетного прибора и первичного преобразователя как кратной доли от допуска детали является принципиально неверной. Такое соотношение можно применить лишь к суммарной погрешности измерения.

Выбор по экономическим соображениям: основной критерий выбора – это экономическая целесообразность, к которой относятся: стоимость, продолжительность работы, время на измерение, квалификация контролера, производительность измерения и объема выпуска изделий, то есть от вида производства.

Выбор от функционального назначения контролируемой детали. Выбор средств измерений должен согласован с функциональным назначением изделия, со схемой и методом измерения. Контроль тонкостенных деталей и изделий из легких сплавов предпочтительно осуществлять бесконтактным методом или с малыми измерительными усилиями. При большом количестве контролируемых параметров рекомендуется применять многомерные отсчетные устройства или контрольные приспособления.

10. РАЗРАБОТКА МЕТОДИК И УСТРОЙСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Форма наружной поверхности цилиндрических деталей, обрабатываемых в центрах станка, зависит от характера прецессии ее оси, обусловленной наличием погрешностей расположения центров станка и центровых отверстий детали, а также отклонений их формы. Величина отклонения формы обработанной поверхности, взаимосвязана с угловым расположением плоскости прецессии оси вращения детали, которая обусловлена перекосом осей центровых отверстий или их отклонением от соосности. На практике отклонение от соосности центровых отверстий, их перекося не проверяется, в виду отсутствия средств измерений для этих целей. В этой связи разработка измерительных приспособлений для определения отклонения от соосности становится крайне необходимой, поскольку, величина несоосности центров в процессе эксплуатации станка систематически изменяется в связи с износом в соединении пиноль-корпус и может значительно превышать допустимые значения.

В этой связи необходимо периодически проверять отклонение от соосности, как центров, так и центровых отверстий, поскольку значение данного параметра может быть свыше допустимого и оказывает существенное влияние на точность обработки в центрах, существующая проверка отклонения от соосности, согласно ГОСТ 11654-72, проводится при ремонте станка, т.е. через большие периоды его работы.

Методика проектирования нестандартизованных средств измерения

Конструкцию специального устройства для контроля разрабатывают в два основных этапа: проектирование и конструирование.

На первом этапе обосновывают и выбирают отдельные элементы измерительного устройства. Определяют экономическую целесообразность разработки возможных вариантов конструкций. Конструктор должен иметь все необходимые для проектирования: чертёж детали с техническими требованиями. Должен иметь сведения о технологическом процессе изготовления, о точности станка, технологических приспособлениях, режимах резания, допусках и т.д.

Предлагаемый способ целесообразно использовать при периодической проверке геометрической точности всех станков, приборов и контрольных приспособлений, имеющих центра, а также центровальных станков с целью регулировки положения центровальных бабок с центрами.

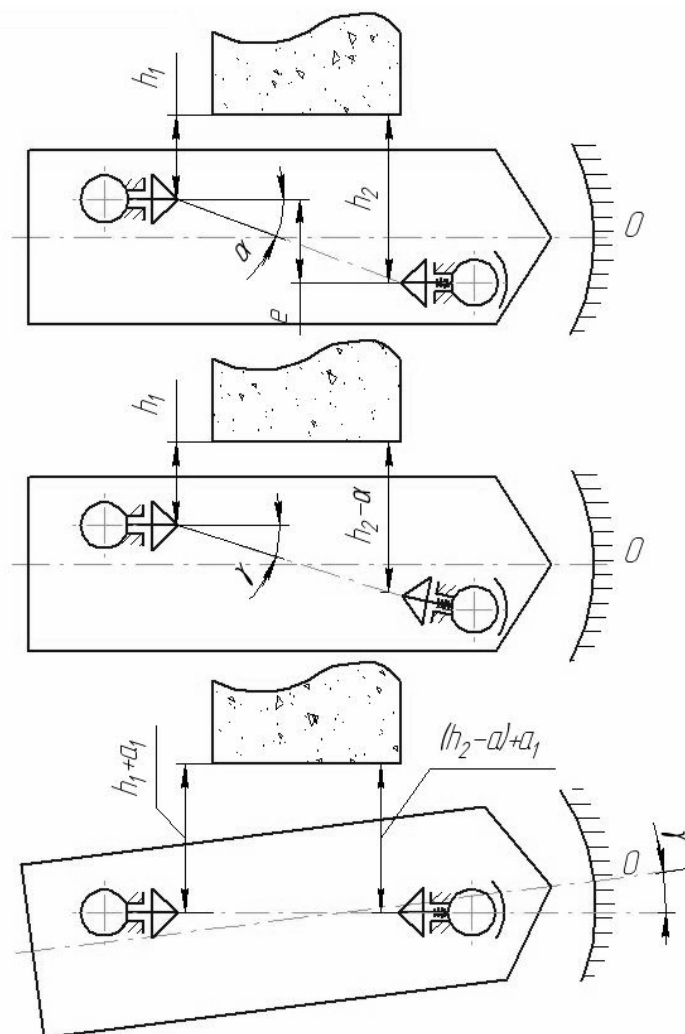


Рис. 10.1. Схема регулировки положения задней бабки и стола станка

Разработка методов и устройств повышающих точность контроля и обработки в центрах

