

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы»

В.Г. Лысенко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Учебное пособие
для студентов специальности
1-54 01 01 «Метрология, стандартизация и сертификация (по направлениям)»

Учебное электронное издание

М и н с к 2 0 0 9

УДК 681.2.001.63 (075.8)

ББК 34.9я7

Л 88

А в т о р :

В.Г. Лысенко, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ, кандидат технических наук, доцент

Р е ц е н з е н т ы :

В.Л. Гуревич, директор Белорусского государственного института стандартизации и сертификации;

К.В. Сашко, доцент кафедры «Соппротивление материалов и детали машин» Белорусского государственного аграрного технического университета, кандидат технических наук

Учебное пособие содержит данные о порядке выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование контрольных приспособлений». Материалы, приведенные в пособии, могут быть использованы для самостоятельной работы студентов как дневного, так и заочного отделений высших учебных заведений. Издание 2-е, исправленное и дополненное.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 293-91-97 факс (017) 292-91-37

<http://www.smis-bntu.com>

Регистрационный № БНТУ/ПСФ81 – 7.2009

© БНТУ, 2009

© Лысенко В.Г., 2009

© Лысенко В.Г., компьютерный
дизайн, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Часть 1.....	10
1.1 ОБЪЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ	10
1.1.1 Процесс проектирования. Основные понятия.....	10
1.1.2 Проектные операции	12
1.1.3 Цель проектирования	15
1.1.4 Виды изделия	16
1.1.5 Этапы проектирования.....	17
1.2 ФОРМИРОВАНИЕ ИДЕИ.....	20
1.2.1 Логические принципы формирования идеи	22
1.2.2 Методы интенсификации процесса формирования идеи.....	29
1.2.3 Алгоритм решений изобретательских задач (АРИЗ).....	34
1.2.4 Разрешение технических противоречий	36
Часть 2.....	40
2.1 ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ.....	40
2.2 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ	42
2.3 ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА ЗА СЧЕТ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ.....	44
Часть 3.....	49
3.1 КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	49
3.1.1 Устройства и элементы контрольного приспособления	49
3.1.2 Составление схемы (условные обозначения)	51
3.2 БАЗИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ	55
3.2.1 Классификация опор	55
3.2.2 Установка по плоскости	56
3.2.3 Базирующие элементы цилиндрических деталей	60
3.3 УСТАНОВКА ПО НАРУЖНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ	63
3.3.1 Установка детали на призму	63
3.3.2 Контроль диаметра детали в призме	67
3.3.3 Базирование цилиндрических деталей в центрах	68
3.3.4 Конструкции центров.....	72
3.3.5 Базирование деталей по внутренней цилиндрической поверхности	76
3.4 ФИКСИРУЮЩИЕ И ПОЗИЦИОНИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА	79
3.4.1 Фиксирующие устройства.....	79
3.4.2 Фиксация измерительных приборов	81

Часть 4.....	83
4.1 УСТРОЙСТВА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ.....	83
4.1.1 Направляющие прямолинейного движения	83
4.1.2 Общие сведения о направляющих скольжения.....	84
4.1.3 Конструкции направляющих с трением скольжения	85
4.1.4 Призматические направляющие	88
4.1.5 Выбор материалов направляющих	93
4.1.6 Примеры конструирования элементов направляющих.....	94
4.1.7 Направляющие качения	95
4.1.7.1 Виды направляющих качения.....	96
4.1.7.2 Расчет направляющих.....	97
4.1.8 Упругие направляющие	100
4.1.8.1 Упругие направляющие для прямолинейного движения	103
4.2 ОПОРЫ ПРИБОРОВ	105
4.2.1 Упругие опоры для вращательного движения	106
4.2.1.1 Ленточный шарнир	109
4.2.1.2 Крестообразный пружинный шарнир.....	110
4.2.2 Опоры скольжения на центрах.....	111
4.2.3 Ножевые опоры.....	112
4.2.4 Опоры на кернах.....	114
Часть 5.....	116
5.1 ПЕРЕДАТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ	116
5.1.1 Прямая и рычажная передачи	116
5.1.2 Правила конструирования рычажных передач	119
Часть 6.....	122
6.1 ЭЛЕМЕНТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ, ПИП.....	122
6.1.1 Фиксирование индикатора	122
6.1.2 Элементы позиционирования	123
Часть 7.....	125
7.1 ПРОЕКТИРОВОЧНЫЕ И ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ	125
7.2. КОНТРОЛЬ ПОЛНОГО РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦОВОГО БИЕНИЙ.....	126
7.2.1 Оценка погрешностей контроля полного радиального и торцового биений поверхностей.....	126
7.2.2 Расчетные схемы для оценки погрешностей при измерении биений.....	128
Часть 8.....	133
8.1 ПРОФИЛАКТИКА ПОГРЕШНОСТЕЙ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	133
8.1.1 Инструментальная компенсация.....	133
8.1.2 Информационная компенсация.....	137

Часть 9.....	138
9.1 КОМПЛЕКС ТРЕБОВАНИЙ К ОБЪЕКТУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ	138
9.1.1 Работоспособность и надежность.....	139
9.1.2 Технологичность и экономичность изделий	141
9.1.2.1 Трудоемкость изготовления изделия и технологическая себестоимость ...	142
9.1.3 Эргономичность и эстетичность изделий.....	145
9.1.4 Правовые характеристики качества	149
Часть 10.....	151
10.1 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	151
10.1.1 Введение	151
10.1.2 Состав, структура и основные требования к оформлению курсового проекта.....	152
10.1.3 Организация работы над курсовым проектом.....	152
10.1.4 Состав курсового проекта.....	153
10.1.5 Основные требования к оформлению курсового проекта	154
10.1.6 Курсовое проектирование	158
10.1.7 Назначение и содержание расчетов.....	159
10.1.8 Выполнения чертежей общего вида	160
ЛИТЕРАТУРА	162
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	164
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа проекта и титульного листа пояснительной записки к курсовому проекту	164
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Задания на курсовой проект	166
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Вопросы к экзамену по дисциплине	170
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Пример выполнения чертежей	172

ВВЕДЕНИЕ

Контроль качества изделий весьма важен в современном приборостроении; в особенности велика роль контроля при производстве по принципу полной взаимозаменяемости. Применение универсальных измерительных инструментов и калибров малопроизводительно, не всегда обеспечивает нужную точность и удобство контроля.

Контрольные приспособления повышают производительность труда контролеров, улучшают условия их работы, повышают качество и объективность контроля. Контрольные приспособления применяют для поверки заготовок, деталей и узлов машин. Приспособления для контроля деталей применяют на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль) и для окончательной приемки, выявляя точность размеров, взаимного положения поверхностей и правильность их геометрической формы.

Высокая точность современных машин обуславливает использование в контрольных приспособлениях измерителей высокой точности и важность правильного выбора принципиальной схемы и конструкции приспособления для контроля. Повышение точности измерения может привести к усложнению и удорожанию приспособления и снижению его производительности.

Для поверки небольших и средних деталей применяют стационарные контрольные приспособления, а для крупных – переносные. Наряду с одномерными находят широкое применение многомерные приспособления, где за одну установку проверяют несколько параметров.

Контрольные приспособления должны обеспечивать заданную точность и производительность контроля, быть удобными в эксплуатации, простыми в изготовлении, надежными при длительной работе и экономичными.

Особенности проектирования приборов

При проектировании машин одним из основных критериев качества является соотношение между затраченной энергией и получаемой полезной работой – «коэффициент полезного действия машины». У прибора основным критерием

качества является достоверность получаемой оператором информации, характеристика тех искажений информации, которые возникают при приеме, хранении, переработке и выдаче информации, данным прибором.

В показатели точности прибора во всех случаях входят основные показатели его технического уровня и качества, а требуемая точность определяется назначением прибора.

У приборов следует различать те искажения информации, которые наблюдаются при вводе информации в прибор вследствие наличия помех - "шумов". Эти помехи в ряде случаев являются погрешностями метода приема информации (метода измерения). В основном прямо или косвенно они зависят от принятого при проектировании принципа действия прибора. Искажение информации происходит и в самом приборе при хранении и преобразовании информации (инструментальная погрешность). Эти искажения могут быть связаны с принятым при проектировании принципом работы прибора, его схемой; например, при применении тангенсного или синусного механизмов для преобразования поступательного движения во вращательное или же вследствие округления до заданного знака получаемых значений величин (дискретности значений). Такие теоретические погрешности схемы обуславливаются наличием технических и экономических факторов, вынуждающих проектанта принять именно такое решение при разработке прибора. Однако, в основном, эти погрешности определяются точностью изготовления элементов прибора, заданной при разработке.

Третью группу погрешностей составляют погрешности, связанные с условиями эксплуатации – давлением, температурой, влажностью и т.п. Значение этих погрешностей также может быть уменьшено применением конструктивных мер – выбором соответствующей схемы, исключаяющей, например, влияние изменения давления или температуры, выбором материалов, имеющих низкие коэффициенты линейного расширения и т.п.

Наконец, к четвертой группе погрешностей относятся погрешности оператора – неверный прием выданной прибором информации. Значение этих погрешностей во

многим зависит от природных данных оператора, как общечеловеческих, так и личных. Вместе с тем оно зависит от метода выдачи информации прибором, его принципа действия, конструкции, которые могут быть в процессе проектирования в большей или меньшей степени увязаны с возможностями приема информации, оператором.

Известно, например, что измерительный прибор с цифровым отсчетным устройством позволяет увеличить скорость приема информации в 5...10 раз по сравнению с прибором, выдающим результат на шкалу, а тем самым при ограниченном времени приема или сравнительно высокой плотности информации уменьшить погрешность оператора.

То же можно сказать и о приборах, имеющих на выходе регистрирующие устройства, позволяющие оператору самому регулировать скорость приема информации.

К особенностям проектирования приборов относится наличие целого ряда технологических ограничений, налагаемых на элементы прибора при условиях сравнительно малых размеров этих элементов. Так например, ограничивается применение некоторых видов передач (цепных, конических, зубчатых, червячных), некоторых видов подшипников, уплотнительных устройств, некоторых видов соединений (шлицевых, шпоночных) и др. Налагаются также ограничения на форму элементов, выдвигается требование упрощения конфигурации деталей - исключаются приливы, бобышки, ребра, ступени, ограничивается применение некоторых технологических процессов, например, дуговой сварки, литья. Трудным становится обеспечение точности деталей, например, обеспечение высоких степеней точности зубчатых передач. Имеются также еще и другие ограничения.

Одновременно появляется возможность применения конструкций, характерных только для малых размеров изделий – часового зацепления в зубчатых передачах, пружинного привода, опор на кернях, направляющих на плоских пружинах, соединений кернением и др.

Так, например, в приборостроении зачастую находят применение сравнительно дорогостоящие материалы – благородные металлы и камни, гораздо шире

применяются цветные металлы и специальные сплавы, керамика и стекло, пластмассы. Это связано в первую очередь с необходимостью обеспечить эксплуатационные характеристики деталей, к которым в ряде случаев предъявляются очень высокие требования. Например, напряжения в опорах на кернах достигают значений около 2000...5000 МПа, которые допускаются только при применении в качестве материала опоры камней – рубина, корунда. Кроме того, доля стоимости материалов в стоимости материалов в приборостроении составляет 2...10% против 30...50% в машиностроении, и применение дорогостоящих материалов сравнительно чаще окупается их более высокими эксплуатационными свойствами или их технологичностью.

В приборах расчетные полезные нагрузки зачастую очень незначительны, иногда формально равны нулю, в то время как случайные, например, при транспортировке изделий достигают значений, существенно влияющих на прочность деталей. Необходимо также предусматривать возникновение случайных нагрузок, вызванных воздействием оператора, небрежностью обращения (падением прибора), значение которых трудно ограничить и др.

Часть 1

1.1 ОБЪЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1.1.1 Процесс проектирования. Основные понятия

По ГОСТ 22487-77 «Автоматизированное проектирование. Термины и определения» проектирование – процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта на основе первичного описания этого объекта (или) алгоритма его функционирования ... оптимизацией заданных характеристик объекта, устранением некорректности первичного описания и последовательным представлением описания на различных языках (заданном языке).

Иными словами, проектирование – процесс программирования изделия, создание его в виде информации.

Процесс проектирования складывается из трех компонентов:

1) формирование идеи – установление пути решения поставленной задачи, в том числе выбора принципа работы изделия, его схемы. Составных частей, для деталей – ее компонентов;

2) конструирование – назначение материала, формы, размеров и точности изделия; конструирование является результирующим компонентом процесса проектирования;

3) расчет – определение и проверка значений параметров изделия, необходимых для обеспечения выполнения его функций с заданными показателями.

В процесс проектирования входит также разработка. Изготовление и испытание макетов, опытных образцов или даже опытной партии изделий, необходимых для проверки и подтверждения соответствия изделия предъявленным требованиям.

Действие или формализованная совокупность действий, часть проектной процедуры, алгоритм которых остается неизменным для ряда проектных процедур, называется проектной операцией.

В процессе проектирования требуется проведение операций формирования идеи, ее оценки и обоснования, оптимизации варианта решения, изложения

решения. Эти операции должны проводиться с учетом реальных практических возможностей. С точки зрения практики на деятельность проектанта налагаются ограничения трех видов:

1) ограничения методов разработки задач, связанные с имеющимся объемом знаний и техническими возможностями их применения (сроки, кадры, вычислительная техника и наличие типовых программ, финансирование разработок);

2) ограничения, связанные с производственными возможностями (номенклатура и наличие материалов, производственные мощности, оборудование и инструмент, производственный опыт, затраты);

3) ограничения правовые (действующие нормы, стандарты, патенты, требования заказчика).

Процесс проектирования содержит много операций, которые можно обусловить определенными закономерностями, правилами, формализовать. В таких случаях имеет место логический подход к операциям проектирования, такие операции можно выполнить с помощью вычислительной техники.

Эвристический (вероятностный) подход к операциям проектирования находит применение в тех случаях, когда однозначное решение невозможно или практически невозможно из-за большого количества вариантов или же неопределенности исходных данных. При проведении таких операций могут быть привлечены эвристические программы вычислительной техники. В результате получают вероятные решения и находят их вероятностные оценки, что облегчает проектанту возможность принять некоторое однозначное решение.

В остальных случаях, когда не удастся привлечь ни логические, ни эвристические программы, единственным критерием выбора решения является так называемая инженерная интуиция – способность улавливать истину без видимого применения логических приемов. По существу инженерная интуиция является неосознанной, замаскированной логикой или эвристикой, основанной на имеющемся личном практическом опыте.

Результаты проектирования, как творческого процесса, во многом зависят от личных данных проектанта, его знаний и способностей, в том числе эффективности его действий, производительности труда, которая может быть значительно повышена применением технических средств.

По степени применения технических средств стандарт различает проектирование:

- неавтоматизированное – при котором все преобразования описания объекта или алгоритмов его функционирования осуществляет человек;
- автоматизированное – при котором проектирование осуществляется взаимодействием человека и ЭВМ;
- автоматическое – при котором все операции проектирования осуществляются без участия человека.

В последнем случае за человеком остается только функция выдачи «первичного описания» – формирование задачи. Типовые программы автоматического проектирования довольно широко применяются для определенных групп механизмов и деталей. Проектирование же сравнительно сложных изделий пока практически реально только с участием человека.

1.1.2 Проектные операции

Процесс выработки решения при проектировании в общем случае состоит из ряда последовательных проектных операций.

Блок-схема его изображена на рисунке 1.1.1. Первая операция процесса – определение цели.

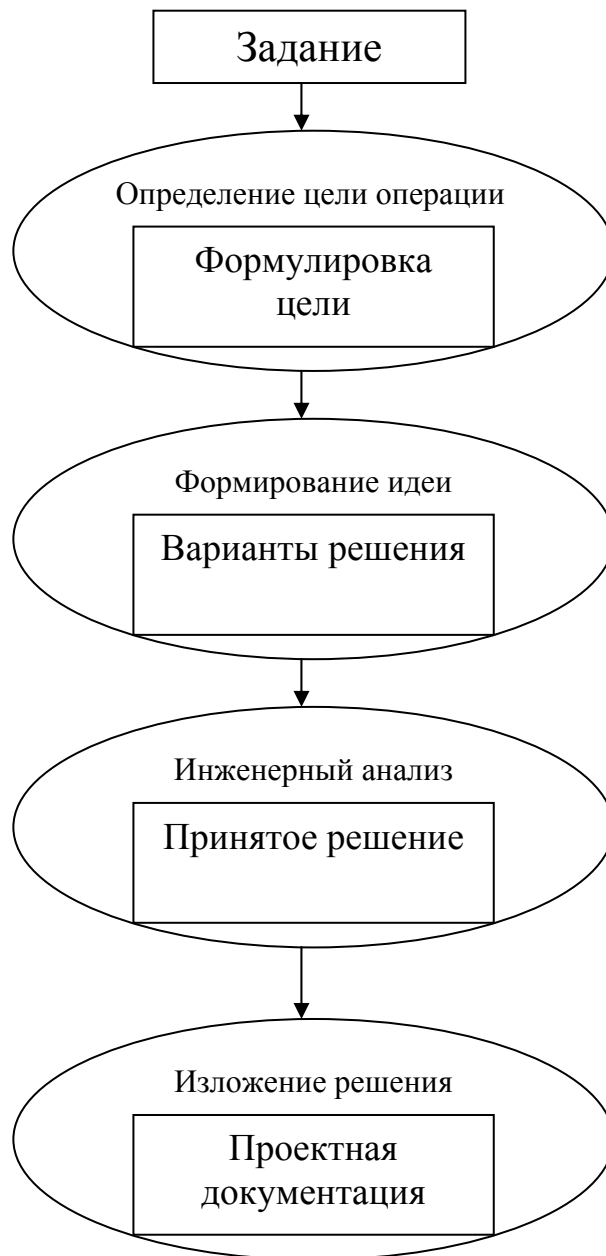


Рисунок 1.1.1 – Блок-схема процесса проектирования

Цель, по сути, не что иное, как формулировка требуемого результата. Цель проектирования определяется заданием или же вытекает из результатов предыдущих этапов проектирования данного изделия или его составных частей.

Второй операцией является выбор пути решения поставленной задачи – формирование идеи.

Эта операция в определенной мере является основой проектирования. В связи со сформулированной целью она также может касаться как общих принципов решения задач, так и частного вопроса конструирования. При этом предлагаемая идея может иметь несколько или даже много вариантов.

Третьей операцией проектирования является инженерный анализ.

Анализ применимости предлагаемой идеи необходим для обеспечения рациональности решения поставленной задачи. Он заключается в выработке оценки предлагаемой идеи на основании принятых критериев оценки и методов определения этих критериев.

Инженерный анализ заканчивается оптимизацией предлагаемой идеи (решения) и выработкой конкретных результатов анализа, рекомендаций по применению, изменению или отклонению рассматриваемых вариантов, их обоснование.

Результаты анализа могут явиться условием пересмотра предлагаемой идеи или даже цели проектирования. В таком случае операции формирования идеи и инженерного анализа повторяются, пока не будет найдено приемлемое решение или доказана невозможность решения поставленной задачи.

Заключительной, четвертой, операцией проектной процедуры является изложение решения. Эта операция заключается в выдаче проектной документации (проектных материалов). Виды, состав и порядок изложения проектной документации предусмотрены соответствующими стандартами ЕСКД и оговариваются в техническом задании на разработку изделия.

Проектирование – это процесс создания изделия в виде информации о нём. Проектирование всегда имеет обоснование – потребность человека в том или ином изделии, и может начинаться с совершенно простых схем, заканчиваясь сложными чертежами.

Конструирование – это часть процесса проектирования, которая включает в себя выбор формы, размеров детали, назначение материала и т.д.

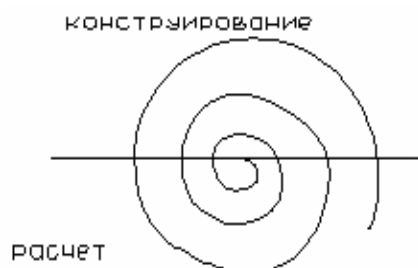


Рисунок 1.1.2 - Процесс проектирования на заключительных стадиях

Заключительные стадии проектирования начинают с расчётов параметров деталей и узлов. Затем производится конструирование по полученным в расчётах размерам (рисунок 1.1.2).

Существует два вида расчётов:

- проектировочные (для конструктора, делаются неоднократно);
- проверочные (для заказчика).

Проектировочные расчеты предназначены для предварительного назначения размеров, формы, материалов, допусков и могут не входить в тех. документацию.

Проверочные расчеты (расчеты, подтверждающие работоспособность) располагаются в основной части пояснительной записки

Уточняются формы и размеры деталей, чтобы обеспечить их совместимость на чертеже. Затем по полученным на чертеже размерам проводят проверочные расчёты. Если результат получается неудовлетворительным, изменяют параметры на чертеже, сохраняя совместимость деталей и принцип работы. По новым полученным параметрам повторяют проверочные расчёты. Процесс повторяется до получения удовлетворительного результата. Иногда приходится повторять эти две операции многократно (рисунок 1.1.2).

1.1.3 Цель проектирования

Как говорилось выше, цель является формулировкой ожидаемого результата проектирования на данном этапе работ. Этот результат она должна описывать достаточно конкретно и просто. Такое описание результата даст возможность упростить и ускорить процесс его достижения – формирование идеи.

Формулировка цели, устанавливая в какой-либо форме этот конечный результат, налагает одновременно на содержание предлагаемых идей определенные ограничения. При этом необходимо избегать искусственного наложения дополнительных ограничений.

Для практической реализации цель следует формулировать с обязательным наложением основных ограничений.

В любом случае, четкая формулировка цели необходима для направления поисков решения поставленной задачи в наиболее рациональную сторону.

1.1.4 Виды изделия

Объектами технического проектирования являются изделия и процессы их изготовления.

По ГОСТ 2.101-63 «ЕСКД. Виды изделий» изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Стандарт различает следующие виды изделий:

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

Деталь состоит из отдельных элементов – поверхностей, линий, точек, имеющих свое функциональное, конструктивное или технологическое назначение.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе. Составными частями сборочной единицы могут быть как детали, так и другие сборочные единицы, собранные предварительно.

Комплекс – две или более сборочные единицы, не соединенные на предприятии-изготовителе, но предназначенные для выполнения общей функции, установленной для всего комплекса.

Комплект – два и более изделия, предназначенные для выполнения вспомогательных функций.

Стандарт различает также изделия покупные, т.е. те, которые на предприятии не изготавливаются и на сборку поступают в готовом виде.

Под конструкцией изделия следует понимать совокупность отличительных признаков, определяемую материалом, формой, размерами и точностью изделия и его составных частей.

Конструкции ряда распространенных изделий установлены соответствующими нормативами, стандартами – государственными, отраслевыми, стандартами предприятий.

Изделие, конструкция которого (т.е. форма, размеры, точность и материал) полностью выполнены по нормам стандарта, называется стандартным. Остальные изделия, в том числе и те, конструкция которых состоит из стандартных элементов, но не определена стандартом полностью, или же имеет хоть одно отклонение от стандарта (например, по точности, по покрытию), называются оригинальными.

Изделия одной конструкции, неоднократно примененные или заимствованные (исключая выполненные по государственным и отраслевым стандартам), относят к унифицированным.

Вид изделия накладывает определенный отпечаток на процесс проектирования. Так, стандартные изделия и сконструированные ранее унифицированные подбираются и входят в конструкцию изделия более высокого порядка (сборочных единиц) без каких либо изменений. Изделия оригинальные, в том числе детали, требуют подробного поддетального и поэлементного проектирования.