Известно, что зазоры в соединении корпус-пиноль задней бабки, в сочетании с колебанием вылета подвижного центра приводят к образованию погрешности обрабатываемой поверхности в продольном сечении в виду нестабильности положения оси деталей разной длины при их установке в центра. Однако смещение оси деталей может происходить не только от этих причин. На ее смещение влияет также несоосность осей центров станка в пространстве, а также несоосность осей центровых отверстий самой детали и действию сил резания, которые вызывают значительное изменение параметров геометрической точности станка. В этой связи разработанные методики и способы проверки соосности осей центровых отверстий и центров станка дают возможность оценить влияние величин первичных погрешностей на точность контроля и обработки. Благодаря определению величины отклонения от соосности центров оказалось возможным произвести регулировку бабки с подвижным центром, добиваясь

такого положения центра, при котором показания индикатора при смене оправок оставались неизменными. Затем поворотом стола станка установить режущую поверхность шлифовального круга параллельно общей оси центров (рис 10.1). Внедрение метода позволило значительно снизить конусообразность обработанных поверхностей.

При обработке в центрах станка конусообразность возникает в том случае, если ось вращения детали и режущая поверхность шлифовального круга не параллельны. Оси деталей при установке в центрах могут занимать различные положения в пространстве из-за перекоса направления перемещения пиноли с центром относительно общей оси центров. Но по ГОСТу этот перекос не проверяется.

Определить величину перекоса линии перемещения пиноли с центром, а затем и ожидаемую погрешность формы можно по результатам измерения двух деталей, обработанных на круглошлифовальном станке методом врезания. Обработка этих деталей должна производиться с одинаковыми режимами резания и обязательным выхаживанием для того, чтобы исключить влияние силовых деформаций на результат измерения. Детали, предназначенные для измерения, должны отличаться по длине для того, чтобы вызвать изменение вылета подвижного центра и, соответственно, смещение оси детали при наличии отклонения от соосности центров станка.

На рис. 10.1 показана схема образования конусообразности, если имеется перекос линии перемещения подвижного центра. При этом может быть несколько случаев, когда обработанные детали будут иметь либо положительное, либо отрицательное значение конусообразности. Положительной (прямой) конусообразности соответствует положительная разность между диаметрами левого и правого сечений цилиндрической поверхности, т.е. диаметр левого сечения больше диаметра правого. Сечения определяются в соответствии с положением детали в центрах при обработке: левое сечение - у неподвижного центра (переднего), правое - у подвижного центра. Отрицательной (обратной) конусообразности соответствует отрицательная разность между диаметрами левого и правого сечений, т.е. диаметр левого сечений меньше диаметра правого.

На рисунке первая деталь (длинная) имеет положительную конусообразность, вторая деталь (короткая) - отрицательную. Через D_1, D_2 обозначены диаметры длинной и короткой деталей в крайнем сечении у неподвижного центра, через d_1, d_2 - диаметры длинной и короткой деталей у неподвижного центра. $\Delta\chi_1, \Delta\chi_2$ - конусообразность деталей:

$$+\Delta\chi_1 = \frac{D_1 - d_1}{2}; \quad -\Delta\chi_2 = \frac{D_2 - d_2}{2} \quad (10.1)$$

L_1, L_2 - длина деталей, длинной и короткой соответственно.

Величина перекоса линии перемещения подвижного центра её будет равна

$$e = L_2 \sin(\Delta\gamma + \Delta\beta)$$

$$\text{Тогда } e = \frac{[+\Delta k_1] * L_2}{L_1} - |\Delta k_2| \quad (10.2)$$

или

$$e = \frac{(D_1 - d_1) * L_2}{2L_1} - \frac{D_2 - d_2}{2} \quad (10.3)$$

Второй случай – обе детали имеют положительную конусообразность

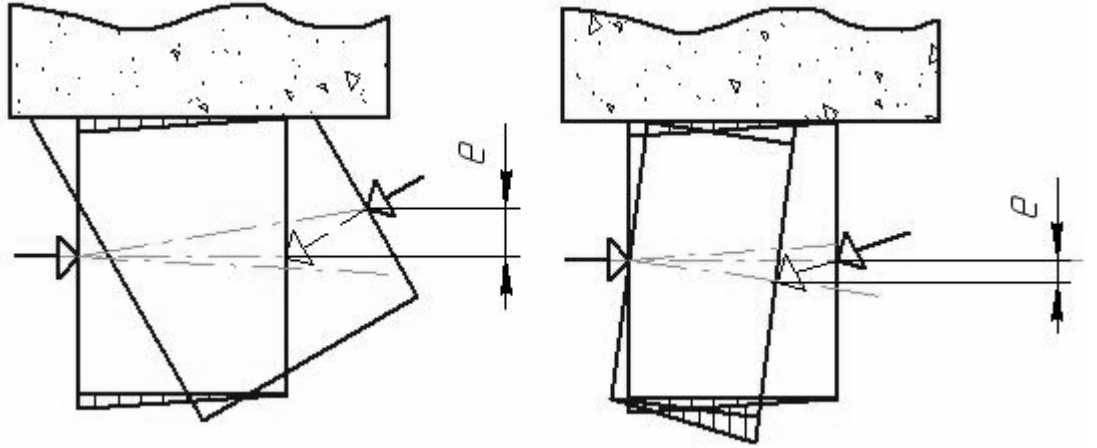


Рис. 10.2. Схема образования положительной и отрицательной конусообразности

Третий случай – обе детали имеют отрицательную конусообразность (рис.10.3)

$$-\Delta k_1 = \frac{D_1 - d_1}{2} \quad -\Delta k_2 = \frac{D_2 - d_2}{2} \quad (10.4)$$

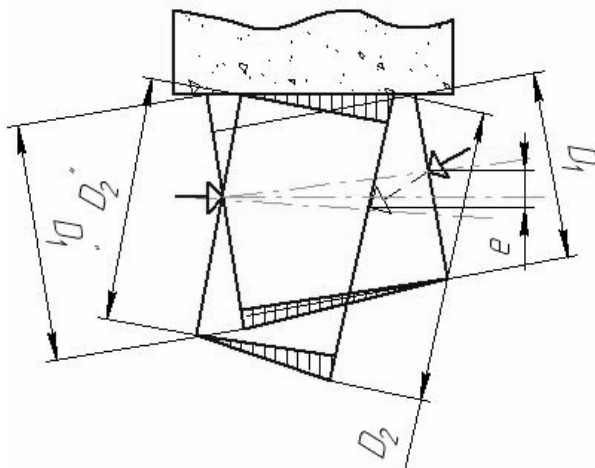


Рис. 10.3. Величина перекоса $e = L2(\Delta\gamma - \Delta\beta)$

и окончательно

$$e = \frac{(D_2 - d_2) * L_2}{2} - \frac{(D_1 - d_1)L_2}{2L_1} \quad (10.5)$$

В таблице представлены формулы для расчета отклонений от соосности для всех возможных случаев. Зная величину отклонения от соосности, можно рассчитать ожидаемую погрешность формы в продольном сечении (конусообразность) для деталей, которые будут обрабатываться на данном станке:

$$\Delta\phi = 2 \frac{\Delta l * e}{\Delta L}, \quad (10.6)$$

где $\Delta\phi$ - ожидаемая погрешность;

Δe - максимальное колебание вылета подвижного центра;

e - расчетная величина перекоса;

ΔL - перемещение подвижного центра, на котором рассчитан перекос.

Таблица

№ п/п	Знак конусности деталей		Соотношение диаметров деталей		Отклонение от соосности e
	первой	второй	первой	второй	
1	+	-	$D_1 > d_1$	$D_2 < d_2$	$e = \frac{(D_1 - d_1)L_2}{2L_1} - \frac{(D_2 - d_2)}{2}$
2	+	+	$D_1 > d_1$	$D_2 > d_2$	$e = \frac{(D_1 - d_1)L_2}{2L_1} - \frac{(D_2 - d_2)}{2}$
3	-	-	$D_1 < d_1$	$D_2 = d_2$	$e = \frac{(D_2 - d_2)}{2} - \frac{(D_1 - d_1)L_2}{2L_1}$
4	-	+	$D_1 < d_1$	$D_2 > d_2$	$e = \frac{(D_2 - d_2)}{2} - \frac{(D_1 - d_1)L_2}{2L_1}$
5	0	+	$D_1 = d_1$	$D_2 > d_2$	$e = \frac{(D_2 - d_2)}{2}$

Метод определения отклонения от соосности с помощью двух оправок.