1.1.5 Этапы проектирования

ЗЗ (заказ, заявка) – заказчик определяет задание на проектирование, определяет потребности потребителей.

ТЗ (техническое задание) – составляет заказчик вместе с исполнителем проекта.

ТП (техническое предложение) – на этом этапе проводят проверку патентной чистоты.

ЭП (эскизный проект) – выбирается альтернативный вариант проекта и чертятся его наброски.

ТП (технический проект) – происходит детальное проектирование объекта.

РД (рабочая документация) – это документация для исполнителя проекта, необходимая для полного описания чертежей и разных схем.

Расчёты при проектировании необходимы для того, чтобы предварительно оценить будет ли работоспособен проектируемый прибор. Для этого сравнивается суммарная погрешность прибора с допустимой:

$$\Delta\Sigma \leq [\Delta],$$

$$\Delta\Sigma = \Delta_{и} + \Delta_{м} + \Delta_{у} + \Delta_{оп},$$

где $\Delta_{и}$ – инструментальная погрешность;

$\Delta_{м}$ – погрешность метода;

$\Delta_{у}$ – погрешность условий;

$\Delta_{оп}$ – субъективная погрешность или погрешность оператора.

Важно определить инструментальную составляющую погрешности, т.к. она является важной составляющей в расчётах при проектировании. Проверочные расчёты в процессе проектирования помогают изменить конструкцию прибора.

Этапы проектирования представлены на рисунке 1.1.3.

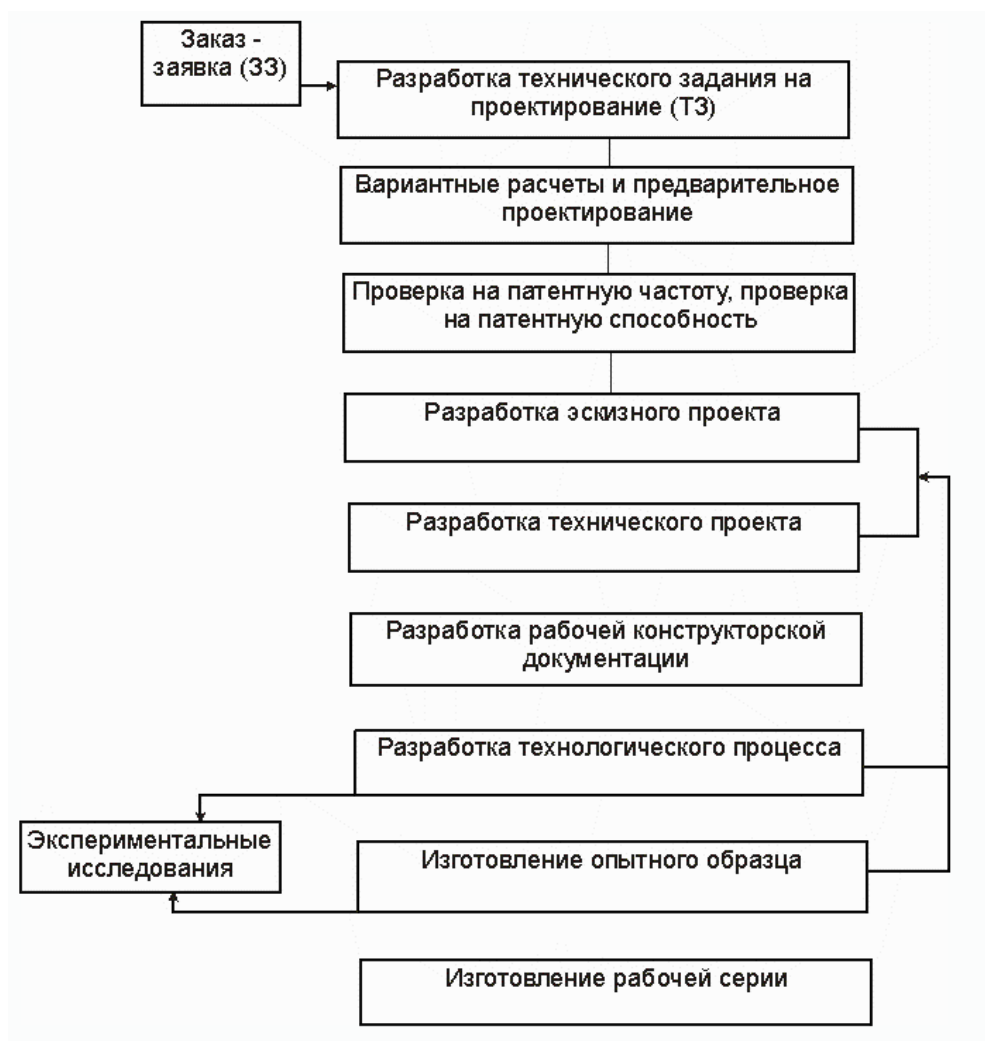


Рисунок 1.1.3 – Этапы проектирования

Например, при контроле прямолинейности поверхности детали можно, используя формулы, определить, как непрямолинейность направляющей влияет на точность измерения (рисунок 1.1.4).

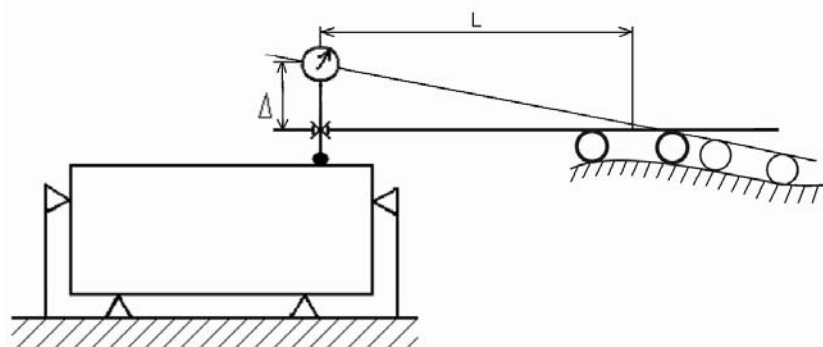


Рисунок 1.1.4 – Влияние непрямолинейности направляющей на точность измерения



КОНТРОЛЬ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ



ВЛИЯНИЕ НЕПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ НА ТОЧНОСТЬ

ИЗМЕРЕНИЯ

Δ – погрешность, вызванная перекосом кронштейна из-за непрямолинейности направляющей:

$$\Delta = \operatorname{tg} \alpha_{\text{пер}} L,$$

где $L = 0.5 L_{\text{кар}} + \ell_{\text{дет}}$ – длина вылета кронштейна;

$\operatorname{tg} \alpha_{\text{пер}} = T_{\perp} / L_{\text{кар}}$ – угол перекоса кронштейна;

$L_{\text{кар}}$ – длина подвижной каретки;

$\ell_{\text{дет}}$ – длина детали;

T_{\perp} – допуск прямолинейности направляющей;

Из рисунка видим, что ℓ длину детали и L длину вылета кронштейна уменьшить не представляется возможным.

T_{\perp} допуск прямолинейности направляющей уменьшать экономически не выгодно.

$L_{\text{кар}}$ длину подвижной каретки существенно увеличить не можем, т.к. направляющая будет слишком длинной и увеличит габариты всего прибора.

Значит, целесообразно заменить схему на другую, например, с другим расположением направляющей (рисунок 1.1.5).

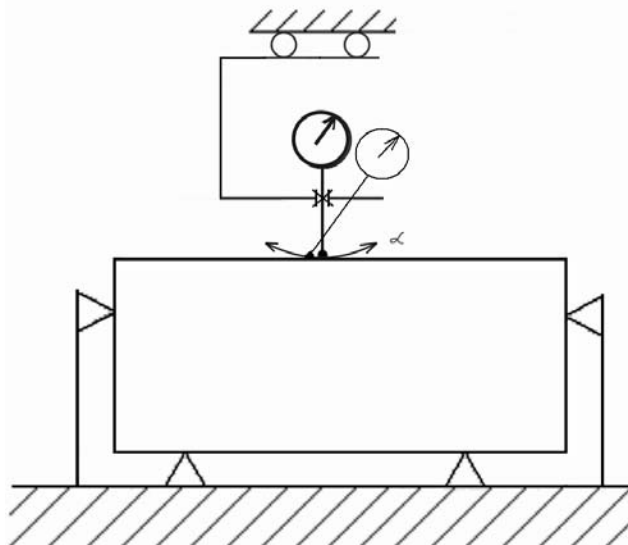


Рисунок 1.1.5 – Влияние непрямолинейности направляющей на точность измерения минимально



[НАКЛОН ИНДИКАТОРА](#)



[НАКЛОН ИНДИКАТОРА](#) ФЛЭШ

На рисунке видно, что угол перекоса приводит к возникновению погрешности второго порядка малости, чем можно пренебречь. Получается прибор более дешёвый, чем предыдущий, и более точный, но менее удобный в работе.

При конструировании часто изменяют схему по результатам расчётов.

1.2 ФОРМИРОВАНИЕ ИДЕИ

Процесс формирования идеи является творческим процессом, результатом умственной деятельности человека – мышления. Человеческое мышление имеет свои закономерности и свои ограничения, в том числе и ограничения продуктивности.

При решении технических задач проектирования применяются принципы, разработанные логикой. К таким относятся:

- принцип систематизации, известный также как метод морфологического ящика или матрицы идей;
- принцип ассоциаций (аналогий);
- принцип инверсии;
- принцип сочетаний;
- принцип модификаций.

Для увеличения продуктивности процесса формирования идеи находят применение целый ряд методов, в том числе методы черного ящика, мозгового штурма (конференции идей), эмпатии, синектики.

Применение того или иного метода или сочетания методов в процессе формирования идеи зависит как от вида решаемой задачи, так и от личных данных разработчика, – склада ума, запаса специальных знаний, развитости его фантазии, его инженерной интуиции, а также от сложившихся традиций. Искомое решение иногда бывает результатом случайности. Однако, – это угадывание, а не решение, даже если оно оправдалось.

Накопление требуемого запаса специальных знаний, касающихся проектируемых изделий, владение приемами проектирования являются необходимыми условиями плодотворной деятельности проектировщика. Вместе с тем, обучение скрывает в себе одну из самых серьезных помех получения новых полезных идей – психологическую инерцию.

Психологическая инерция – это предрасположение к какому-либо конкретному пути решения задачи, являющееся следствием вполне естественного стремления человека решать задачу известным и многократно применявшимся способом.

Психологическую инерцию можно преодолеть. Для этого, в первую очередь, надо помнить о ней, причем, отнюдь не требуется действовать по принципу «забудь все, что знаешь». «Старые» методы в большинстве случаев плодотворны, так как они базируются на оправдавшем себя опыте. Следует соблюдать принцип: методов много, а не один, и что хорошо в одном случае, может быть плохо в другом.

По мере накопления знаний наступает и такой момент, когда обширность материала, количество вариантов решения начинают действовать в обратном направлении – уменьшают опасность психологической инерции. Имеются также методы для преодоления психологической инерции.

Кроме психологической инерции существуют препятствия и других видов, например, боязнь риска, недоверие к новому, влияние авторитетов, опасение критики и др.

1.2.1 Логические принципы формирования идеи

Одним из наиболее полных и обстоятельных принципов формирования идей является *принцип систематизации*, известный в теории проектирования как метод морфологического ящика.

Сущность метода заключается в выделении существенных классификационных признаков изделия или его составной части, отличающих одну конструкцию (схему, принцип действия) от другой, установлении вариантов каждого из признаков и представления каждого из признаков в виде многомерной матрицы или диаграммы всех возможных их комбинаций, независимо от их жизнеспособности и ценности.

Двух- и трехмерная матрица легко представляется графически, многомерные матрицы могут быть разложены на серию двух- или трехмерных или же представлены в виде:

$$\begin{array}{l} A_1, A_2, A_3, \dots A_i, \\ B_1, B_2, B_3, \dots B_j, \\ C_1, C_2, C_3, \dots C_m, \\ \dots\dots\dots \\ K_1, K_2, K_3, \dots K_n, \end{array}$$

где А, В, С, ... К – варианты классификационных признаков;

і ... n – количество вариантов каждого признака.

Количество рабочих идей:

$$N = i \cdot j \cdot m \cdot \dots \cdot n.$$

С целью предотвращения образования слишком большого количества рабочих идей следует, осторожно относиться как к выделению классификационных признаков, так и к рассмотрению их вариантов, ограничиваясь только существенными, принципиально важными признаками и вариантами. Хотя при наличии возможностей машинной оценки принятых критериев, количество идей может быть сравнительно большим – несколько десятков или даже больше, при ручной обработке результатов приходится исключать заранее те из них, которые представляются разработчику неперспективными на основании, например, инженерной интуиции.

Процедура применения метода содержит следующие последовательно выполняемые шаги:

- выработка принципиального решения о составе проектируемого объекта, «принципиальной схемы»,
- выделение классификационных признаков объекта,
- установление возможных вариантов каждого из признаков,
- создание модели морфологического ящика,
- изложение полученных комбинаций признаков – «рабочих идей»,
- выработка критериев оценки объекта проектирования с точки зрения поставленной цели разработки,
- анализ и оценка рабочих идей, выявление их недостатков,
- изыскание способов устранения выявленных недостатков каждой из рабочих идей и разработка «улучшенных идей»,
- анализ и сравнительная оценка улучшенных идей, выбор одной из них в качестве «оптимизированной идеи», служащей для последующей конкретизации принятого варианта объекта проектирования.

Пример: Морфологический ящик (рисунок 1.2.1).- Измерительный прибор.

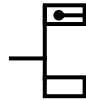
Выбираем пять различных типов устройств вспомогательного перемещения, четыре различных базирующих устройства и пять различных вариантов расположения направляющих.

Ось I – Базирующее устройство

1. Патрон (трёхкулачковый)



2. Патрон цанговый



3. Оправка (разжимная)

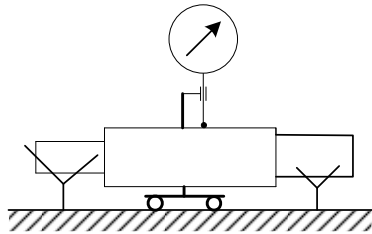


4. Призма

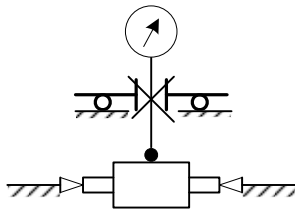


Ось II – Расположение направляющих

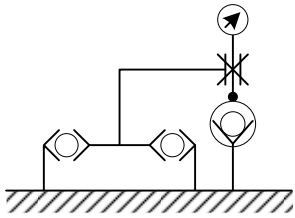
1. Под деталью



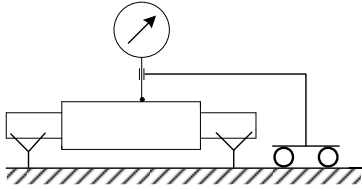
2. Над деталью



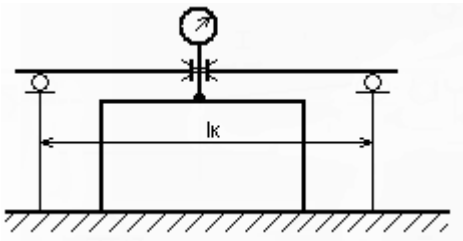
3. Сбоку от детали (на плите)



4. Слева, справа (на продолжении оси детали)

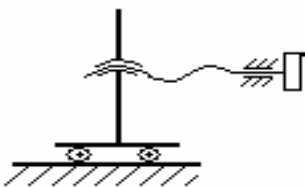


5. Слева и справа от детали

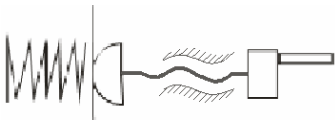


Ось III – Устройство вспомогательного перемещения

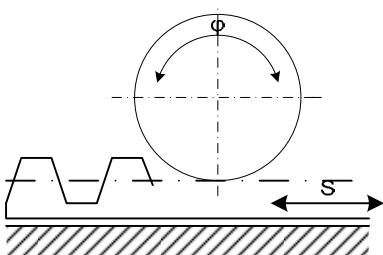
1. Пара «винт-гайка» (гайка подвижна)



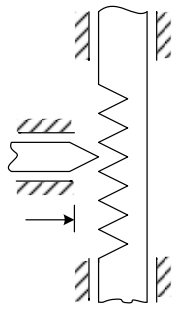
2. Пара «винт-гайка» (гайка неподвижна)



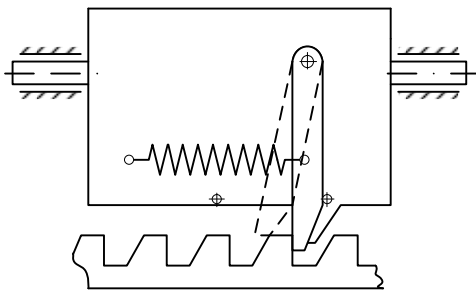
3. Передача «рейка-шестерня»



4. Рейка и фиксатор (ручной привод)



5. Храповой механизм



Получаем $4*5*5=100$, т.е. имеем **100 вариантов** конструкции прибора.

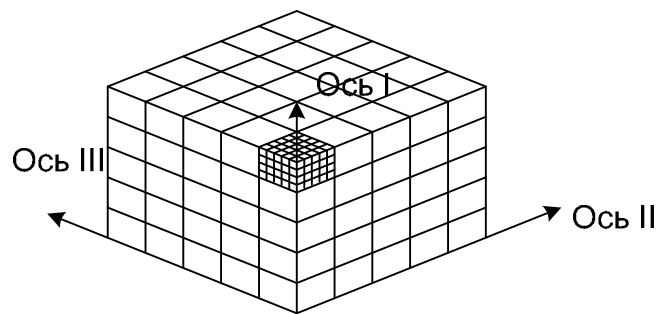


Рисунок 1.2.1 – Морфологический ящик

Главное: правильно выбрать параметры и проанализировать их.

Этапы работы:

1. Назначение осей (выделение классификационных признаков объекта установление возможных вариантов каждого из признаков).
2. Построение матрицы.

3. Анализ результатов и выработка критериев оценки объекта проектирования.

Достоинство: большое число вариантов.

Недостаток: трудность нахождения нужного варианта.

Морфологический метод позволяет получить большое количество вариантов и сочетаний, что значительно больше, чем может представить себе человек.

Для формирования идеи можно с успехом применять *принцип ассоциаций или аналогий*.

Принцип заключается в использовании уже существующей идеи (схемы, конструкции) в условиях, предусмотренных данной конкретной задачей. По сути дела это самый тривиальный и распространенный подход в проектировании.

Выбор типа передач, конструкции подшипников, вида соединений, источника энергии, и большинство других технических решений, как правило, производится на основании аналогий. Процесс разработки нового изделия обычно и начинается с отыскания прототипа, аналога изделия, наиболее близко отвечающего данным требованиям.

Принцип аналогий лежит в основе использования стандартных решений – применения стандартных изделий, их элементов, форм изложения решений, методик определения критериев оценки (показателей качества) и др. Его применение создает дополнительную гарантию того, что спроектированное изделие будет достаточно работоспособным, надежным, технологичным, так как прототип уже апробирован в производстве и эксплуатации. Это имеет особое значение в случае, когда расчетным путем практически невозможно учесть весь комплекс факторов, влияющих на работу проектируемого приспособления.

Принцип аналогий удобен для использования в условиях машинного (автоматического или автоматизированного) проектирования, т. к. он позволяет формализовать требуемые наборы свойств, классифицировать их и обеспечить эффективный поиск решения с помощью ЭВМ. В этом отношении он гораздо производительнее принципа систематизации, однако, будучи построенным на употреблении заранее предусмотренных, внесенных в память машины вариантов

конструкций или схем, он ставит преграду перед изысканием и разработкой принципиально новых вариантов.

Будучи основанным на знании проектантом конкретных решений аналогичных задач, принцип аналогий заключает в себе наибольшую опасность проявления психологической инерции. Однако, несмотря на это, он позволяет иногда найти совершенно новое, нетривиальное решение задачи.

Новые решения можно найти благодаря новому подходу к известной задаче. Одним из таких путей получения новой точки зрения на данную задачу является применения *принципа инверсии*.

Сущность принципа можно выразить правилом: «поменять местами, сделать наоборот». Принцип требует сознательного преодоления психологической инерции, отказа от установившихся взглядов на способ решения данной задачи с тем, чтобы посмотреть на нее с другой стороны. Так, если в изделии одна часть движется, а другая неподвижна, следует попытаться сделать неподвижной первую, а подвижной вторую.

Принцип инверсии может оказаться полезным при решении узких конструкторских задач.

Принцип модификаций заключается в изменении одного или нескольких признаков изделия (процесса) в качественном или количественном отношении. Изменение материала, размеров, точности изделия может привести к новым возможностям изделия, увеличить эффективность его применения или даже обеспечить его применение в иных условиях эксплуатации.

Применительно к конкретным конструкторским решениям принцип модификаций употребляется повсеместно.

К логическим принципам формирования идеи, наряду с рассмотренными выше, относится *принцип сочетаний*.

Принцип основан на соединении элементов, применяющихся отдельно в различных изделиях, но обладающих, каждый по отдельности, искомыми для проектируемого изделия свойствами.

Для применения этого принципа в проектировании в первую очередь необходимо подыскания аналогов, обладающих одним или некоторыми из искомым единичных свойств. Соединяя такие элементы в одном изделии, разработчик добивается получения желаемого комплекса свойств у проектируемого объекта.

Определенная опасность в применении этого принципа может заключаться в том, что полученный "гибрид" будет обладать не только суммой достоинств исходных компонентов, но и суммой их недостатков, что приведет к нерациональности такого решения.

Основанный на аналогиях, принцип сочетаний, будучи применен при проектировании, обладает всеми недостатками и достоинствами принципа аналогий.

1.2.2 Методы интенсификации процесса формирования идеи

Одним из рациональных приемов решения изобретательских задач является применение *метода черного ящика*.

Понятие "черного ящика" широко используется в кибернетике. Имеется в виду система, в которой известны входные и выходные величины, а внутреннее устройство неизвестно.

При применении метода черного ящика в процессе формирования идеи сущность подхода заключается в том, что для решения задачи абстрагируются от поисков конкретного определения структуры изделия, рассматривая только возможные варианты входных и выходных параметров. Этим снимаются ограничения, налагаемые на пути решения наличием или отсутствием известных принципов или схем преобразования этих параметров. Все внимание разработчика концентрируется на выборе рационального вида и значений входных и выходных параметров изделия, содержание же "черного ящика" оставляется для самостоятельного рассмотрения как второй шаг проектирования.

Интенсификация процесса выработки идеи может быть достигнута также применением *метода эмпатии*.

Термин «эмпатия» означает отождествление личности одного человека с личностью другого. В теории проектирования этим термином обозначают

отождествление человека с разрабатываемым изделием или процессом. Задача разработчика состоит в том, чтобы "стать", например, деталью и посмотреть "с ее точки зрения" на возможный путь решения задачи, а затем по аналогии между собой и деталью применить найденный путь к решению поставленной задачи.

Метод основан на предположении, что при выработке вариантов решения наиболее рациональные варианты и наибольшее их количество имеется в сфере личного взаимодействия человека с природой.

Одним из путей интенсификации процесса формирования идеи является организация коллективного участия в нем группы людей – *метод мозгового штурма*.

Целью метода является выработка, формулирование возможно большего количества идей, путем устранения препятствий, вызываемых психологической обстановкой – боязнью критики.