Если отклонение от соосности превосходит допустимые значения, то необходимо уменьшить величину перекоса центров. Однако уменьшить ее простой регулировкой (поворотом) стола станка не удастся. Для обеспечения совпадения направления перемещения пиноли с центром с осью вращения детали необходимы дополнительные перемещения бабок станка для осуществления полной регулировки. Чтобы произвести такую регулировку, нужно знать величину перекоса направления перемещения пиноли с центром. Для осуществления данной регулировки рассмотрим метод и устройство проверки перекоса центров станка».

Сущность метода заключается в том, что при определении перекоса используются две эталонные оправки (рис. 10.2) с цилиндрической измерительной поверхностью. Оправки 1,2 имеют одинаковый диаметр но разную длину, аттестованы по диаметру и длине. На неподвижной части станка укрепляют стойку с индикатором 5. Измерительный наконечник индикатора касается измерительных поверхностей оправок и направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

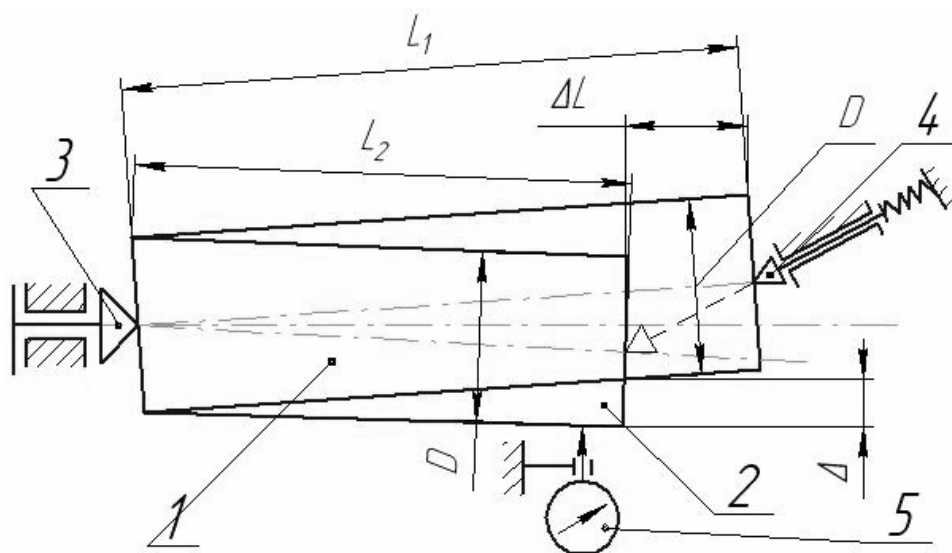


Рис. 10.4. Схема измерения от соосности

Оправки разной длины поочередно устанавливаются в центра 4.3 и, поскольку, длина их разная, то вылет подвижного центра 4 с пинолью будет изменяться на величину разности оправок ΔL . При установке оправок в центра фиксируется показания индикатора 5. Перекос направления перемещения заднего центра к оси вращения детали определяют при этом как разность показаний индикатора. Измерение производят в двух плоскостях - горизонтальной и вертикальной для определения погрешности при обработке в центрах. Таким образом, для осуществления периодических проверок и в частности отклонения от соосности центров станка разработан измерительное устройство, позволяющее определить отклонение от соосности центров станка с высокой точностью не требуя больших затрат и времени на операцию измерения. Данное устройство возможно использовать для измерения отклонения от соосности всех станков и приборов имеющих центра.

Выбор линии измерения и контролируемого сечения, при активном контроле на круглошлифовальных станках

Повышение точности обработки при активном контроле можно осуществить за счет рационального выбора линии измерения. При активном контроле на круглошлифовальных станках наряду с трех- и двухдетекторными применяют однодетекторные приборы, вследствие их простоты, надежности и способности контролировать геометрическую форму детали в процессе обработки. Как уже отмечалось, погрешность схемы измерения однодетекторных приборов зависит от смещения оси детали относительно прибора под действием сил резания, вследствие упругих деформаций, наличия зазоров в задней и передней бабках. Однако, если направление смещения оси детали может быть точно установлено, то точность измерения одноконтными приборами можно значительно повысить путем совмещения линии измерения с плоскостью, перпендикулярной вектору смещения. Погрешность измерения в этом случае является величиной второго

порядка и при смещениях оси детали в тангенциальном направлении в пределах 15 мкм не превышает 0,3 мкм.