Сущность метода состоит в следующем: подбирается группа из 5 человек. Компетентным руководителем формулируется задача. Затем члены группы по очереди высказывают свои идеи относительно пути решения задачи, при этом на порядок и содержание высказываний не налагается никаких ограничений. Таким способом достигается возможность не только получить различные варианты решения, но и интенсифицировать их выработку, так как любая высказанная идея порождает, провоцирует возникновение другой, основывающейся на ней, комбинирующей предыдущие или дополняющие их.

Применяя этот метод, требуется соблюдать следующие правила. Первое из них состоит в том, что любая критика или вынесение суждения - благоприятного или неблагоприятного – не допускаются. Второе заключается в регистрации всех без исключения идей, которые затем будут переданы на рассмотрение специалиста. Считается, что чем больше количество идей, тем больше шансов на наличие среди них плодотворной идеи, необходимой для решения задачи.

Пример – конструирование плоскопружинного параллелограмма (рисунок 1.2.2).

Рассмотрим пример использования метода при конструировании плоскопружинного параллелограмма. При его перемещении на величину x появляется вертикальное смещение Y , которое является источником погрешности.

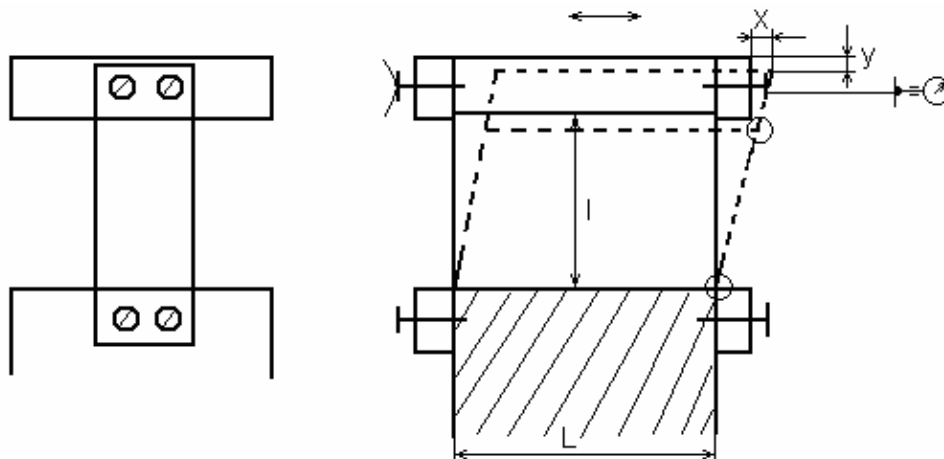


Рисунок 1.2.2 – Конструирование плоскопружинного параллелограмма

Для уменьшения погрешности Y (вертикального смещения) в процессе использования метода могут предлагаться следующие варианты решений.

Решение (оценка произведена после сеанса МШ):

- увеличение расстояния между опорами, $L \uparrow$; (не реализуется);
- увеличение, $l \uparrow$; (ограничение габаритами устройства);

Примечание. При увеличении l , Y уменьшается, т.к. уменьшается угол поворота пружины. Но сильно увеличивать l нельзя, т.к. уменьшается допустимая поперечная сила P_0 . Прибор может выйти из строя, если P_0 – поперечная сила окажется больше $P_{кр}$ – критической силы (нагрузка, при которой происходит потеря устойчивости пружины).

- перевернуть на 180° ; (реализуется, но не дает эффекта);
- повернуть на 90° (положить на бок); (реализуется, но не дает эффекта);
- сделать внизу упор; (не реализуется);
- уменьшить жесткость пружины; (реализуется, но не дает эффекта);
- первая пружина развёрнута вверх, вторая остаётся на месте; (реализуется, но не дает эффекта, так как возникает перекося);
- двойной параллелограмм (решает проблему, реализован) (рисунок 1.2.3).

Последнее решение является удовлетворительным, т. к. при перемещении подвижного блока вертикальное перемещение Y компенсируется вторым комплектом пружин

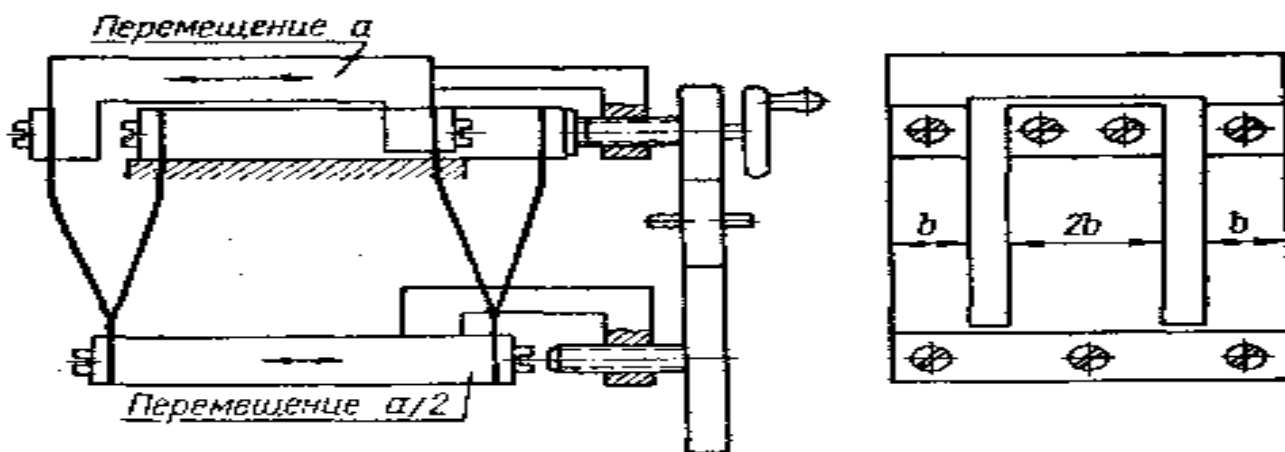


Рисунок 1.2.3 – Двойной плоскопружинный параллелограмм

Рекомендуется, чтобы члены группы не были лично заинтересованы в рассматриваемой задаче, причем достаточно иметь только общее представление о ней. Рациональная продолжительность одного сеанса, как показала практика, – не более одного часа.

Совершенствованием этого метода является *метод конференций идей*.

При организации дискуссии по этому методу соблюдается ряд правил обеспечивающих соответствующую психологическую обстановку.

Во-первых, должна быть обеспечена полная раскованность в высказывании идей, отсутствие доминирования авторитетов. Для этого руководитель организует высказывания сначала тех членов группы, которые занимают менее высокое служебное положение, молодых, менее квалифицированных, и сам при этом старается не навязывать своей выработанной идеи. В противном случае будет искажено условие полноценного участия всех членов коллектива в дискуссии.

Во-вторых, налагается запрет на любую негативную критику типа: "это не пойдет", "никто так не делает", "это все теория, практика совсем не то" и т.п. Позитивная же критика, наоборот, поощряется, при этом требуется подача идей,

исправляющих недостатки критикуемой идеи, совершенствующей ее. Этим в основном данный метод и отличается от метода мозгового штурма.

В-третьих, разрешается высказывание любых идей, даже самых на первый взгляд абсурдных. Такие идеи, если они и в самом деле окажутся абсурдными, могут принести ту пользу, что они вызовут контр идеи как результат их критики, а эти в свою очередь могут оказаться плодотворными, приемлемыми для решения поставленной задачи.

Как и при мозговом штурме, все высказанные идеи регистрируются, затем подвергаются анализу и классифицируются. Перечень их и содержание передается проектировщикам для детального инженерного анализа и выработки решения. Следует заметить, что среди идей, отвергнутых по тем или иным причинам в данный момент, возможны и такие, которые позже могут быть внедрены. Поэтому рациональна организация так называемого "банка идей", где они хранятся и откуда в дальнейшем могут быть извлечены. Такой опыт у некоторых проектных организаций уже имеется.

Синектический подход к формированию идеи, так же как и мозговой штурм основан на усилиях группы, но в отличие от него, поиск решения ведется непосредственно в процессе дискуссии. При этом основную ведущую роль играет руководитель, направляющий дискуссию в нужную сторону. В состав группы обязательно входит эксперт, специалист по данной проблеме, который обеспечивает приемлемость принятого решения. Рассмотрению подвергаются ограниченное количество вариантов идей (или даже одна идея), которые в ходе дискуссии оказываются перспективными.

"Синектика" понимается как объединение разнородных элементов. Идея метода заложена в возможности использования подсознательных творческих способностей человека. С этой целью задача переносится в область настолько далекую от данной, что она ставит членов группы в отвлеченную, совершенно новую обстановку, освобождающую их от "сознательного", традиционного решения задачи.

Процесс начинается с формулировки проблемы в общем виде. Эксперт, отвечая на вопросы участников, поясняет проблемную ситуацию. Затем каждый участник

формулирует цель проектирования как он ее понимает. Руководитель, выбрав одну из формулировок, которую он считает более продуктивной, предлагает участникам привести примеры аналогичной цели из других областей жизни. Остановившись на одном из примеров, руководитель организует выработку идей, необходимых для достижения этой цели. При получении решения, приемлемого с его точки зрения, производится переход к "принудительному соответствию", переносу решения на проектируемый объект.

Синектический метод может оказаться эффективным средством преодоления психологической инерции. Кроме того, ограничивая количество рассматриваемых вариантов, он может оказаться достаточно производительным, хотя рациональность решения во многом ставится в зависимость от квалификации руководителя (специалиста-синектика) и эксперта (специалиста-техника).

1.2.3 Алгоритм решений изобретательских задач (АРИЗ)

При использовании АРИЗа используют следующие шаги

1. Формулировка задачи (мини-задачи).
2. Нахождение технического противоречия (ТП).

Техническое противоречие состоит в том, что к одному и тому же элементу или изделию предъявляются два взаимоисключающих требования.

Например, направляющая прибора должна обладать высокой точностью, и должна быть не точной (быть дешевой), чтобы не увеличивать цену прибора (рисунок 1.2.4).

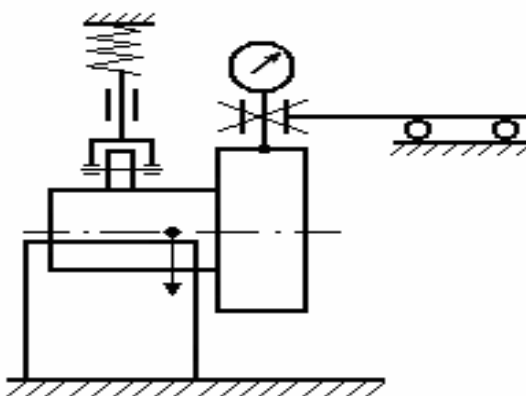


Рисунок 1.2.4 – Измерение радиального биения



ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ (ПОГРЕШНОСТИ, ВЫЗВАННЫЕ ОТКЛОНЕНИЕМ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИЗМЫ И НЕПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬЮ НАПРАВЛЯЮЩИХ)

3. Усилим конфликт → идеальный конечный результат (УК → ИКР). (Например, индикатор движется правильно, но без направляющих).

4. Введение X-элемента (X-элемент обеспечивает движение индикатора прямолинейно и параллельно оси детали).

5. Разрешение технического противоречия (ТП). Существует 40 приемов разрешений технических противоречий.

6. Мобилизация ресурсов (МР).

Поочередно подставить на место X-элемента каждый из элементов системы и проверить возможность выполнения функции (п. 4).

В качестве X-элемента выберем призму. Деталь расположена на призме. Удлиним призму в 2 раза и поставим антипризму с прикрепленным к ней индикатором (рисунок 1.2.5).

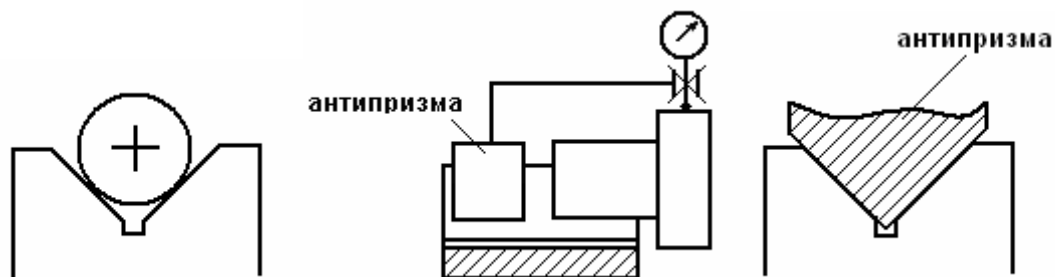


Рисунок 1.2.5 – Использование антипризмы

Можно не удлинять призму, а сделать антипризму, расположенную над деталью (рисунок 1.2.6).

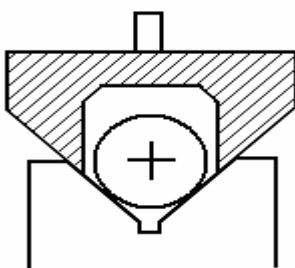


Рисунок 1.2.6 – Пример исполнения антипризмы

Получили новую конструкцию, исключили погрешность от перекоса направляющей вместе с самой направляющей.

1.2.4 Разрешение технических противоречий

Идея может возникнуть на стадии ЭП (эскизный проект) и ТП (техническое предложение), т.к. на этих стадиях разрешаем технические противоречия.

Технические противоречия – два взаимоисключающих требования к одному объекту.

Пример.

Требуется высокая точность часов, но изменение температуры влияет на длину маятника, следовательно, точность изменяется. Погрешность вызвана изменением температуры. Точность хода часов зависит от периода колебаний маятника, а период зависит от длины маятника L (рисунок 1.2.7)

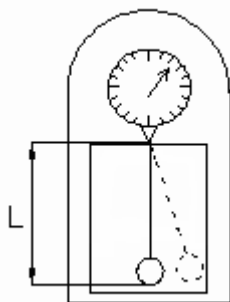


Рисунок 1.2.7 – Погрешность хода часов, вызванная изменением температуры

Изменение длины маятника ΔL зависит от изменения температуры Δt .

Уменьшить погрешность можно регулируя температуру:

- $\Delta t_{\text{помещение}} \approx 0$;
- $\Delta t_{\text{внеш}} \approx 0$ (холодильник, печка);
- $\Delta t_{\text{внутр}} \approx 0$ (термоизоляция для корпуса);

Или регулируя длину маятника

- компенсатор;
- автокомпенсация, сделать маятник из трех частей.

Разделим систему на две части (рисунок 1.2.8).

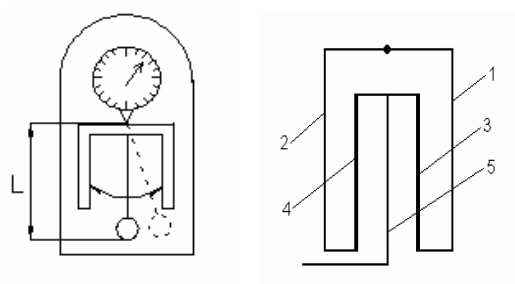


Рисунок 1.2.8 – Комбинированный маятник

- 1 и 2 увеличивают L при нагревании;
- 3 и 4 уменьшают L ;
- 5 увеличивает L .

Надо, чтобы суммарное расширение 1, 2, 5 было равносильно уменьшению 3, 4., тогда суммарная длины составного маятника не будет зависеть от Δt .

Пример: контроль полного радиального биения (рисунок 1.2.9)

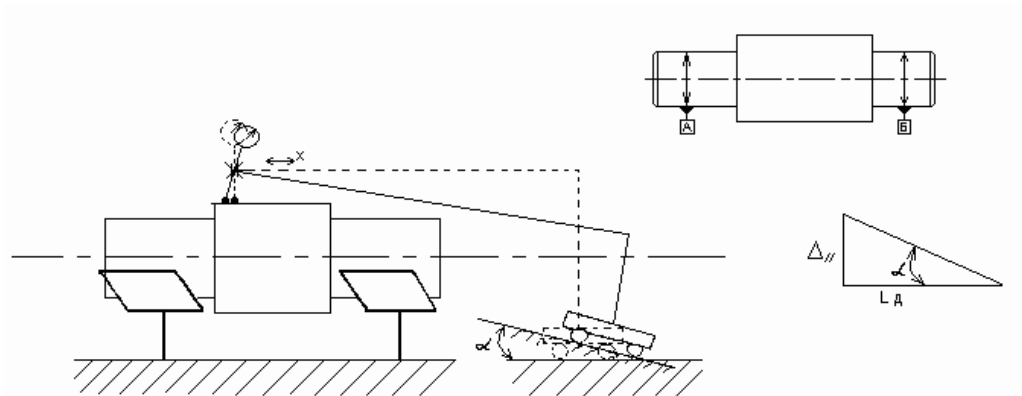


Рисунок 1.2.9 - Контроль полного радиального биения



[КОНТРОЛЬ ПОЛНОГО РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ](#)



[НАКЛОН НАПРАВЛЯЮЩЕЙ](#)

Недостатки - Высокая цена направляющих. Значительные погрешности из за перекоса направляющих.

Применим инструкцию АРИЗ, найдем ТП:

- направляющая должна быть выполнена с высокой точностью (что будет дороже);
- направляющая должна быть выполнена с низкой точностью (что будет дешевле).

Выбираем: низкая точность и низкая цена.

Вводим X-элемент (ещё не знаем его).

Сформулируем решение с X-элементом. Он выполнит функции направляющей – перемещение индикатора по прямой линии параллельно базовой оси.

Мобилизация ресурсов (надсистемных, системных, внутрисистемных). Системные – возьмём призму (рисунок 1.2.10) в качестве X-элемента. Изготовим мостик вместо кронштейна и закрепим в нем индикатор. Мостик опирается на 2 антипризмы, контактирующие с базовыми призмами.

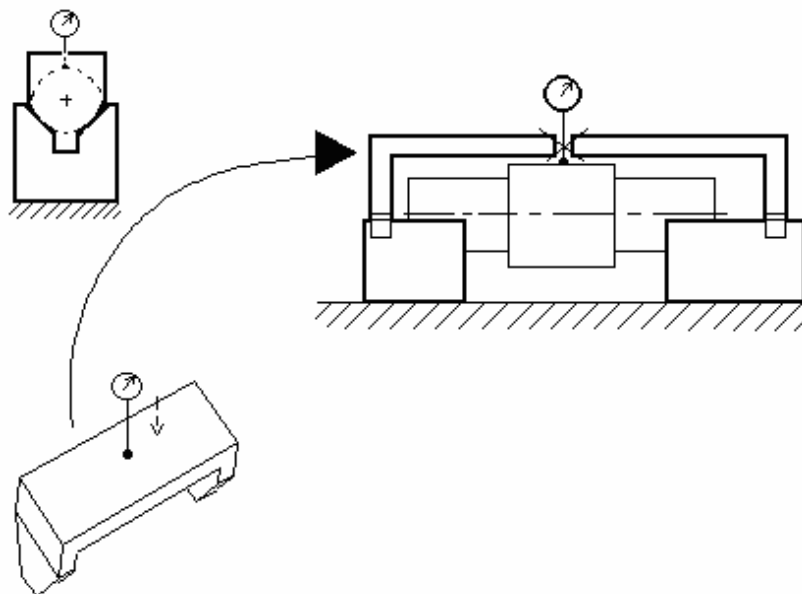


Рисунок 1.2.10 – Мостик с индикатором



[ПОГРЕШНОСТЬ, ВЫЗВАННАЯ НЕСООСНОСТЬЮ ПРИЗМ](#) (РАДИАЛЬНОЕ БИЕНИЕ)



[ПОГРЕШНОСТЬ, ВЫЗВАННАЯ НЕСООСНОСТЬЮ ПРИЗМ](#) ФЛЭШ (ЩЁЛКНУТЬ МЫШЬЮ: РАЗВЕРНУТЬ НА ВЕСЬ ЭКРАН→VIEW→100%)

Получили новую конструкцию, исключили погрешность от перекоса направляющей вместе с самой направляющей. Конструкция получилась дешевле и точнее.

Часть 2

2.1 ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ

Инженерный анализ подразумевает мысленное расчленение объекта проектирования или исследования на составные части для получения новой информации.

Инженерный анализ можно начинать после получения некоторой идеи или после принятия решения об использовании некоторой идеи в процессе проектирования. Инженерный анализ требует четкого определения цели, учета ограничений, налагаемых на процесс и на результат анализа, а также применения профессиональных знаний и навыков.

Первым шагом в процессе инженерного анализа является формулирование цели.

Цель формулируется во всех случаях, вне зависимости от масштаба решаемого вопроса, будь то выбор физического принципа работы преобразователя измерительной информации, использование определенного вида передачи (зубчатой, рычажной) или всего лишь выбор номинальной формы контактной поверхности.

Формулировка цели, как и в других операциях проектирования, должна быть краткой, четкой и содержать указание на ожидаемый результат.

Следует помнить, что от формулировки цели зависит содержание анализа, его направленность, а, следовательно, и результат.

Следующим шагом в процессе инженерного анализа является построение модели.

В проектировании под моделью понимают некоторый объект, находящийся в определенном соответствии с изучаемым объектом – оригиналом и более удобный для решения задач конкретного исследования. В общем случае модель – это явление, техническое устройство, знаковое образование или иной условный образ, который находится в определенном соответствии (сходстве) с изучаемым объектом-оригиналом и способен замещать оригинал в процессе исследования,

давая о нём необходимую информацию. Применяются модели двух видов: аналитические и физические. Модель должна быть достаточно простой, чтобы ее можно было проанализировать в течение приемлемого времени, но, с другой стороны, достаточно полной, чтобы полученные результаты можно было распространить на проектируемый объект. Так называемые "натуральные модели", макеты, опытные образцы по исследуемым элементам не отличаются от проектируемого объекта, а по составу могут воспроизводить оригинал частично или полностью.

Аналитическая модель отражает использование определенных физических принципов и может быть представлена в виде математических выражений.

Построение модели всегда связано с принятием допущений. Неправильные или слишком грубые допущения нарушают соответствие модели проектируемому (исследуемому) устройству, делают модель неадекватной. Строгость аналитической модели обманчива. Модель может оказаться непригодной, если принятые допущения недостаточно учитывают относительную важность различных аспектов решаемой задачи.

Физические (экспериментальные) модели строятся в тех случаях, когда построение аналитической модели затруднительно или невозможно, или если поставленная задача проще и быстрее решается экспериментально.

Построение физической модели в процессе проектирования изделия – изготовление макетов, моделей, опытных образцов – предусмотрено стандартами ЕСКД. В ряде случаев оно является обязательным, в частности, для изделий, нарушение работоспособности которых недопустимо с точки зрения правил безопасности.

При решении ряда задач приходится строить комбинированные модели, например, получаемые экспериментальные значения подставляются в теоретические выражения. Возможны также параллельные, уточняющие друг друга модели (аналитическая оценка целесообразности тех или иных экспериментов и т.п.).

Целью, достигаемой построением модели, является получение данных и их оценка для установления соответствия ожидаемых показателей качества спроектированного изделия показателям, предусмотренным техническим изданием, и выбор наиболее рационального варианта изделия. Результатом может также явиться обоснование продолжения разработки данного варианта, совершенствование его конструкции или же отказ от разработки.

Построение модели определяет успех всей дальнейшей работы в инженерном анализе, так как его результаты будут полезными только при достаточной строгости модели.

Решение оформляется в виде текста (графиков) как итог математических операций или результат эксперимента и представляется в форме предусмотренных ЕСКД документов – расчетов (РР), пояснительной записки (ПЗ). Как один из конечных результатов проектирования может быть составлена карта технического уровня (КУ).

Цель анализа: анализировать конструктивные параметры прибора на основе анализа главных функциональных параметров.

2.2 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

Источники погрешностей:

- базирующее устройство;
- устройства вспомогательных перемещений;
- устройства перемещения и фиксации измерительных преобразований;
- первичный измерительный преобразователь и чувствительный элемент;
- источники методически погрешностей.