Направление вектора смещения 5 оси вращения детали определяется вектором результирующей силы резания P . В практике исследования сил резания установилось разделение результирующей силы на радиальную P_r и тангенциальную P_z составляющие. Поэтому направление смещения оси вращения детали можно найти из выражения:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{P_r}{P_z} \quad (10.7)$$

где: α - угол между направлением действия результирующей силы и радиальной составляющей силы резания.

Таким образом, направление смещения оси детали, в основном, зависит от отношения радиальной и тангенциальной составляющих сил резания – получившего название коэффициента шлифования S . Величина коэффициента шлифования не остается постоянной даже при одних и тех же режимах резания из-за затупления шлифовального круга. Различная зависимость составляющих сил резания от изменения скорости шлифования, величины подачи шлифовального круга, глубины резания приводят к тому, что величина коэффициента шлифования S может колебаться в пределах 1,5..3

Это значит, что угол вектора смещения сил вращения детали может изменяться и составлять $17^\circ \dots 32^\circ$. Если среднее значение этого угла выдержать в схеме прибора, то возможное отклонение угла составит $\Delta \alpha = \pm 7^\circ 30'$, а погрешность измерения Δ можно определить по формуле:

$$\Delta = \delta g \Delta \alpha \quad (10.8)$$

где δ - модуль вектора смещения.

При смещении $\delta = 15$ мкм изменение угла на $\pm 7^\circ 30'$ погрешность измерения 2 мкм.

Таким образом, для снижения влияния силовых деформаций на точность показаний одноконтактных приборов активного контроля линию измерения следует располагать так, чтобы она составляла угол 20° к вертикальной оси, что, примерно, обеспечивает перпендикулярность линии измерения к вектору смещения оси вращения детали. При этом в конструкции прибора необходимо предусматривать механизм для регулирования угла наклона линии измерения в пределах $\pm 5^\circ$.

Таким образом, выбор линии измерения согласно предложенного метода позволяет повысить точность схемы измерения за счет исключения влияния силовых деформаций системы на результат измерения.

Выбор контролируемого сечения

Применение приборов активного контроля размеров при круглом шлифовании врезанием может обеспечивать обработку с большим резервом точности, который достигает 70. . 80% поля допуска. Такой резерв означает, что рассеивание размеров обработанных деталей укладывается в 20. ... 30%

поля допуска. Это говорит об эффективности активного контроля. Однако этот резерв точности относится только к контролируемому сечению, а на всей длине обрабатываемой поверхности от него остается 10% и меньше. Анализ точности объекта контроля показывает, что значительную долю погрешности обработки составляют отклонения формы, которые и снижают резерв технологической точности.

При обработке на станке с прибором активного контроля существенно влияние на погрешность обработки оказывает положение контролируемого сечения. Как правило, его выбор определяется удобством установки прибора на станке и в результате контролируемое сечение располагается на любом из участков длины обрабатываемой поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горобец, А.И. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы) [Текст] / А.И. Горобец. – Киев: Техника, 1985. - 312 с.
2. Краткий справочник конструктора РЭА [Текст] / под ред. Р.Г. Варламова. – М.: Сов. радио, 1972.
3. Варламов, Р.Г. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / Р.Г. Варламов. – М.: Сов. радио, 1975. – 352 с.
4. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: учебник для радиотехнич. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990 – 432 с.
5. Конструирование радиоэлектронных средств [Текст]: учебник для вузов / В.Б. Пестряков, Г.Я. Аболтинь-Аболинь, Б.Г. Гаврилов, В.В. Шерстнев; под ред. В.Б. Пестрякова. – М.: Радио и связь, 1992. – 432 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Закрепление сведений о принципах и задачах конструирования в приборостроении.....	7
2. Особенности конструирования измерительных устройств и контрольных приспособлений деталей. Методика и правила конструирования	7
3. Материалы в приборостроении при конструировании приборов	17
4. Зажимные механизмы измерительных устройств и их классификация.....	18
5. Установочно–зажимные механизмы.....	32
6. Силовые приводы.....	35
7. Направляющие для прямолинейного движения.....	35
8. Конструирование и выбор опор измерительных устройств.....	42
9. Выбор измерительных устройств преобразователей	45
10. Разработка методик и устройств технологических контрольных приспособлений для повышения точности измерения деталей типа тел вращения.....	46
Библиографический список.....	53

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Основы проектирования приборов и систем» для студентов направления 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») для всех форм обучения

Составители: Астахов Николай Владимирович,
Башкиров Алексей Викторович

В авторской редакции

Компьютерный набор А.В. Башкиров

Подписано к изданию 18.11.2014.
Уч.- изд. л. 6,9.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14