После анализа существует два пути:

- 1) усовершенствование конструкции прибора;
- 2) нормирование точности изготовления, сборки и регулировки прибора.

Инженерный анализ позволяет не только выбрать наилучший вариант среди нескольких конкурирующих, но и оптимизировать конструкторские параметры изделия или изменить конструкцию некоторых элементов с целью получения заданных свойств.

Перечислим способы уменьшения погрешности вызванной неплоскостностью направляющей при контроле параллельности. (рисунок 2.2.1):

$$\Delta_{\perp} = \frac{T_H}{l_k} \cdot L$$

где Δ_{\perp} – погрешность вызванная неплоскостностью (непрямолинейностью) направляющей

T_H – допуск прямолинейности направляющей;

L – длина кронштейна;

l_k – длина каретки.

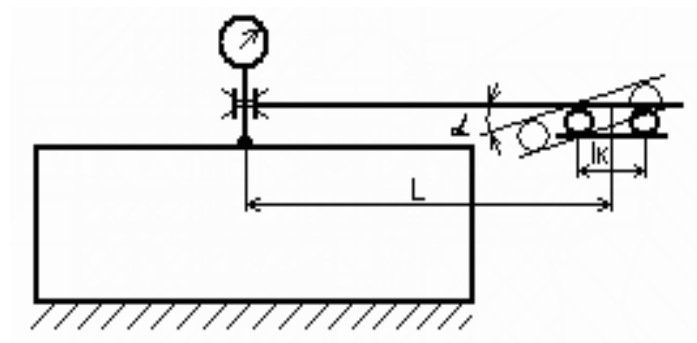


Рисунок 2.2.1 – Наклон кронштейна вызванной неплоскостностью направляющей



НАКЛОН НАПРАВЛЯЮЩЕЙ

Уменьшить погрешности можно за счет:

1) уменьшения допусков – самый простой способ, но это дорогостоящий вариант;

2) удлинения каретки. Чем длиннее каретка, тем меньше погрешность перемещения.

Ставим задачу – уменьшить погрешность, вызванную неплоскостностью направляющей.

Техническое противоречие:

ТП1-каретка должна быть короткой, чтобы не увеличивать габариты прибора.

ТП2-каретка должна быть длинной, чтобы уменьшить погрешность.

Когда положение индикатора при перемещении кронштейна по направляющей изменяется по вертикали (перекос кронштейна), то возникает доминирующая составляющая погрешности, прямо пропорциональная длине кронштейна L (расстояние от оси индикатора до центра каретки). Решение задачи – уменьшить погрешность, вызванную неплоскостью направляющей см.ниже, в п. 2.3.

2.3 ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА ЗА СЧЕТ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Решение 1. Применим принцип **ИНВЕРСИИ** – кронштейн сделаем неподвижным, а деталь подвижной (по направляющим) (рисунок 2.3.1)

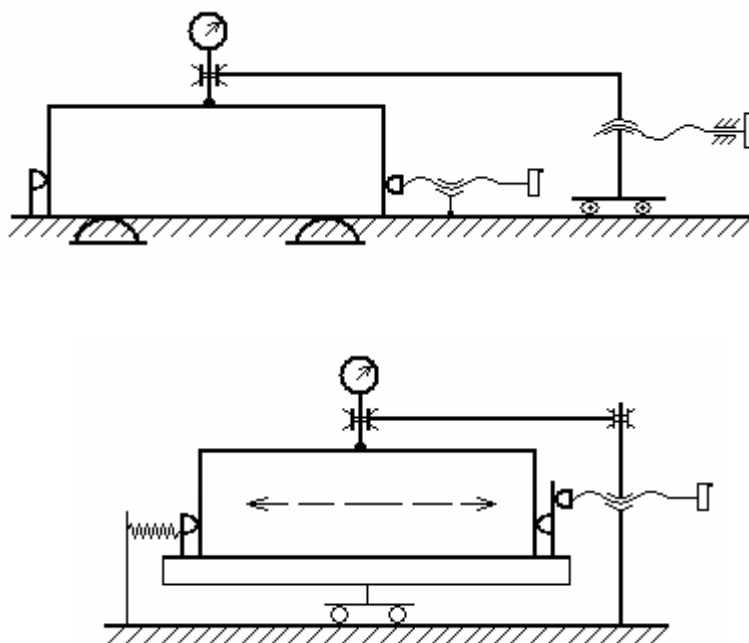


Рисунок 2.3.1 – Подвижный и неподвижный кронштейны



[ПОДВИЖНАЯ ДЕТАЛЬ/ИНДИКАТОР](#)

Теперь при движении по направляющим возникает перекос индикатора (равный перекосу детали, а не кронштейна), а положение индикатора по вертикали не изменяется, (перекоса кронштейна нет), возникает погрешность 2-го порядка малости. (2-ая схема лучше).

Решение 2. Разделим систему (в данном случае направляющую) на две части (рисунок 2.3.2).

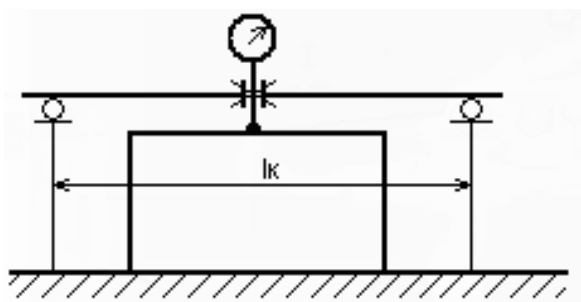


Рисунок 2.3.2 – Направляющая, состоящая из двух частей

Длина каретки l_k увеличилась, а габариты прибора практически не изменились. Теперь при движении по направляющим возникает незначительный перекося кронштейна, а так как индикатор расположен посередине, возникает незначительная погрешность.

Предварительная оценка погрешностей измерений при контроле перпендикулярности (рисунок 2.3.3)

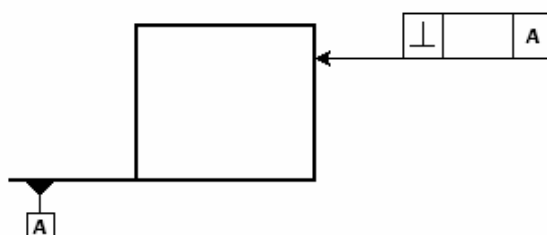


Рисунок 2.3.3 – Контроль перпендикулярности

1-ый вариант: индикатор должен двигаться прямолинейно и перпендикулярно основанию детали. Непрямолинейность направляющих вызывает не только перекося каретки и кронштейна, на котором расположен индикатор, но еще и смещение индикатора вдоль линии измерения и его перекося (рисунок 2.3.4).

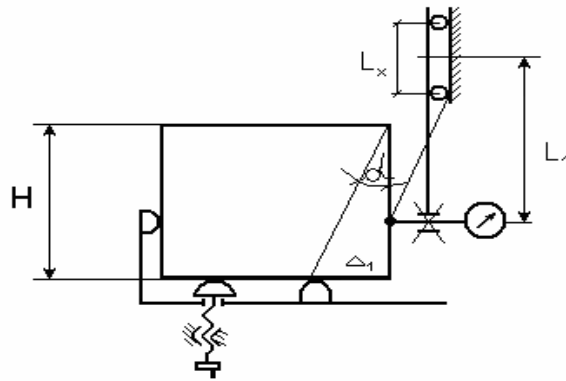


Рисунок 2.3.4 – Перекос направляющей

Оценим основные источники погрешностей измерений

1. Δ головки индикатора;

2. $\Delta_{\perp} = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot H$ (неперпендикулярность направляющей),

где α_1 – угол перекоса направляющей относительно номинального положения (может быть сведен к минимуму за счет использования регулируемой опоры);

H – высота детали;

3. $\Delta_{-} = \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot l_1$ (непрямолинейность направляющей),

где α_2 – угол перекоса кронштейна, вызванный непрямолинейностью направляющей;

l_1 – длина кронштейна;

4. $\Delta_{-} = (T_k + T_H)$; смещение вызванное непрямолинейностью направляющей и каретки (T_k и T_H - допуски прямолинейности каретки и направляющей);

5. $\Delta_{-} = \sin^2 \alpha_2 \cdot T$ перекос индикатора.

Где T – допуск детали.

2-ой вариант: настраиваем индикатор по образцовой детали (угольнику) на “0” и затем ставим измеряемую деталь (рисунок 2.3.5).

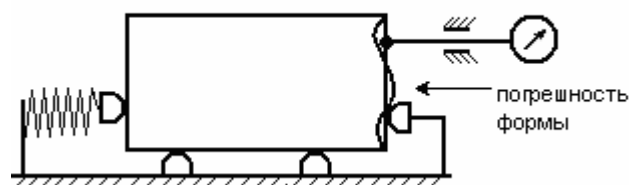


Рисунок 2.3.5 – Измерение перпендикулярности

Недостаток – погрешность формы измеряемой детали не учитывается. Может возникнуть большая методическая погрешность $\Delta_m = f(T_{\text{плоск.}})$. Погрешность настройки и погрешность образцовой детали увеличат общую погрешность.

3-ий вариант (рисунок 2.3.6): деталь должна двигаться прямолинейно и перпендикулярно линии измерения. Непрямолинейность направляющих вызывает не только перекос детали, но еще и ее смещение вдоль линии измерения. Угол перекоса кронштейна, вызванный прямолинейностью направляющей отсутствует;

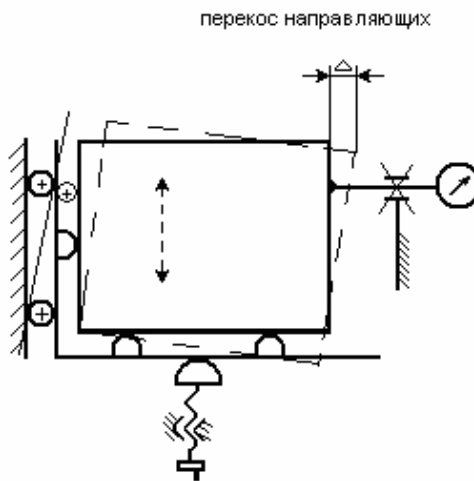


Рисунок 2.3.6 – Перекос направляющих

4-ый вариант: установим несколько индикаторов (рисунок 2.3.7).

Измеряемую величину можно оценить по разности показаний индикаторов.

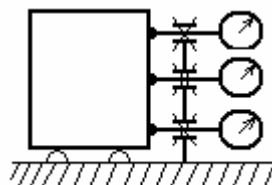


Рисунок 2.3.7 – Использование нескольких индикаторов

Недостатки – большое количество индикаторов, удорожание конструкции, погрешность формы измеряемой детали не учитывается, возникает большая методическая погрешность. Погрешность настройки увеличит общую погрешность.

Выводы: второй вариант (при наличии регулируемой опоры) по точности контроля предпочтительнее остальных вариантов. Первый вариант уступает второму по точности, но превосходит по простоте конструкции и удобству контроля. Остальные варианты не учитывают погрешность формы измеряемой детали и добавляется погрешность настройки.

Компенсация взаимного расположения частей изделия

Вместо одной из жестких опор ставят регулируемую опору (винт). Вначале устанавливается образцовая деталь (эталон). С помощью винта настраивают прибор так, чтобы индикатор на двух сторонах детали показывал “0”. Таким образом, непараллельность направляющей и базовой плоскости компенсируется настройкой с помощью винта (рисунок 2.3.8).

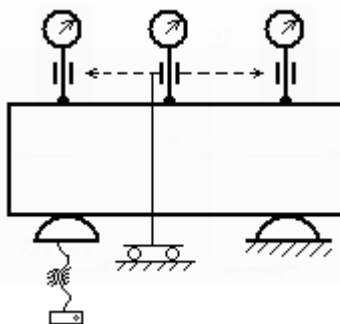


Рисунок 2.3.8 – Компенсация непараллельности базовой плоскости

Компенсаторы могут уменьшить стоимость прибора.

При контроле погрешности формы, как правило, компенсаторы не нужны.

Часть 3

3.1 КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1.1 Устройства и элементы контрольного приспособления

Контрольные приспособления включают следующие устройства и элементы.

1. Устройство для базирования и фиксации деталей:

- базирующие элементы (БЭ) (рисунок 3.1.1);

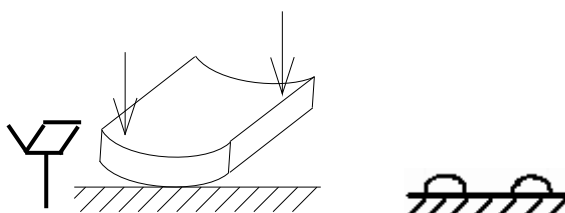


Рисунок 3.1.1 - Базирующие элементы

- фиксирующие элементы (ФЭ) (рисунок 3.1.2);

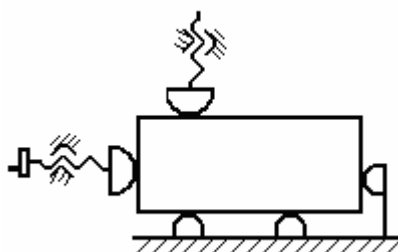


Рисунок 3.1.2 - Фиксирующие элементы

- регулирующие устройства фиксирующих элементов (РУ ФЭ);

- устройство образцовых перемещений (УОП).

2. Измерительное устройство:

- чувствительный элемент (ЧЭ);

- первичный измерительный преобразователь (ПИП);

- промежуточный преобразователь измерительной информации (ПРПИИ);

- устройство отображения измерительной информации (УОИИ);

В индикаторе совмещены все вышеуказанные элементы.

3. Устройство фиксации измерительного устройства (УФУИ):

- фиксирующий элемент (ФЭ);
- устройство вспомогательных перемещений (рисунок 3.1.3) (УВП);

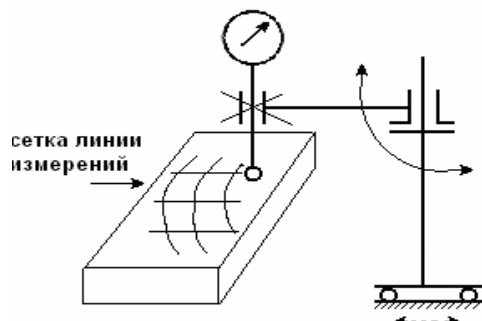


Рисунок 3.1.3 – Двухкоординатное устройство вспомогательных перемещений

- приводные устройства вспомогательных перемещений (ПУВП).

4. Объединяющие элементы (ОЭ):

- стойки;
- корпуса;
- плиты;
- кронштейны.

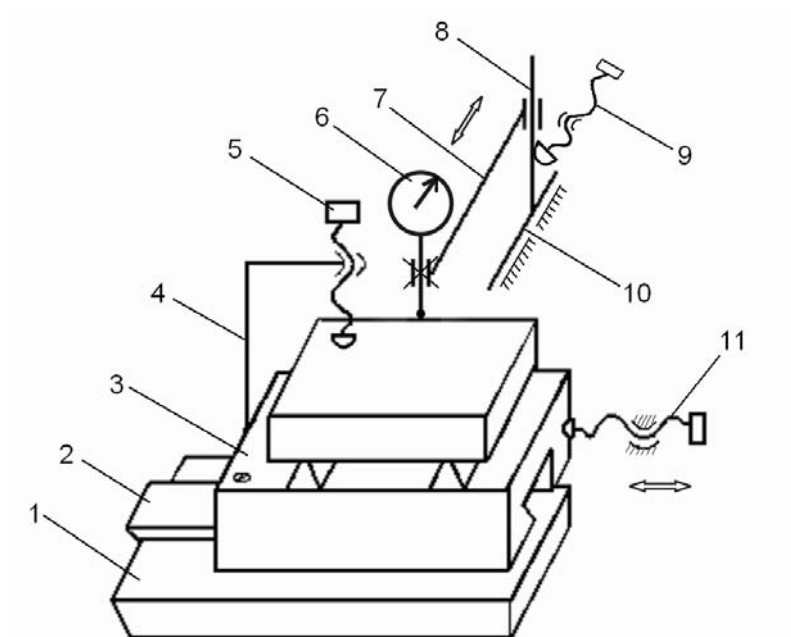


Рисунок 3.1.4 – Прибор для контроля неплоскостности

Пример - прибор для контроля неплоскостности.

Данное изделие (рисунок 3.1.4) состоит из:

- 1 – станина (ОУ);
- 2, 10 – направляющая (УВП);
- 3 – базирующее устройство (БЭ);
- 4, 8 – стойка (ОЭ);
- 5 – фиксирующее устройство (ФЭ);
- 6 – индикатор;
- 7 – кронштейн (ФЭ);
- 9, 11 – приводные устройства вспомогательных перемещений (ПУВП).

3.1.2 Составление схемы (условные обозначения)

1. Базирующие элементы (рисунки 3.1.5 и 3.1.6).



Рисунок 3.1.5 – Базирующие элементы

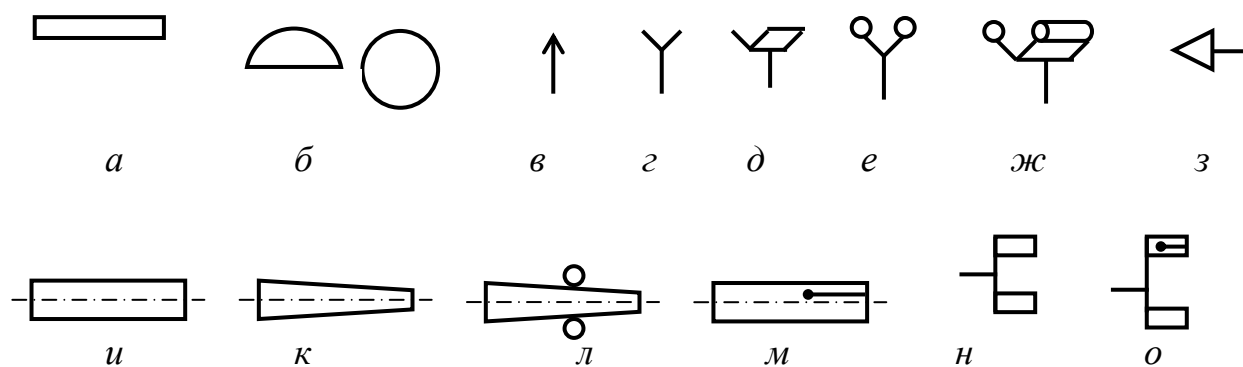


Рисунок 3.1.6 – Условные обозначения базирующих элементов

средств измерений геометрических параметров:

- а – плоский; б – сферический; в – ножевой; г – призматический с ножевой призмой; д – призматический с плоскими гранями; е – призматический с дисковыми роликами; ж – призматический с цилиндрическими роликами; з – конический (центр); и – оправка

цилиндрическая; к – оправка коническая; л – оправка разжимная шариковая; м – оправка разжимная цанговая; н – патрон кулачковый; о – патрон цанговый

2. Наконечники (рисунок 3.1.7).

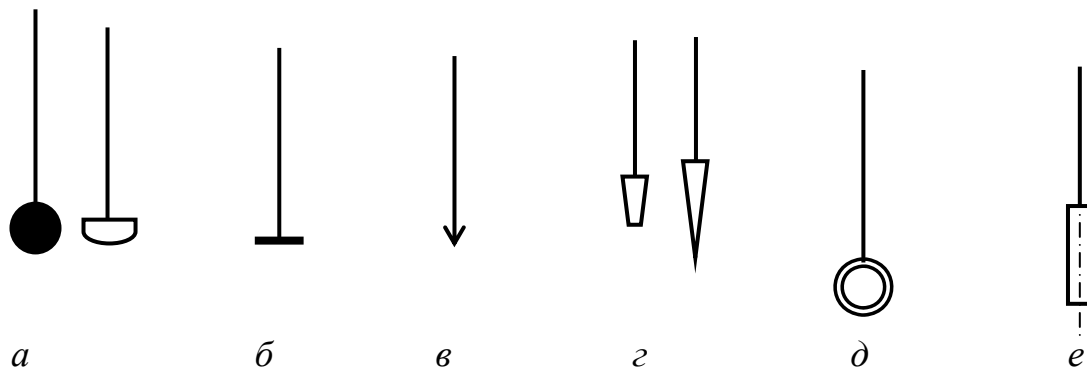


Рисунок 3.1.7 – Условные обозначения контактных чувствительных элементов средств измерений геометрических параметров:

а – сферические; б – плоский; в – ножевой; г – конические; д – тороидальный; е – цилиндрический

3. Индикаторы (рисунок 3.1.8).

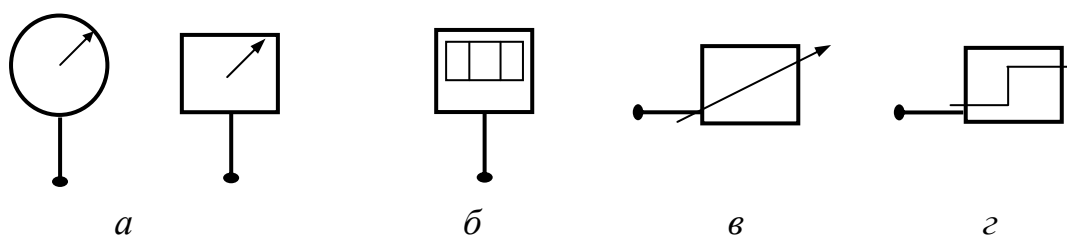


Рисунок 3.1.8 – Условные обозначения измерительных головок и первичных измерительных преобразователей:

а – аналоговые головки; б – дискретная (цифровая) головка; в – аналоговый первичный измерительный преобразователь; г – дискретный (цифровой, числовой) первичный измерительный преобразователь с дискретным (цифровым, числовым) выходом.

4. Направляющие (рисунок 3.1.9).

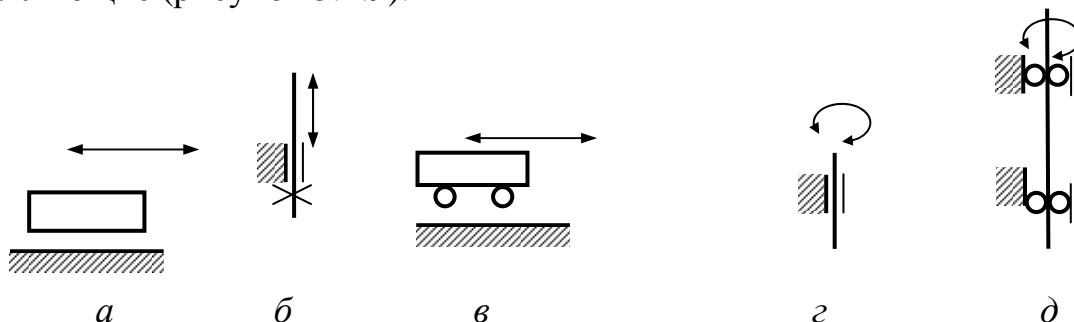


Рисунок 3.1.9 – Направляющие:

а – продольного перемещения с трением скольжения; б – продольного перемещения с трением

скольжения и фиксацией; в – продольного перемещения с трением качения; г – вращения с трением скольжения; д – вращения с трением качения.

5. Вспомогательные перемещения (рисунок 3.1.10).

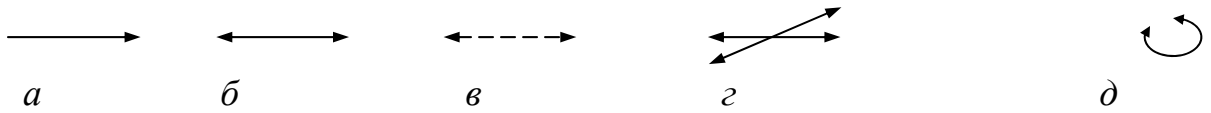


Рисунок 3.1.10 – Перемещения вспомогательные (примеры обозначений):

а – прямолинейное непрерывное; б – прямолинейное непрерывное в прямом и обратном направлениях; в – прямолинейное периодическое в прямом и обратном направлениях; г – прямолинейное непрерывное в двух взаимно перпендикулярных направлениях (двухкоординатное); д – круговое непрерывное

6. Измерительные перемещения (рисунок 3.1.11).

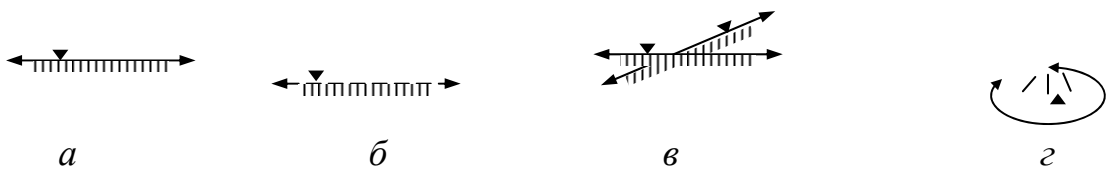


Рисунок 3.1.11 – Перемещения измерительные или "отсчетные" (примеры обозначений):

а – прямолинейное непрерывное в прямом и обратном направлениях; б – прямолинейное дискретное в прямом и обратном направлениях; в – прямолинейное непрерывное в двух взаимно перпендикулярных направлениях (двухкоординатное); г – круговое непрерывное

Пример

Необходимо измерить внутренний диаметр и положение оси отверстия (рисунок 3.1.12).

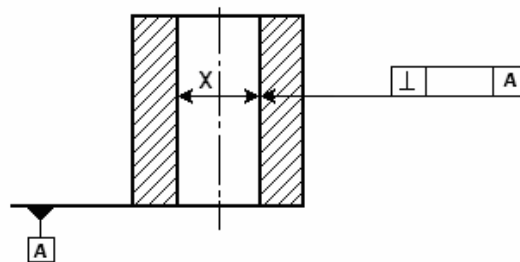


Рисунок 3.1.12 – Требования к детали



НУТРОМЕР ИНДИКАТОРНЫЙ



НУТРОМЕР ШАРИКОВЫЙ

Используя условные обозначения, приведенные выше, можем построить схему приспособления (рисунок 3.1.13).

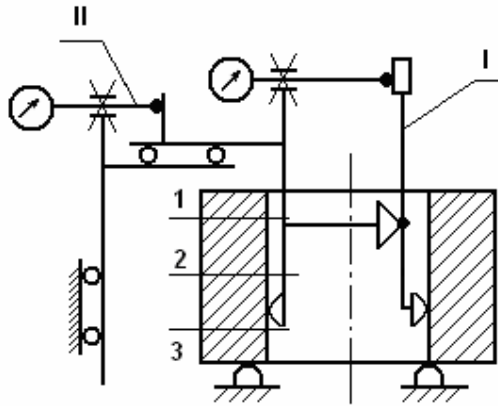


Рисунок 3.1.13 – Схема приспособления

Контрольные приспособления для контроля погрешности формы и погрешности расположения не требуют настройки по эталонам, как это требуется при контроле размера.

Пример 2. Схема измерения полного торцевого биения при базировании детали в призме приведена на рисунке 3.1.14.

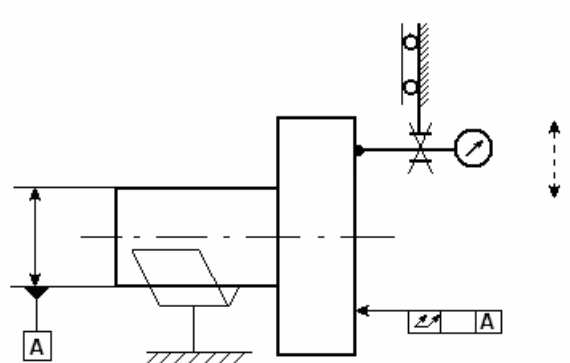


Рисунок 3.1.14 - Схема измерения полного торцевого биения



ИЗМЕРЕНИЕ ТОРЦЕВОГО БИЕНИЯ. НАКЛОН СТОЙКИ



ИЗМЕРЕНИЕ ТОРЦЕВОГО БИЕНИЯ. ИЗГИБ СТОЙКИ



ИЗМЕРЕНИЕ ТОРЦЕВОГО БИЕНИЯ. НЕСООСНОСТЬ ПРИЗМ

3.2 БАЗИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

3.2.1 Классификация опор

Установочные элементы, называемые опорами, делят на основные и вспомогательные.

Основными опорами называют элементы, лишаящие заготовку при установке всех или нескольких степеней свободы, т.е. основные опоры определяют положение деталей в пространстве. Поэтому они, как правило, неподвижны.

Общие требования, предъявляемые к установочным элементам, следующие:

- число и расположение установочных элементов должно обеспечить необходимую точность базирования детали;
- рабочие поверхности установочных элементов должны быть небольших размеров. Это необходимо для уменьшения влияния неточности изготовления технологической базы и её микронеровностей на величину погрешности базирования;
- установочные элементы не должны деформировать базы детали при установке по обработанным поверхностям. Это требование ограничивает стремление свести контакт установочных элементов с базой к точке, вытекающее из предыдущего требования;
- установочные элементы должны быть жёсткими (недостаточная жёсткость может привести к возникновению погрешности базирования);
- конструкции установочных элементов должны обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении;
- рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износостойкостью. Они изготавливаются из углеродистых сталей У7А ... У10А с закалкой до твёрдости HRC 50 ... 55, сталей 20, 20Х с последующей цементацией рабочих поверхностей на глубину 0,8 ... 1,2 мм и закалкой до той же твёрдости;

- базирующие элементы совместно со вспомогательными устройствами должны обеспечить ориентирование и фиксацию деталей на измерительной позиции.

3.2.2 Установка по плоскости

Базирование по плоскости применяется как для обработанных, так и для необработанных поверхностей деталей. Установка по необработанным поверхностям применяется в случаях, когда проверяются размеры с широкими допусками (контроль отливок, поковок). В этих случаях рекомендуется базирование по трём точкам на стандартных опорах со сферической поверхностью.

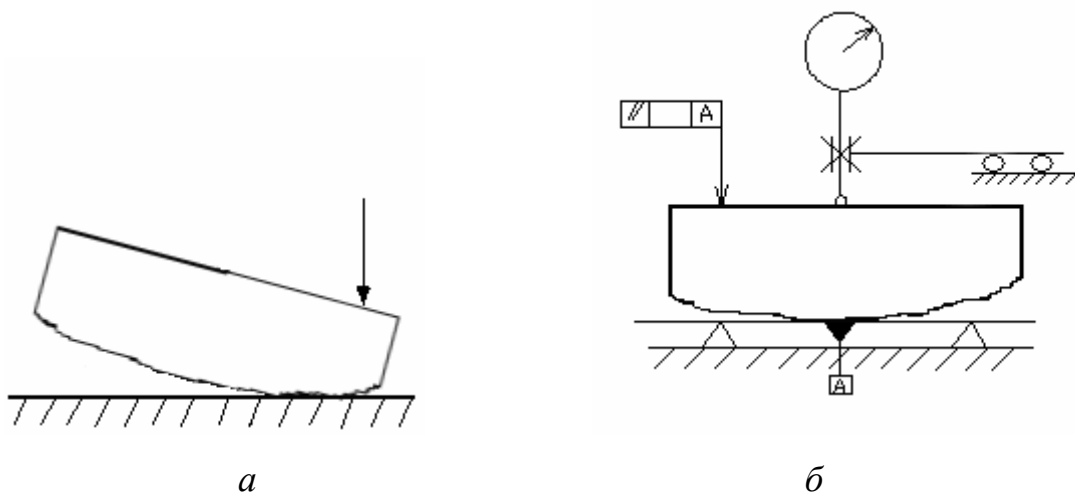


Рисунок 3.2.1 - Источник методической неопределённости

Источником методической неопределённости является отклонение базовой поверхности детали от плоскостности- выпуклость.



НЕПЛОСКОСТЬ БАЗОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Износ базирующей поверхности также влияет на точность. Для уменьшения износа используют легированную сталь (40Х...У10А).

Прочность характеризуется допустимыми напряжениями $[\sigma]$, жёсткость – способностью противостоять деформации (модуль упругости E или модуль Юнга). При термообработке модуль упругости стали не меняется.

На точность прибора влияет жёсткость. Из легированной стали делать весь стол нерационально (дорого). Из легированной стали делаются только отдельные элементы, к примеру, опоры-вставки.

Базирующие элементы совместно со вспомогательными устройствами должны обеспечить ориентирование и фиксацию деталей на измерительной позиции.

Элементы для установки детали по плоскости (рисунок 3.2.2).

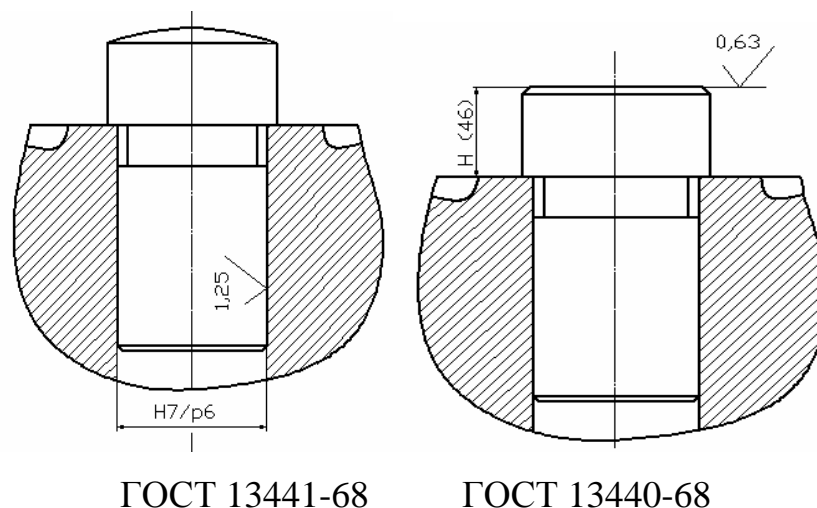


Рисунок 3.2.2 - Элементы для установки детали по плоскости

Более износостойкой является опора с плоской поверхностью. Она может быть выполнена также в виде планки, имеющей две или более опорных площадки (рисунок 3.2.3).

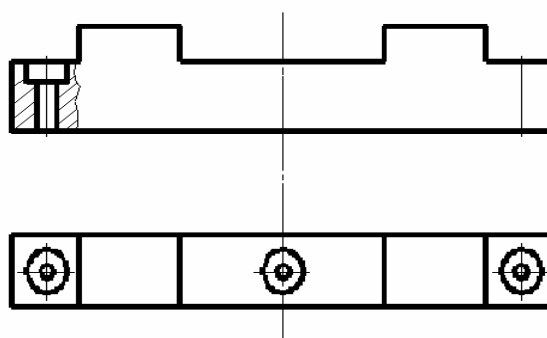


Рисунок 3.2.3 - Опора с плоской поверхностью

Регулируемые опоры выполняются по ГОСТ 4084-68; 4085-68; 4086-86 (рисунок 3.2.4).

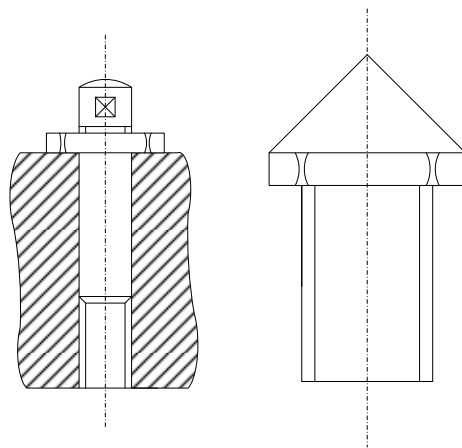


Рисунок 3.2.4 - Регулируемые опоры

Опорные пластинки изготавливают по ГОСТ 4743-68 (рисунок 3.2.5).

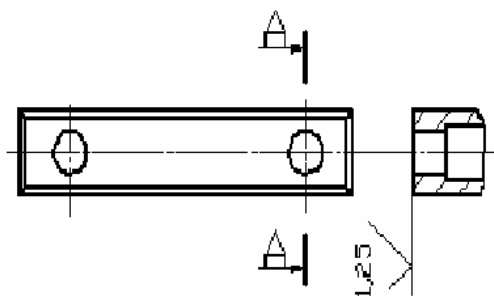


Рисунок 3.2.5 - Опорная пластинка

Плоские пластинки (рисунок 3.2.6).

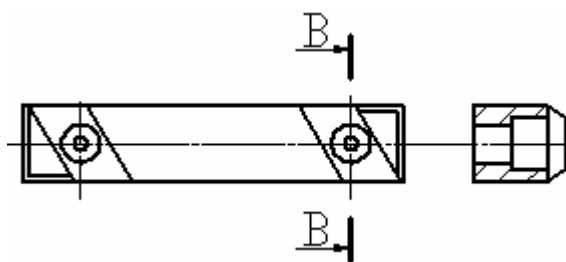


Рисунок 3.2.6 - Плоская пластинка

Требования к опорам:

- опоры должны обеспечивать правильное базирование детали;
- опоры должны быть жёсткими и неподвижными;
- опоры должны быть твёрдыми и износостойкими.

Базирование по трём точкам иногда оказывается недостаточно устойчивым, особенно при больших габаритных размерах и весе проверяемых деталей. Стабильность базирования может быть повышена установкой не на три, а на четыре точки, две из которых должны быть жёсткими, две – расположенными на качающемся коромысле.

При использовании в качестве базы обработанной поверхности детали можно применить опору на всю поверхность или на три точки – в зависимости от условий в каждом конкретном случае.

ГОСТ 21495-76 устанавливает основные понятия в теории базирования и баз при проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте.

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

База – поверхность, сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая изделию и используемая для базирования (рисунок 3.2.7).

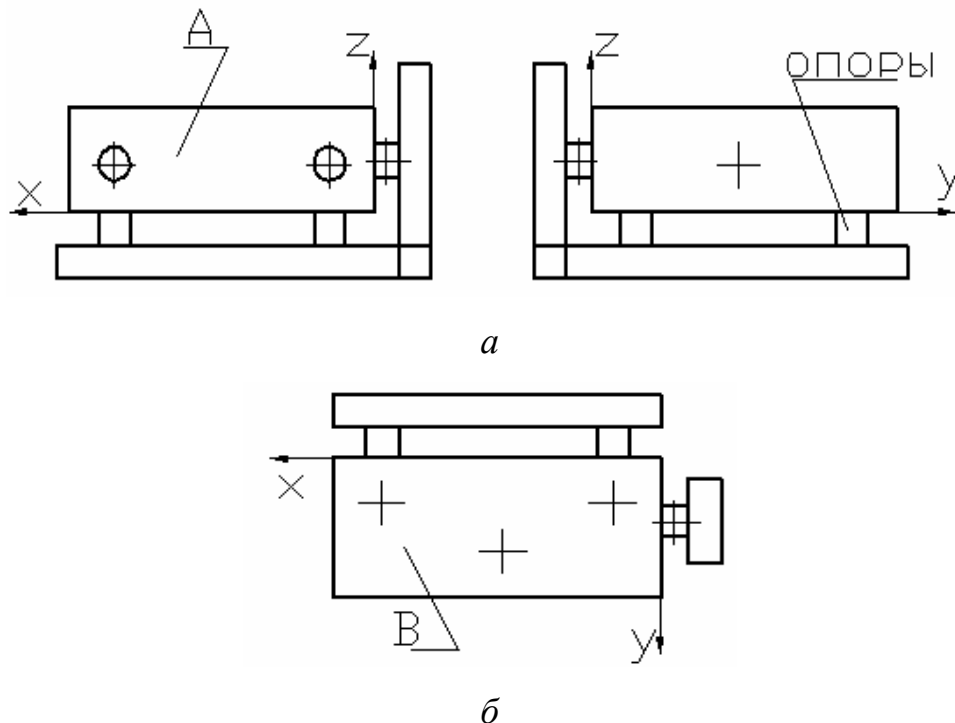


Рисунок 3.2.7 – Базирование детали

Формы вставок могут быть различны, но нужно, чтобы вставки не повреждали деталь. Можно часть опор сделать регулируемой (рисунок 3.2.8):

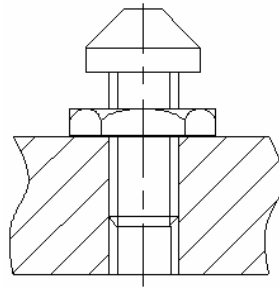


Рисунок 3.2.8 – Регулируемая опора

Контргайка нужна для того, чтобы опора не сдвинулась самопроизвольно, случайно.

Если вес детали большой, то используют 4 (и более) опоры, желательно «плавающие». Например, 2 опоры закрепляют на качающемся рычаге (рисунок 3.2.9).

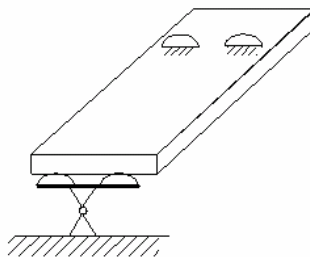


Рисунок 3.2.9 – Качающаяся опора

3.2.3 Базирующие элементы для цилиндрических деталей

К базирующим элементам для цилиндрических деталей относятся:

1) призма (рисунок 3.2.10);

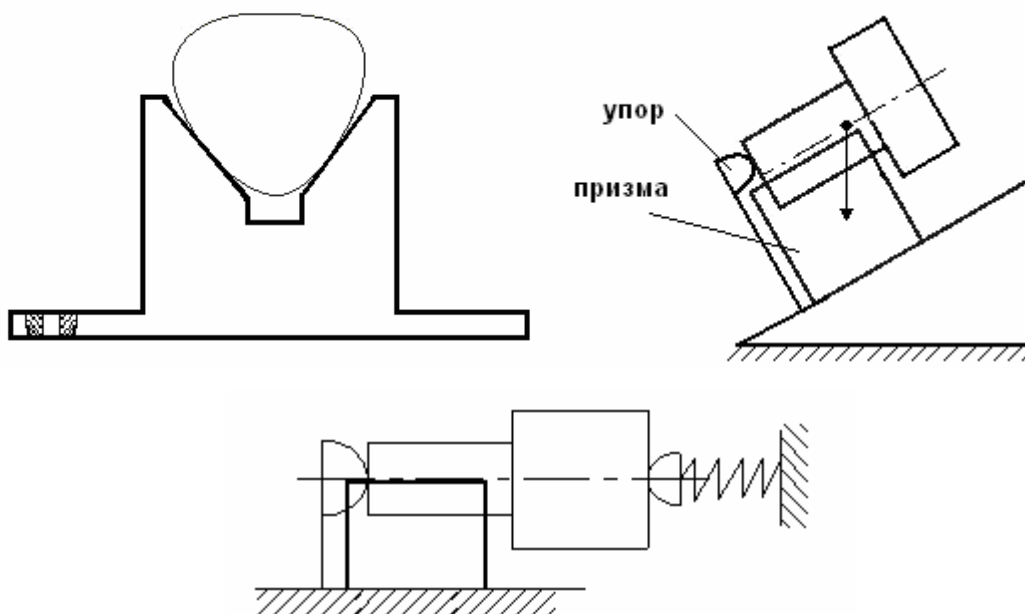


Рисунок 3.2.10 – Базирование в призме

Источником методической неопределённости является отклонение формы детали в поперечном сечении.



ОТКЛОНЕНИЕ ОТ КРУГЛОСТИ

2) центра (рисунок 3.2.11);

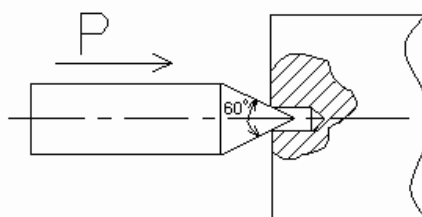


Рисунок 3.2.11 – Базирование в центрах

Центр должен иметь определённую шероховатость, определённые требования к форме в поперечном сечении. В центре должна быть вставка из твёрдого, износостойкого материала (рисунок 3.2.12).

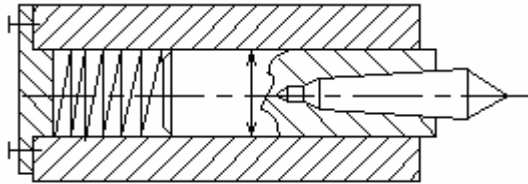


Рисунок 3.2.12 – Подвижный центр

3) оправка (рисунок 3.2.13);

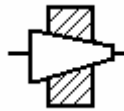


Рисунок 3.2.13 – Оправка

4) патрон (рисунки 3.2.14, 3.2.15);

- кулачковый;

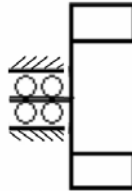


Рисунок 3.2.14 – Кулачковый патрон

- цанговый;

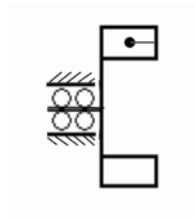


Рисунок 3.2.15 – Цанговый патрон

3.3 УСТАНОВКА ПО НАРУЖНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

3.3.1 Установка детали на призму

Наиболее широко применяемым методом базирования по наружным цилиндрическим поверхностям является установка детали на призму (рисунок 3.3.1).

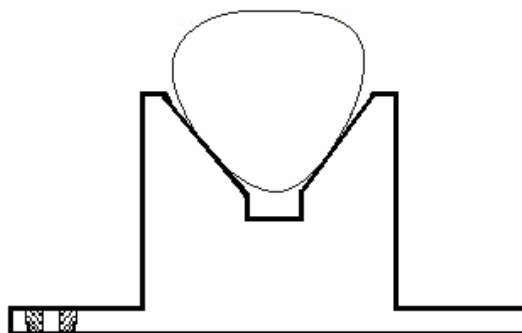


Рисунок 3.3.1 - Установка детали на призму

Материал ШХ-15 ГОСТ801-60.

По точности изготовления призмы выпускаются трех классов:

- призма типа I-0:1:2;
- призма типа II-1:2;
- призма типа III-0:1:2.

Основные размеры призм (таблица 3.3.1).

Таблица 3.3.1 – Основные размеры призм

Размеры	B	L	H	h	H1	H2	H3	H4	Диаметры	
									min	max
I-1	35	40	35	6	-	-	-	-	3	15
I-2	60	60	50	16	-	-	-	-	5	40
I-3	105	100	80	32	-	-	-	-	8	80
I-4	150	100	100	50	-	-	-	-	12	135
II-1	100	60	90	-	32	25	20	16	8	80
II-2	160	80	135	-	50	32	25	20	12	135
II-3	200	100	180	-	60	50	32	25	20	160
II-4	300	125	270	-	110	80	60	50	32	300
III-1	200	100	125	60	-	-	-	-	20	160
III-2	300	125	180	110	-	-	-	-	32	300

Контроль параметров призмы:

1. Схема измерения отклонения параллельности призматической части основанию (рисунок 3.3.2).

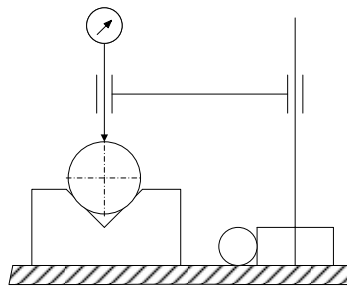


Рисунок 3.3.2 - Измерение отклонения параллельности призматической части основанию

Измерение производят по двум валикам разных диаметров.

2. Схема измерения отклонения от параллельности призматической части боковым граням (рисунок 3.3.3).

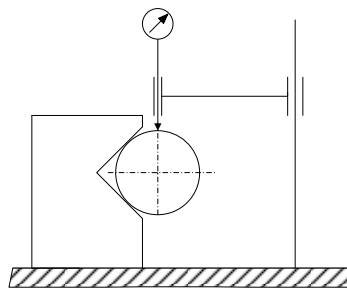


Рисунок 3.3.3 - Измерение отклонения от параллельности призматической части боковым граням

3. Схема измерения отклонения от симметричности расположения призматической части (рисунок 3.3.4).

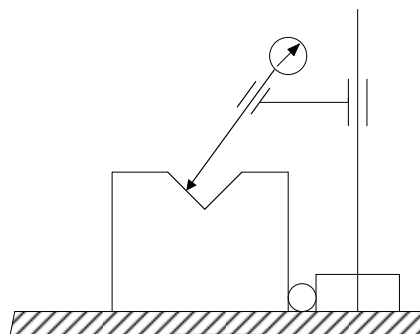


Рисунок 3.3.4 - Измерение отклонения от симметричности расположения призматической части

При использовании призмы может возникнуть составляющая погрешности измерения, вызываемая перемещением центра вала в зависимости от значения действительного размера (рисунок 3.3.5).

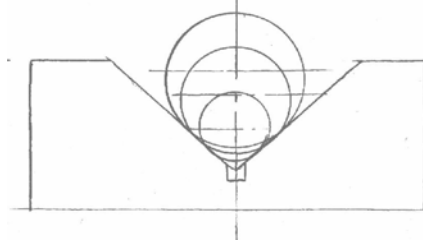


Рисунок 3.3.5 – Базирование деталей разных диаметров

Призма определяет положение оси детали типа тела вращения. В связи с этим возникает необходимость точной фиксации положения призмы, например, на плите прибора. Поэтому, кроме винтов, призмы фиксируют с помощью штифтов (рисунок 3.3.6).

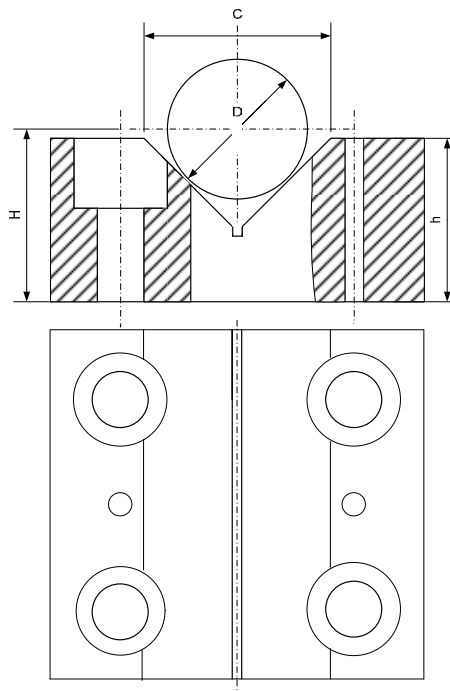


Рисунок 3.3.6 – Пример конструкции призмы

В средствах измерения используются призмы с углами 60° , 72° , 90° , 108° , 120° . Наибольшее распространение получила призма с $\alpha = 90^\circ$.

Конструктивное оформление призмы зависит от условий работы прибора, необходимой его точности, других причин.

Для повышения точности базирования в призме и уменьшения влияния отклонения формы контролируемой детали (профиля продольного сечения) в средней части призмы делают выборки, оставляя базирующие полосы на краях (рисунок 3.3.7).

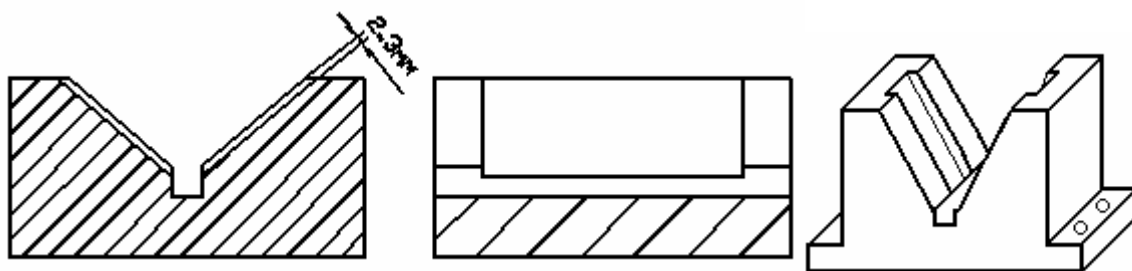


Рисунок 3.3.7 – Призма с выборкой

Призмы изготавливают из высокоуглеродистой стали с закалкой до высокой твердости. Для повышения износостойкости и увеличения срока службы призм их рабочие поверхности оснащают твердосплавными пластинами или используют цилиндрические закаленные вставки (рисунок 3.3.8).

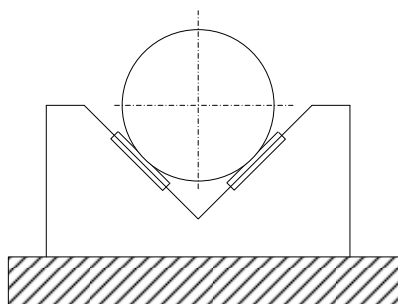


Рисунок 3.3.8 – Призма с вставками

Для облегчения вращения детали взамен жесткой призмы могут быть применены вращающиеся ролики. Чтобы уменьшить силу трения, нужно заменить трение скольжения трением качения (рисунок 3.3.9).

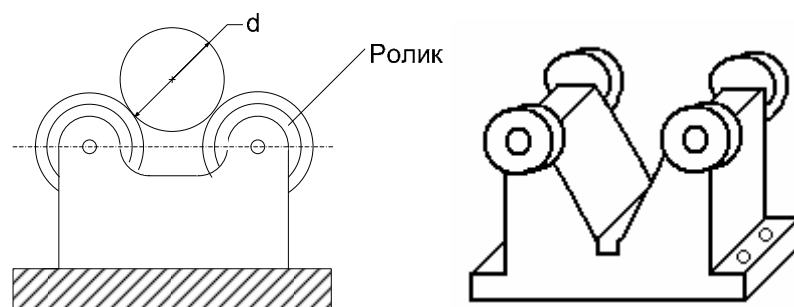


Рисунок 3.3.9 – Роликовая призма

Недостаток конструкции: ролики должны быть изготовлены с высокой точностью, т.к. отклонение от круглости наружной и внутренней поверхностей и их взаимное биение входят в погрешность базирования.

Недостаток всех призм: большая методическая погрешность при наличии погрешности формы цилиндрической детали.

3.3.2 Контроль диаметра детали в призме

Погрешность контроля диаметра детали ΔD при ее установке в призме (рисунок 3.3.10)

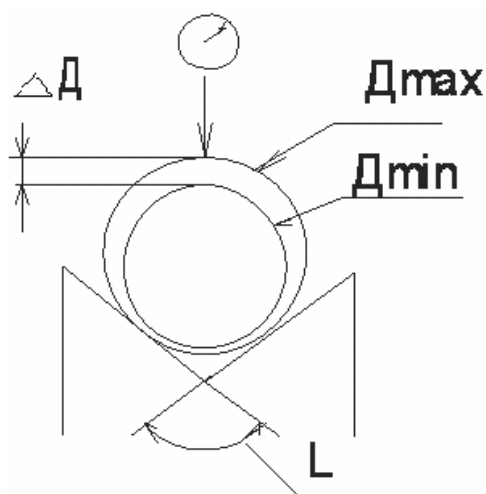


Рисунок 3.3.10 - Контроль диаметра детали в призме

$$\Delta D = m * \delta D * \Delta L,$$

где ΔD - погрешность контроля диаметра детали

m – коэффициент, который зависит от угла призмы L ;

δD – погрешность диаметра (разница между диаметром измеряемой детали и размером образцовой детали);

ΔL – погрешность угла.

3.3.3 Базирование цилиндрических деталей в центрах

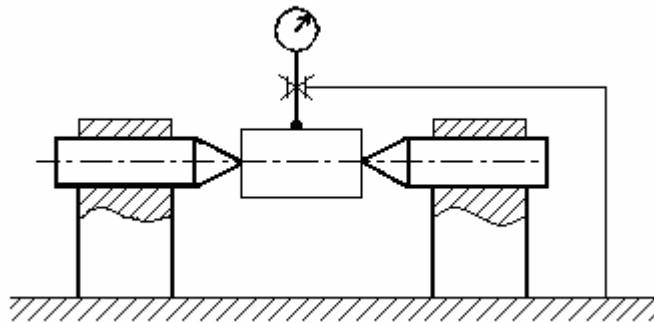


Рисунок 3.3.11 - Базирование цилиндрических деталей в центрах

Для того чтобы закрепить деталь в центрах (рисунок 3.3.11), необходимо, чтобы один из центров обладал подвижностью, т. е. нужно обеспечить его перемещение (рисунок 3.3.12).

Кромка центрального отверстия может смяться и в результате может появиться зазор, следовательно, погрешность базирования. Можно ликвидировать зазор пружиной, прижимая подвижный центр к детали. При этом возникает необходимость обеспечить зазор в самом подвижном центре (рисунок 3.3.13).

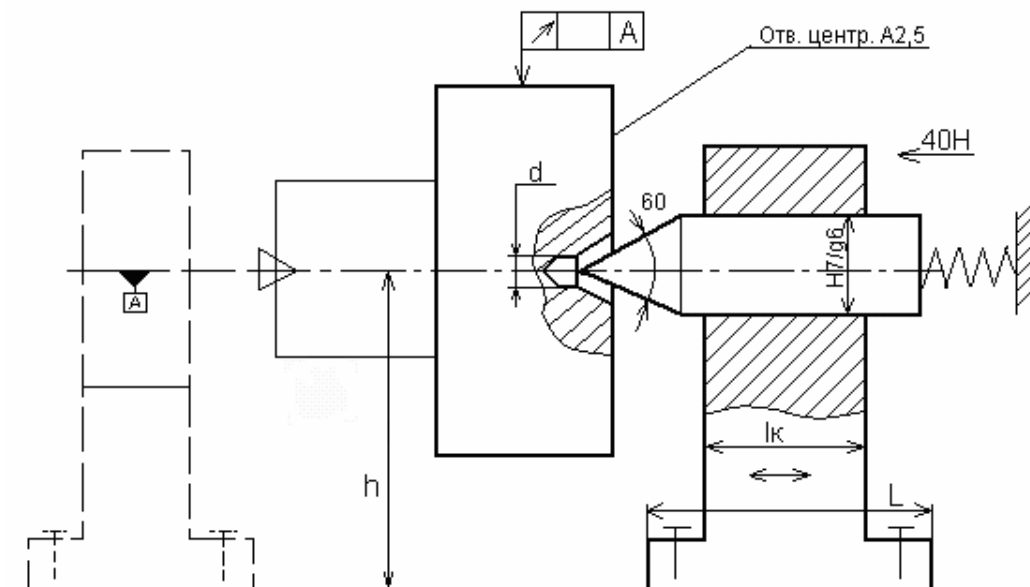


Рисунок 3.3.12 – Подвижный центр с пружиной

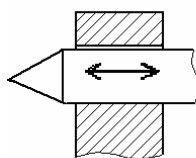


Рисунок 3.3.13 – Подвижный центр

Источники погрешностей при базировании детали в центрах:

- методическая погрешность связана с некруглостью поверхностей центровых отверстий;
- смещение оси центра относительно опорной поверхности прибора;
- в пределах зазора может произойти перекося центра;
- ось цилиндрической поверхности центра может не совпадать с осью конической поверхности.

Рекомендации по конструированию:

- 1) Необходимо устранить зазоры (рисунок 3.3.14).

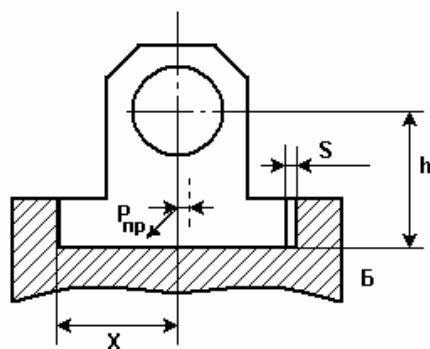


Рисунок 3.3.14 – Зазор в направляющих центров

Решение – выбрать зазор в одну сторону.

2) Второй способ: обеспечить точное положение деталей относительно друг друга (рисунок 3.3.15) за счет правильного выбора посадок.

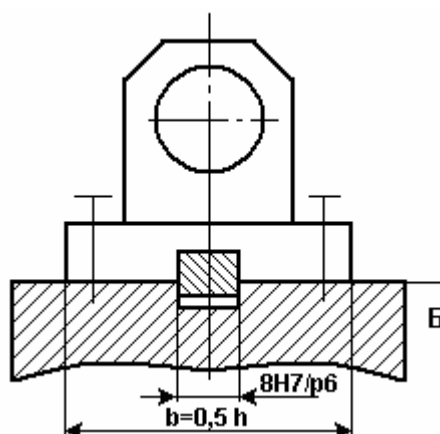


Рисунок 3.3.15 – Установка центра на шпонке

3) Использовать винтовой прижим (рисунок 3.3.16).

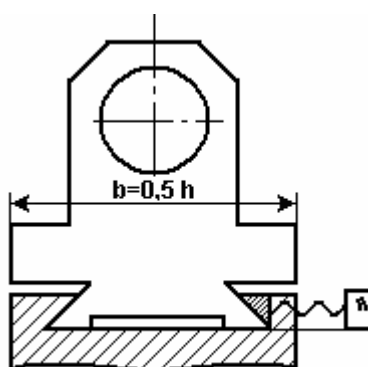


Рисунок 3.3.16 – Выбор зазора

Винтом регулируется зазор. Величина перемещения каретки при такой конструкции ограничена, так как при ее перемещении точка приложения силы

винта смещается на край каретки. Для устранения этого недостатка используется охватывающая каретка с встроенным в нее винтом (рисунок 3.3.17).

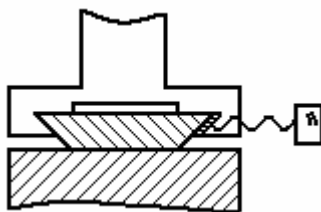


Рисунок 3.3.17 – Выбор зазора в каретке

Теперь винт в охватывающей поверхности и перемещается вместе с кронштейном. И он всегда будет располагаться по центру кронштейна.

Для подвижного центра (рисунок 3.3.18) используется пружина.

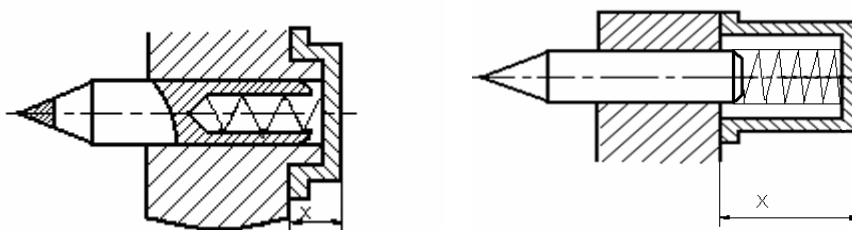


Рисунок 3.3.18 – Подвижные центры

Чтобы обеспечить перемещение центра для смены детали, необходима пружина длиной 30...40 мм.

Чтобы повысить износостойкость, центр изготавливают из двух частей, сопряженных по конусу, т. к. у конуса высокая точность центрирования (совпадение осей) (рисунок 3.3.19).

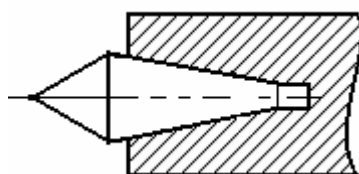


Рисунок 3.3.19 – Коническая вставка

Чтобы отвести подвижный подпружиненный центр, используется рычаг (рисунок 3.3.20).

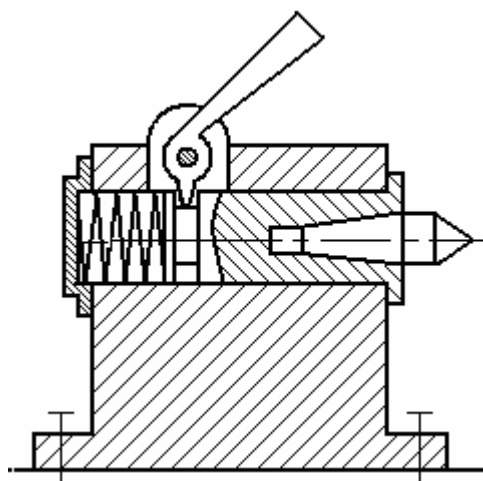


Рисунок 3.3.20 – Рычаг отвода центра

Недостаток: большие габариты.

Можно расположить рычаг сбоку от корпуса (рисунок 3.3.21).

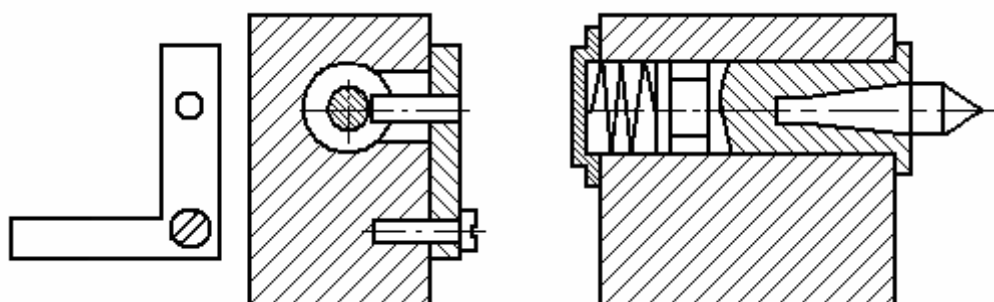


Рисунок 3.3.21 – Расположение рычага сбоку от корпуса

3.3.4 Конструкции центров

Центры для базирования деталей могут располагаться как горизонтально, так и вертикально. Центры могут быть подвижными и неподвижными.

Примеры конструкций центров:

- бабки с неподвижным центром (рисунки 3.3.22 и 3.3.23)

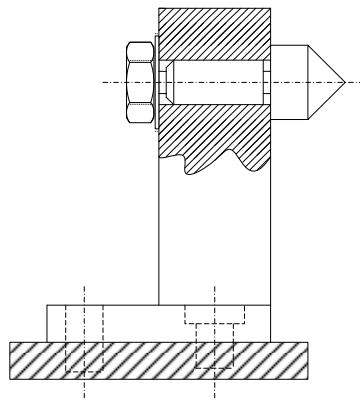


Рисунок 3.3.22 – Неподвижный центр

- бабка с цилиндрическим гнездом под центр. ГОСТ 13214 – 67;
- бабка с гнездом, имеющим конус Морзе;
- бабки с подвижным центром.

Конструирование центров, рекомендации:

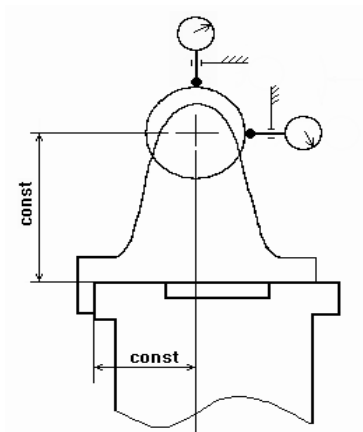


Рисунок 3.3.23 – Требования к положению оси центра

Неустраняемая погрешность Δ , при базировании деталей в центрах возникает из-за назначения посадки с зазором (рисунок 3.3.24 и рисунок 3.3.25).

К примеру, $\text{Ø}32\text{H}7/\text{g}6$.

$$\text{Зазор } S = IT_{\text{вала}} + IT_{\text{отв.}}$$

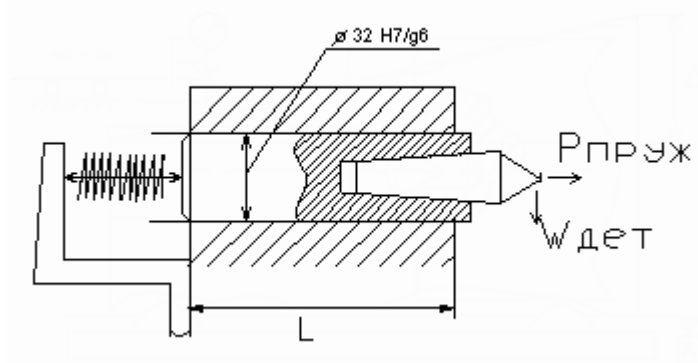


Рисунок 3.3.24 – Посадка центра в отверстие

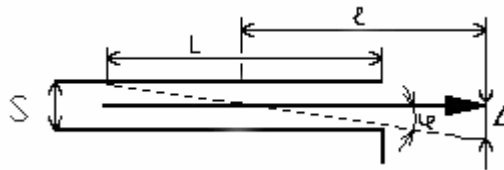


Рисунок 3.3.25 – Влияние зазора

Из рисунка 3.3.25 видно, что

$$\Delta = \operatorname{tg} \varphi \cdot \ell,$$

- где $\varphi = \operatorname{arctg}(S/L)$. (S - зазор, L – длина сопряжения)
- ℓ - величина вылета центра

Длину основания кронштейна L выбирают пропорционально высоте центров h (рисунок 3.3.26). Высота центров h зависит от диаметра измеряемой детали $d_{\text{детали}}$.

$$h = \left(\frac{d_{\text{детали}}^{\max}}{2} \right) + 5 \dots 10 \text{ мм}$$

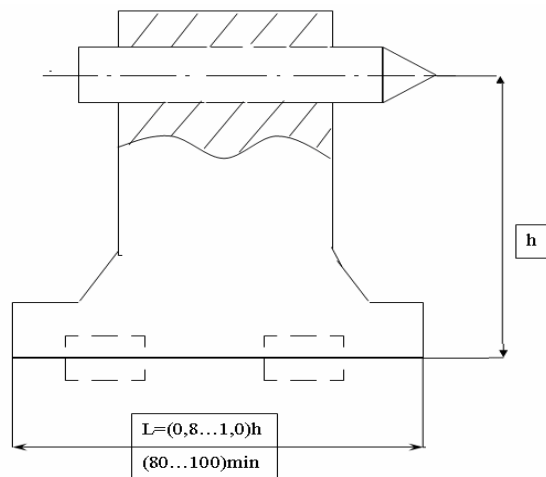


Рисунок 3.3.26 – Размеры кронштейна

Цанговый патрон

Для зажима детали, как за наружную, так и за внутреннюю поверхность используют разжимные цанговые патроны (рисунок 3.3.27). Цанга в некоторых случаях может оказаться лучше призмы, так как уменьшает методическую составляющую погрешности измерения.

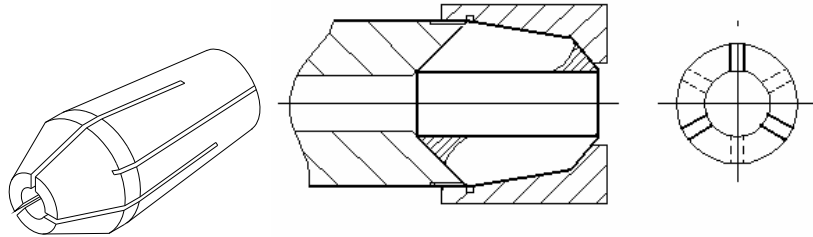


Рисунок 3.3.27 – Цанговый патрон

Один из основных источников погрешностей – подшипники, в которых вращается патрон. Это связано с тем, что у подшипников качения имеется радиальное биение и радиальный зазор.

1) Для такой детали больше подходит вариант зажима – ЦАНГОВЫЙ ПАТРОН, так как такая деталь (длина базовой поверхности малая) плохо базируется в призме (рисунок 3.3.28).

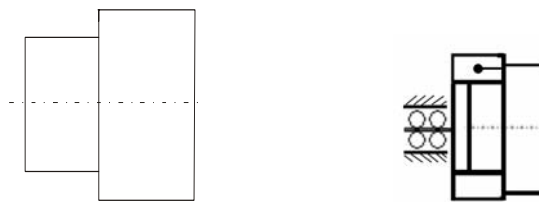


Рисунок 3.3.28 – Базирование детали в цанговом патроне

2) Для этой детали (длина базовой поверхности большая) вариант базирования – ПРИЗМА подходит лучше (рисунок 3.3.29).

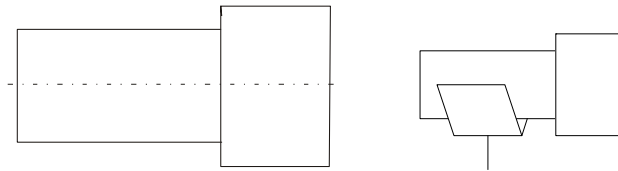


Рисунок 3.3.29 – Базирование детали в призме

3.3.5 Базирование деталей по внутренней цилиндрической поверхности

Для базирования деталей по внутренней цилиндрической поверхности используются оправки и разжимные патроны.

Оправки цилиндрические бывают:

- сплошные;
- гладкие;
- ступенчатые.

Оправки бывают также нерегулируемые (рисунок 3.3.30) и регулируемые (рисунок 3.3.31).



Рисунок 3.3.30 – Нерегулируемые оправки

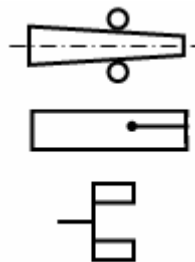


Рисунок 3.3.31 – Регулируемые оправки

1 вариант. Оправка вращается в центрах, в патронах, в подшипнике или в призме (рисунок 3.3.32).

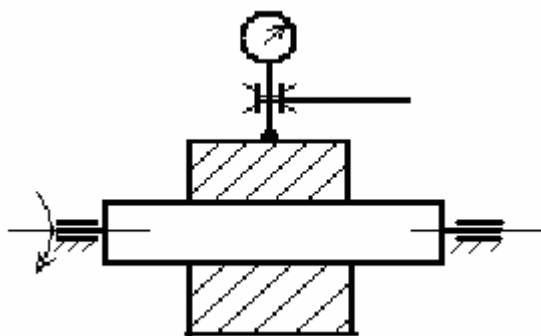


Рисунок 3.3.32 – Вращающаяся оправка

Основной недостаток: к погрешности смещения оси оправки относительно оси детали добавляется погрешность вращения оправки в радиальном направлении.

Если оправка вращается, то деталь может быть посажена без зазора. В этом случае подходят конусы для разжимной оправки (рисунок 3.3.33).

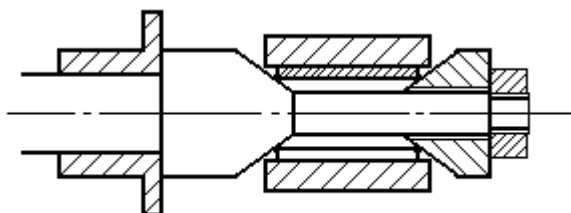


Рисунок 3.3.33 – Разжимная оправка

2 вариант. Вращается деталь (оправка неподвижна) (рисунок 3.3.34), возникнет погрешность из за зазора между деталью и базирующими элементами.

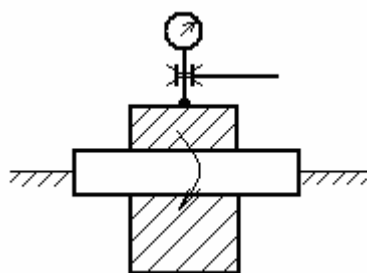


Рисунок 3.3.34 – Невращающаяся оправка

Деталь на оправку посажена с зазором, чтобы деталь вращалась свободно, следовательно, возможен перекосяк. Зазор можем выбрать (устранить) с помощью пружины и шарика.

Деталь прижимается к образующей цилиндрической оправки (рисунок 3.3.35).

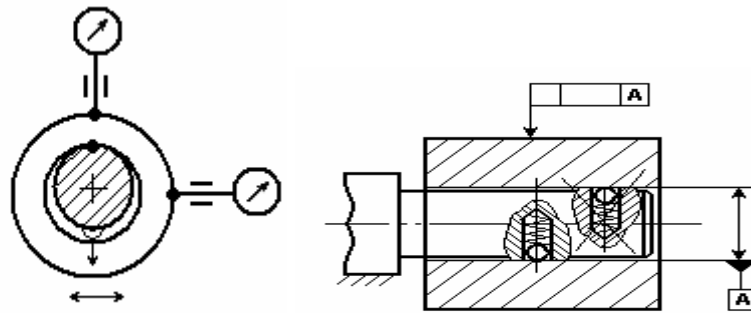


Рисунок 3.3.35 – Оправка с шариками

Сверху зазор выбрали, но в горизонтальной плоскости зазоры остались.

Для выборки зазоров в горизонтальной плоскости используют трехточечный метод базирования (рисунок 3.3.36).

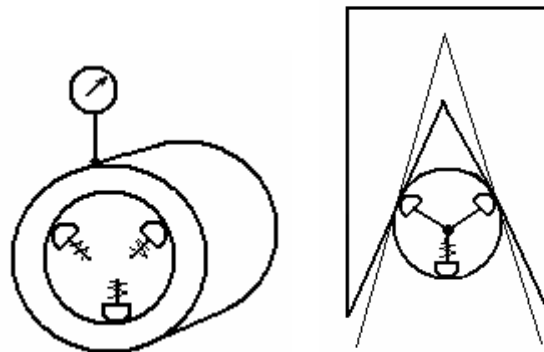


Рисунок 3.3.36 - Трехточечный метод базирования

При двух верхних не подпружиненных опорах, деталь как бы лежит на обратной призме.

Соединение должно быть подвижным, следовательно, возникнет погрешность от зазора между деталью и базирующими элементами. Чтобы уменьшить погрешность от зазора за счет уменьшения величины зазора, можно заменить трение скольжения на трение качения (рисунок 3.3.37).

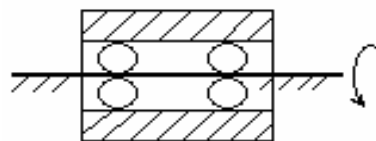


Рисунок 3.3.37 – Оправка с телами качения

3.4 ФИКСИРУЮЩИЕ И ПОЗИЦИОНИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

3.4.1 Фиксирующие устройства

Фиксирующие устройства предназначены для закрепления детали на измерительной позиции и правильного её ориентирования в пространстве (рисунок 3.4.1).

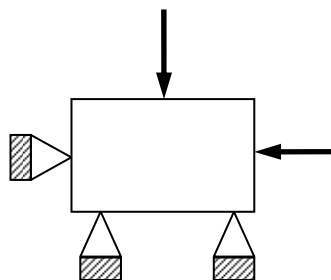


Рисунок 3.4.1 – Фиксирование детали

Чаще всего используют следующие типы фиксаторов:

- резьбовые (рисунок 3.4.2);

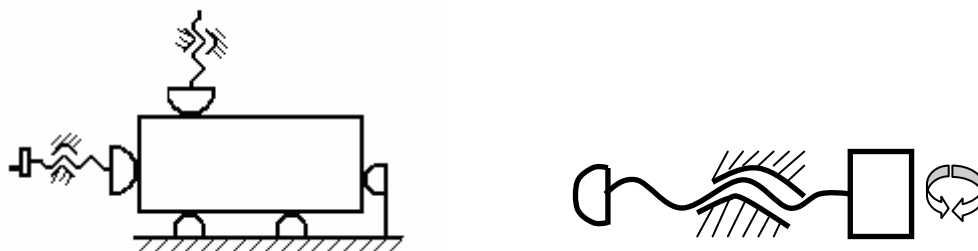


Рисунок 3.4.2 – Резьбовые фиксаторы

У винта существует недостаток: малый ход за один оборот.

- эксцентриковые (рисунок 3.4.3);

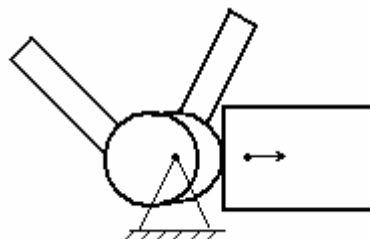


Рисунок 3.4.3 – Эксцентриковые фиксаторы

- пружинные (рисунок 3.4.4);



Рисунок 3.4.4 – Пружинные фиксаторы

- клиновые (рисунок 3.4.5);

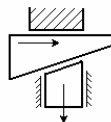


Рисунок 3.4.5 – Клиновой механизм

- клеммовый зажим (рисунок 3.4.6).

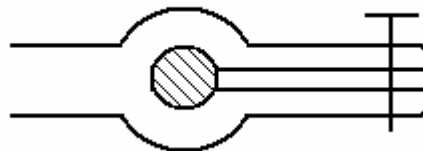


Рисунок 3.4.6 – Клеммовый зажим

Можно использовать комбинированные варианты (рисунок 3.4.7).

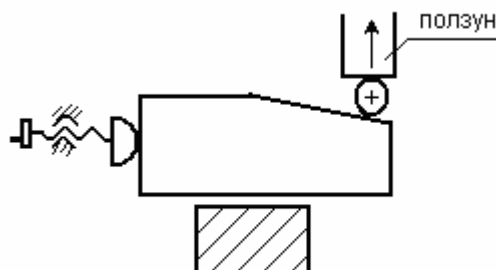


Рисунок 3.4.7 – Комбинированный механизм

При перемещении винта на 1 шаг получаем перемещение ползуна в несколько раз меньше.

Использование клина с винтом необходимо для получения малых перемещений.

3.4.2 Фиксация измерительных приборов

Используется фиксация по пункту 1. Винт фиксирует индикатор (рисунок 3.4.8).

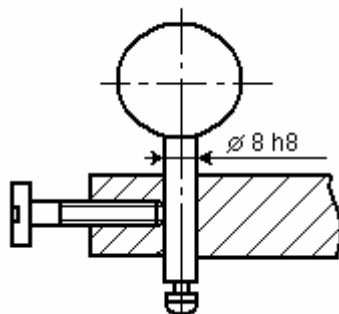


Рисунок 3.4.8 – Фиксация индикатора винтом

Если плотно зажать, то перестанет двигаться стрелка из-за деформации стержня. Если зажать слабо, то в соединении будет зазор, и индикатор будет самопроизвольно двигаться.

Для фиксации измерительных приборов, имеющих для этого наружную цилиндрическую поверхность, необходимо распределить нагрузку зажима на достаточно большую площадь (например используя разрезную втулку), чтобы избежать деформации прибора (рисунок 3.4.9).

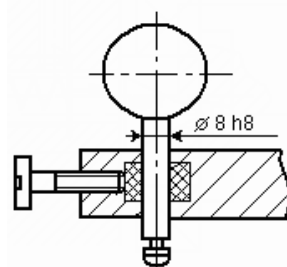


Рисунок 3.4.9 – Фиксация индикатора винтом и втулкой

Лучше всего использовать клеммовый зажим (рисунок 3.4.10).

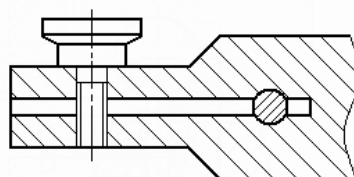


Рисунок 3.4.10 - - Фиксация индикатора клеммовым зажимом

Для зажима каретки в направляющих тоже необходимо распределить нагрузку зажима на достаточно большую площадь (рисунок 3.4.11).

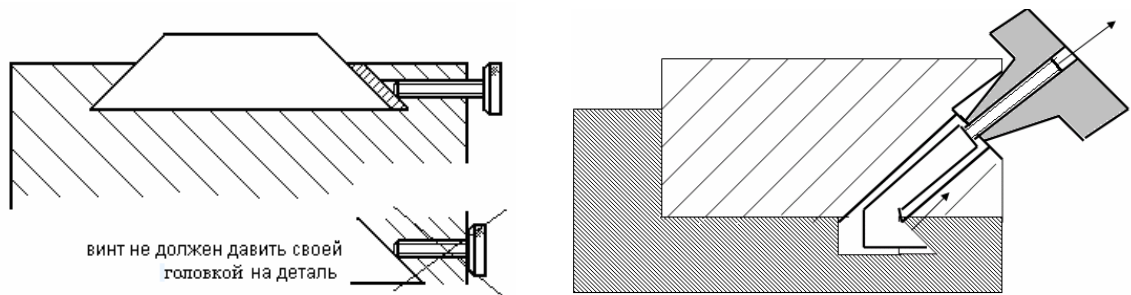


Рисунок 3.4.11 – Фиксация каретки

Арретирующие устройства обеспечивают плавное перемещение (подъем и опускание) измерительного наконечника в пределах его свободного хода в промежутке между измерениями (при смене деталей, при настройке по образцовой детали) (рисунок 3.4.12).

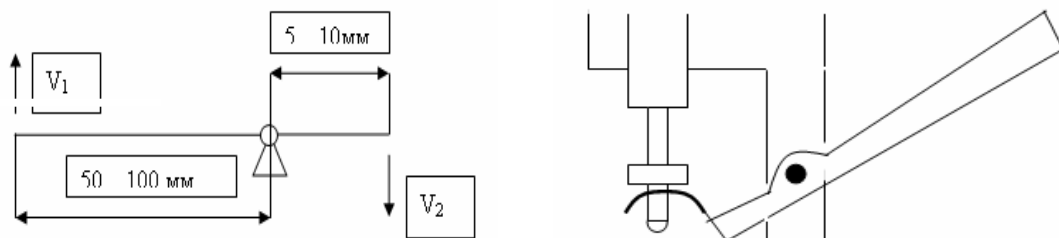


Рисунок 3.4.12 – Арретирующее устройство

Часть 4

4.1 УСТРОЙСТВА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Устройства перемещения (рисунок 4.1) состоят из:

- 1) направляющей;
- 2) фиксирующего элемента;
- 3) приводного устройства (это может быть винт).

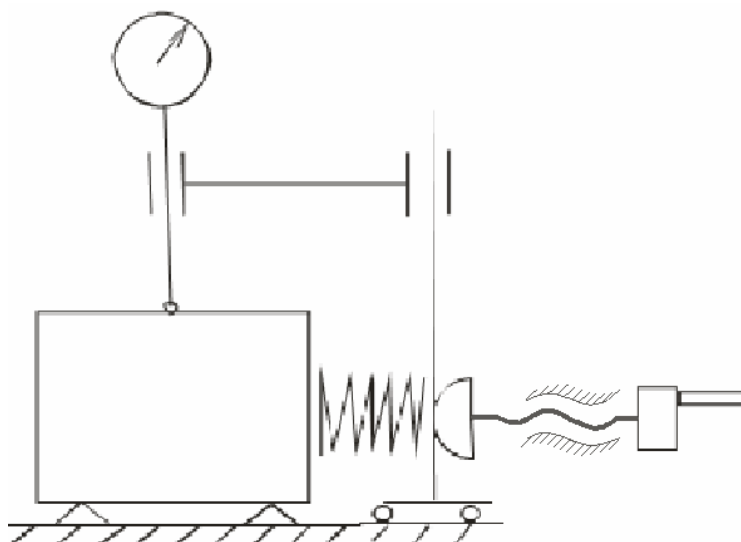


Рисунок 4.1 - Устройство перемещения

4.1.1 Направляющие прямолинейного движения

Направляющими называются устройства, обеспечивающие с определенной точностью прямолинейное движение подвижного звена (траектории различных точек подвижного звена представляют параллельные прямые).

Схемы и конструкции направляющих поступательного движения, отличаются большим разнообразием. Элементы их конструкций стандартизированы, а сами направляющие не выполняются в виде автономной конструкции-узла прибора. Подшипниковые узлы зачастую являются автономными узлами конструкции прибора.

Разнообразие схем и конструкций направляющих для прямолинейного движения определяются разнообразием требований, которые предъявляются к ним

в зависимости от назначения и условий работы приборов, в которых они используются.

Направляющие целесообразно классифицировать по видам используемых схем с учетом ряда качественных критериев. Такая классификация является ориентиром для конструктора при выборе направляющих и сравнительной их оценке. Впервые подобная классификация была приведена в книге С.Т. Цукермана, предложившего использовать для качественной оценки направляющих следующие характеристики: точность направления; величину силы трения; нечувствительность к температурным изменениям; допустимую нагрузку; стойкость против износа; стоимость.

Оценка свойств направляющих по качественным признакам является условной. Введение количественных критериев для сравнительной оценки было бы связано со значительными затруднениями, а иногда оказалось бы просто невозможным, так как свойства направляющих зависят не только от вида используемой схемы, но и от конструктивного решения, качества изготовления, характера и величины действующих сил и т.д.

4.1.2 Общие сведения о направляющих скольжения

В зависимости от характера сил трения, возникающих в кинематических парах, направляющие разделяются на две группы: с трением скольжения и с трением качения. Достоинства направляющих скольжения:

- высокая точность и высокая нагрузочная способность;
- технологичность, простота конструкции;
- значительный ход при достаточной длине.

Недостатки:

- большая сила трения;
- значительный износ, который вызывает погрешности;
- необходимость в наличии зазоров.

Направляющие с трением скольжения технологически значительно проще, имеют, как правило, меньшие габаритные размеры, но более чувствительны к изменениям температуры. Направляющие качения применяются в тех случаях,

когда необходимо обеспечить легкость движения наряду с достаточно высокой точностью.

Широкое применение получили цилиндрические направляющие как наиболее простые и направляющие типа «ласточкин хвост», которые дают возможность легкой регулировки зазоров, а, следовательно, увеличивают точность перемещения.

Направляющие с трением скольжения конструктивно выполняются открытыми (действие внешних сил допускается только в одном направлении) и закрытыми (в парах обеспечивается кинематическое замыкание цепи, и при любом направлении действующих сил осуществляется заданное движение). В закрытых направляющих направляющая может охватывать ползун или, наоборот, ползун может охватывать направляющую. Направляющие с трением качения выполняются с роликами и шариками.

4.1.3 Конструкции направляющих с трением скольжения

По форме рабочих поверхностей различают цилиндрические и призматические направляющие.

В переносных и транспортируемых устройствах должны применяться направляющие закрытого типа. При отсутствии предохранения от проворачивания подвижное звено может не только перемещаться вдоль оси цилиндра, но и вращаться вокруг этой оси. Для того, чтобы относительное движение было только поступательным, нужно предохранять подвижное звено от проворачивания.

Конструкции цилиндрических направляющих

В цилиндрических направляющих роль направляющего элемента выполняет цилиндрическая поверхность деталей (рисунок 4.1.1).

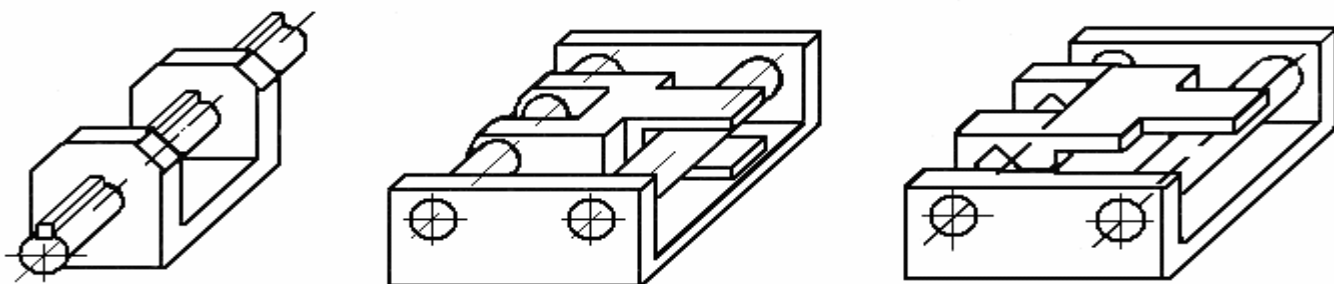


Рисунок 4.1.1 - Цилиндрические направляющие с устройством для предотвращения проворачивания

Такие направляющие применены в индикаторном нутромере и в фотоувеличителе. Проворачивание стержней 1, 2 и 3 в индикаторном нутромере (рисунок 4.1.2) на точность работы не оказывает влияния. В фотоувеличителе предусмотрена возможность закрепления кронштейна на штанге; даже при наличии значительного зазора в сопряжении (рисунок 4.1.2).

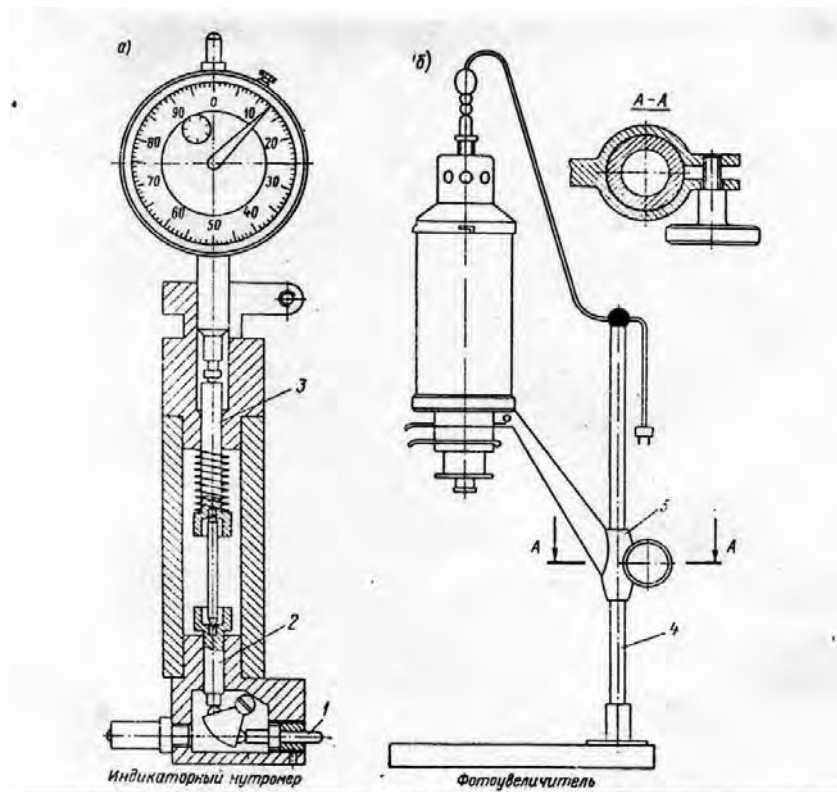


Рисунок 4.1.2 – Индикаторный нутромер и фотоувеличитель



[ИНДИКАТОРНЫЙ НУТРОМЕР](#)

В стойке (рисунок 4.1.3) подъём и опускание кронштейна 3 по штоку 2 осуществляется с помощью гайки 1, совершающей при ее вращении продольное движение относительно штока 2. Фиксация кронштейна 3 производится винтом 4.

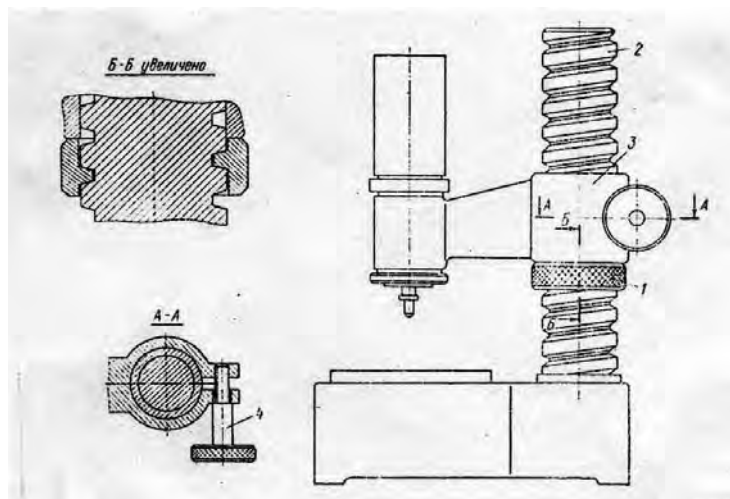


Рисунок 4.1.3 – Стойка с гайкой

В качестве направляющих поверхностей используется внутренняя цилиндрическая поверхность кронштейна 3 и наружная цилиндрическая поверхность штока 2 (поверхность выступов его резьбового цилиндра). Использование винтовых поверхностей резьбы штока 2 и гайки 1 в качестве направляющих недопустимо, так как зазор между этими поверхностями приводил бы к значительным по величине поперечным смещениям. У направляющих обычно должна быть одна степень свободы. Например, втулка на валу имеет две степени свободы (движется вперед-назад и вращается). Чтобы избежать проворачивания втулки относительно вала, необходимо поставить шпонку (винт, штифт).

Поворот каретки может вызвать погрешность прибора пропорциональную длине кронштейна l и углу поворота α (рисунок 4.1.4).

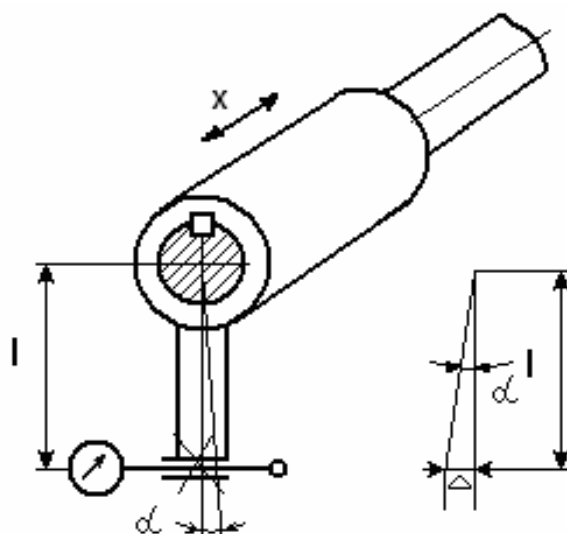


Рисунок 4.1.4 – Поворот каретки

Погрешность вызванная поворотом каретки:

$$\Delta = \operatorname{tg} \alpha \cdot l,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{R},$$

где S – зазор в шпоночном соединении;

R – радиус вала.

Для уменьшения угла поворота каретки используется направляющие с двумя валами.

Каретка движется по двум валам плоскопараллельно (рисунок 4.1.5).

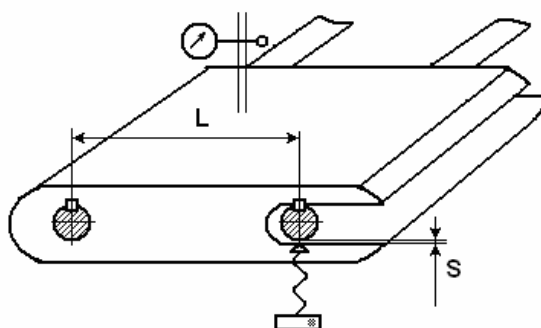


Рисунок 4.1.5 – Цилиндрическая направляющая с двумя валами.

Зазор S можно регулировать винтом или пружиной.

4.1.4 Призматические направляющие

Преимуществом призматических направляющих является возможность восприятия значительных давлений; к недостаткам нужно отнести большие силы трения, трудность обеспечения плавности перемещения. Среди призматических направляющих с трением скольжения различаются: открытые направляющие, закрытые направляющие, Т-образные, Н-образные и направляющие в виде «ласточкин хвост». В открытых направляющих замыкание обеспечивается силой веса. При проектировании переносных приборов используются закрытые направляющие. На рисунке 4.1.6 приведены различные примеры конструктивного решения направляющих с плоскими поверхностями.

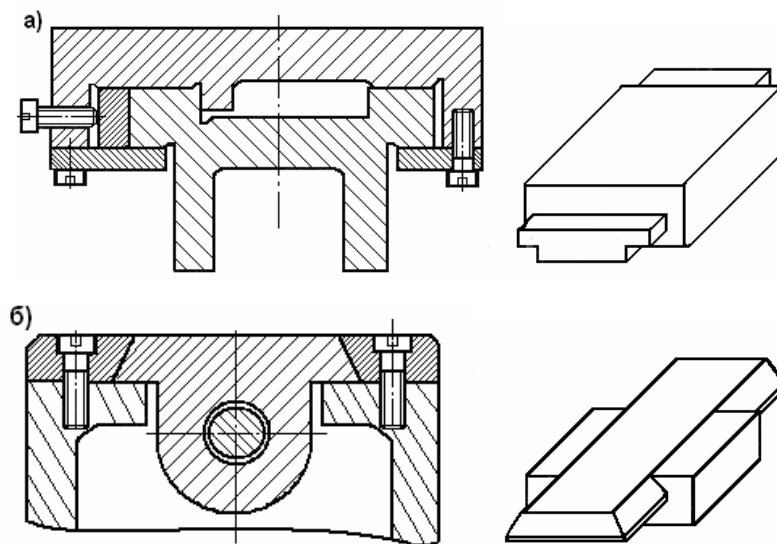


Рисунок 4.1.6 - Направляющие:

а – призматические с регулируемой планкой; б – типа «ласточкин хвост»

На рисунке 4.1.7 приведены различные примеры конструктивного решения направляющих с плоскими поверхностями. У подвижной детали (каретки) 1 одна сторона имеет неподвижную направляющую 2, а вторую направляющую планку 3 привертывают винтами. Это дает возможность установить направляющую планку в требуемом положении, обеспечив тем самым необходимую посадку. Для данного случая рекомендуемой является посадка с зазором. На рисунке 4.1.7 б) и в) показаны прямолинейные направляющие с двумя регулируемыми планками. Одну планку закрепляют наглухо винтами, а другую – штифтами и винтами, этим обеспечивается необходимую посадку. В конструкции, приведенной на рисунке 4.1.7 г) направляющие предохранены от сдвига в боковом направлении выступом и планкой 4, а от вертикального перемещения – двумя планками 3.

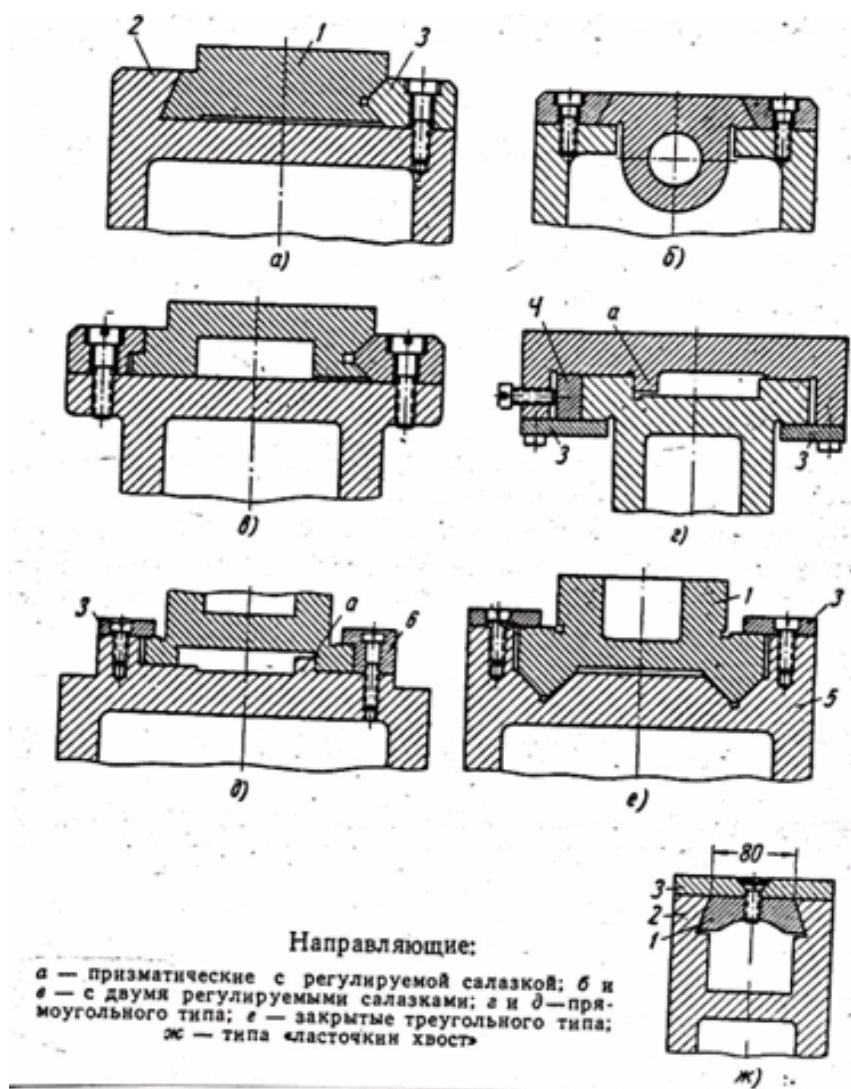


Рисунок 4.1.7 – Направляющие с плоскими поверхностями

На рисунке 4.1.7 е) показаны направляющие треугольного сечения закрытого типа. Для предохранения от перемещения в вертикальной плоскости верхней подвижной детали 1 служат планки 3, привертываемые винтами к основанию 5. В равной степени это относится и к рисунку 4.1.7 д), где направляющие прямоугольного типа предохранены от приподнимания планками 3, а от бокового сдвига – выступом а и фасонной планкой б.

Что касается призматических направляющих типа «ласточкин хвост» (рисунок 4.1.7 ж), то такие направляющие требуют более тщательной сборки и регулирования, чем прямоугольные направляющие. Незначительный перекося вызывает «заедание» и «защемление», нежелательные для работы узла.

На рисунке 4.1.8 представлен пример конструкции призматических направляющих. Каретка стопорится поворотом рукоятки 1 с эксцентричным хвостовиком, при этом сообщается поступательное перемещение вверх ползуну 2 и планка 3 оказывается прижатой к плоскости.

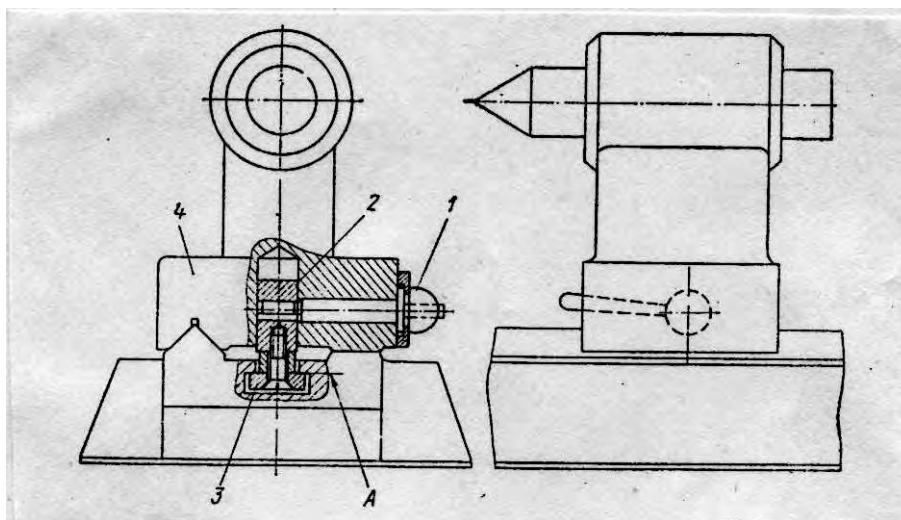


Рисунок 4.1.8 – Призматические направляющие центра

Конструкция направляющих типа ласточкина хвоста, используемых для перемещения тубуса 5 измерительного микроскопа, представлена на рисунке 4.1.9. Регулировка зазора в направляющих достигается поджатием планки 1 к корпусу с помощью винтов 2 (разрез Б-Б). Такая регулировка может производиться не только при сборке прибора, но и при его ремонте, что позволяет устранить зазор, появившийся вследствие износа. Каретка перемещается с помощью шестерни 3, перекачиваемой по неподвижной рейке 4. Стопорение каретки достигается поджатием планки 1 маховичком 6 (разрез В-В).

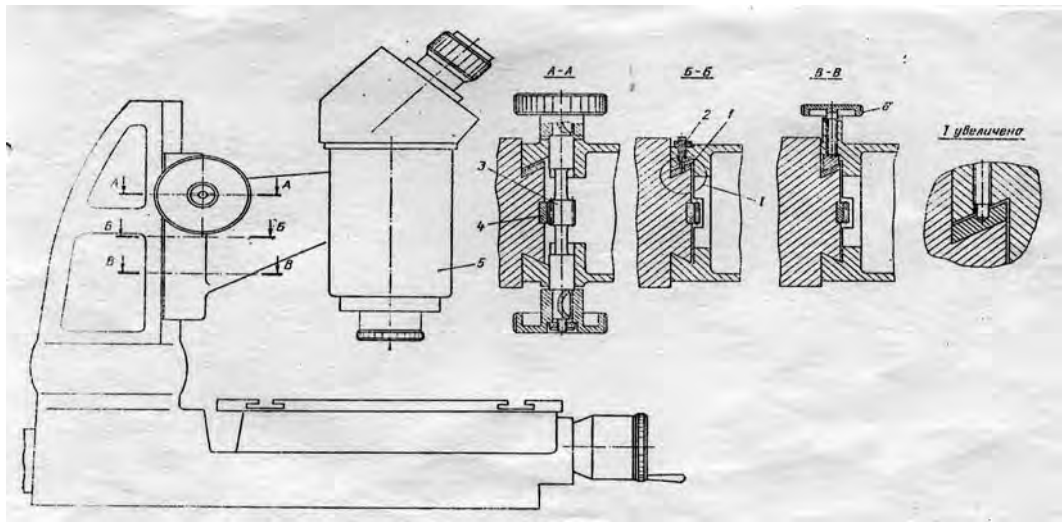


Рисунок 4.1.9 – Измерительный микроскоп

Для обеспечения прямолинейного движения к направляющим предъявляют следующие требования:

- точность направления движения;
- легкость и плавность перемещения;
- стойкость против износа;
- нечувствительность к температурным изменениям;
- малая стоимость и технологичность конструкции.

Выполнение 1-го требования осуществляется за счет соответствующей точности обработки и сборки деталей конструкции.

Легкость перемещения определяется, прежде всего, выбором определенного типа направляющих.

При работе направляющих иногда происходит так называемое заклинивание системы. При этом значительное (в несколько раз) увеличение тяговой силы не может привести систему в движение. Заклинивание системы может быть вызвано большим перепадом температур (температурное заклинивание) или резким увеличением сил трения в результате изменения точки приложения или направления внешних нагрузок (силовое заклинивание). Для предохранения от температурных заклиниваний материалы трущихся деталей должны по возможности иметь одинаковые коэффициенты температурного расширения или

между ними должен быть оставлен гарантированный зазор, величина которого компенсировала бы величины линейных расширений сопрягаемых деталей.

При проверке правильности выбранной посадки для сопрягаемых деталей в направляющих необходимо производить проверочный расчет зазора Δ для минимальной и максимальной температур по формуле:

$$\Delta = D[1 \pm \alpha(t - t_0)] - D_1[1 \pm \alpha_1(t - t_0)] ,$$

где Δ - минимальный зазор при данной температуре, в мм;

D - наименьший диаметр при данной посадке или линейный размер охватываемой детали, в мм;

D_1 - наибольший диаметр или линейный размер охватываемой детали, в мм;

t_0 и t - начальная и конечная температуры соответственно, в град;

α и α_1 - коэффициенты линейного расширения материалов сопрягаемых деталей. Знак «+» применяется при положительной, а «-» - при отрицательной разнице температур.

4.1.5 Выбор материалов направляющих

Основными критериями при выборе материалов для деталей направляющих поступательного движения с трением скольжения служат требуемая долговечность механизма и характеристика трения. Для уменьшения износа и сил трения желательно применить различные материалы для ползуна и направляющих планок. Находят применение комбинации материалов сталь-бронза, сталь-латунь, сталь-чугун и т.д., однако для неответственных направляющих возможно и применение одноименных материалов для трущихся поверхностей, при этом желателен перепад твердости, т.е. одна из деталей делается закаленной, другая незакаленной.

Наиболее часто встречается сочетание сталь-бронза. При невысоких требованиях к износостойкости выбор марки бронзы и стали, а так же термообработка стальных деталей не имеет существенное значение. На первый план выступают стоимость и дефицитность бронзы той или другой марки, сталь же

применяется со средним содержанием углерода (например, стали 30, 40 или 45 , ГОСТ1050-60).

При проектировании направляющих с повышенными требованиями к точности подбору материалов придается особое значение. Часто для объективной оценки той или иной комбинации материалов приходится прибегать к экспериментам.

4.1.6 Примеры конструирования элементов направляющих

Длина каретки и ширина направляющих выбирается в зависимости от высоты закрепления центров, индикаторов или других элементов (рисунок 4.1.10).

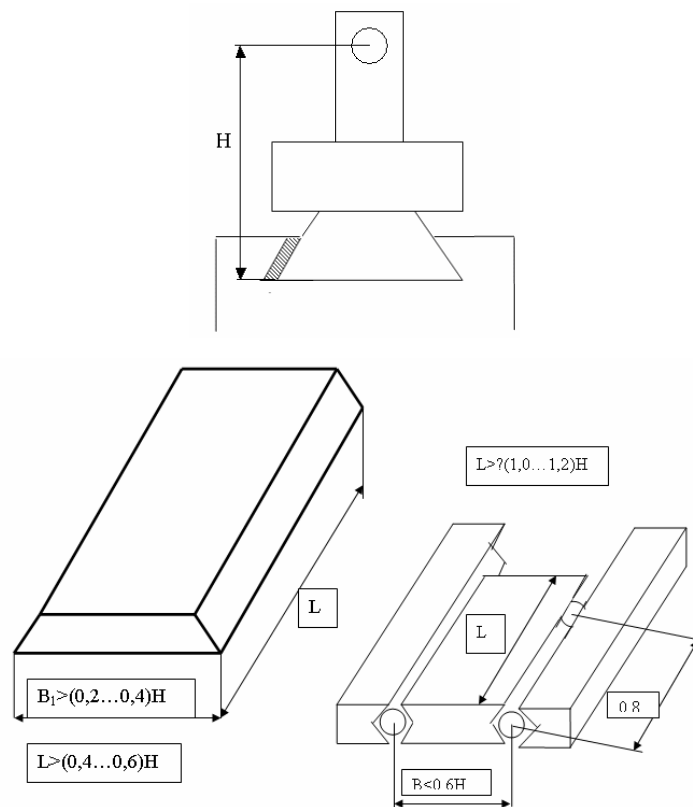


Рисунок 4.1.10 – рекомендуемые размеры направляющих

При конструировании направляющих следует учесть:

- по возможности использовать стандартные элементы направляющих;
- нужно обеспечить обработку поверхности на проход (по всей плоскости);
- длина ползуна для обеспечения точности, должна выбираться максимальной, насколько позволяет конструкция;
- сила зажима должна прилагаться по большей площади

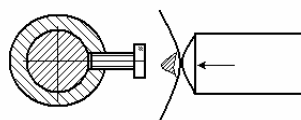


Рисунок 4.1.11 – Винтовой прижим

Чтобы не портить направляющую, необходимо чтобы винт давил не в направляющую поверхность (рисунок 4.1.11), а в пластинку (рисунок 4.1.12);

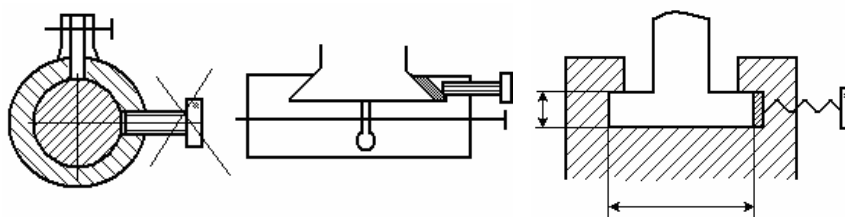


Рисунок 4.1.12 – Фиксация направляющих

- для компенсации погрешности формы предусматривают выборки металла в средних частях контакта поверхностей;

- с целью экономии дорогостоящих материалов, рекомендуются сборные направляющие (рисунок 4.1.13). Посадки с зазором могут привести к перекосу при измерении. Поэтому при измерении с помощью зажимного устройства выбираем зазор, а после измерения создаем опять зазор (винтом). В некоторых направляющих можно регулировать зазор с помощью регулировочной пластины:



Рисунок 4.1.13 – Сборные направляющие

4.1.7 Направляющие качения

В направляющих качения предусматривают планки с дорожками, заполняемыми телами качения: шариками, роликами или иглами (рисунок 4.1.14).

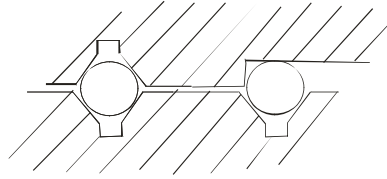


Рисунок 4.1.14 – Направляющие качения

При перемещениях деталей по этим направляющим тела качения катятся по дорожкам. Тела качения выбирают из применяемых тел в подшипниках качения.

Основными достоинствами направляющих качения являются малые силы сопротивления движению (меньшие в 20 раз, чем в направляющих скольжения), малая их зависимость от скорости перемещения и незначительная разница между силами трения покоя и движения. В связи с этим на направляющих качения могут быть достигнуты как быстрые, так и весьма медленные равномерные перемещения, и установочные перемещения высокой точности.

К недостаткам направляющих качения относят большую сложность изготовления, чем направляющих скольжения, необходимость термической обработки дорожек качения до высокой твердости, повышенные требования к защите от загрязнений.

Направляющие качения применяют, если необходимо:

- 1) уменьшить силы сопротивления движению для перемещения деталей вручную и для перемещения тяжелых деталей;
- 2) медленно и равномерно перемещать или точно устанавливать детали;
- 3) перемещать детали с высокой скоростью.

4.1.7.1 Виды направляющих качения

По форме тел качения направляющие делятся на:

- шариковые, применяемые при малых нагрузках;
- роликовые, применяемые при значительных нагрузках;
- игольчатые, применяемые при ограниченных по высоте габаритах и средних нагрузках;

– роликовые на осях, применяемые при малых нагрузках, больших ходах и нестандартных габаритах (обычно в качестве вспомогательных).

По направлению воспринимаемых нагрузок направляющие подразделяют на: разомкнутые плоские и угловые; замкнутые в одной плоскости; замкнутые в двух плоскостях; цилиндрические (рисунок 4.1.15).

Несущая способность роликовых направляющих больше, чем шариковых (с плоскими гранями), имеющих те же габаритные размеры; жесткость больше в 2,5-3,5 раза.

При перемещении деталей по направляющим качения со скоростью V движение тел качения сводится к поступательному перемещению (вместе с сепаратором) со скоростью $v/2$ и к вращению вокруг собственной оси.

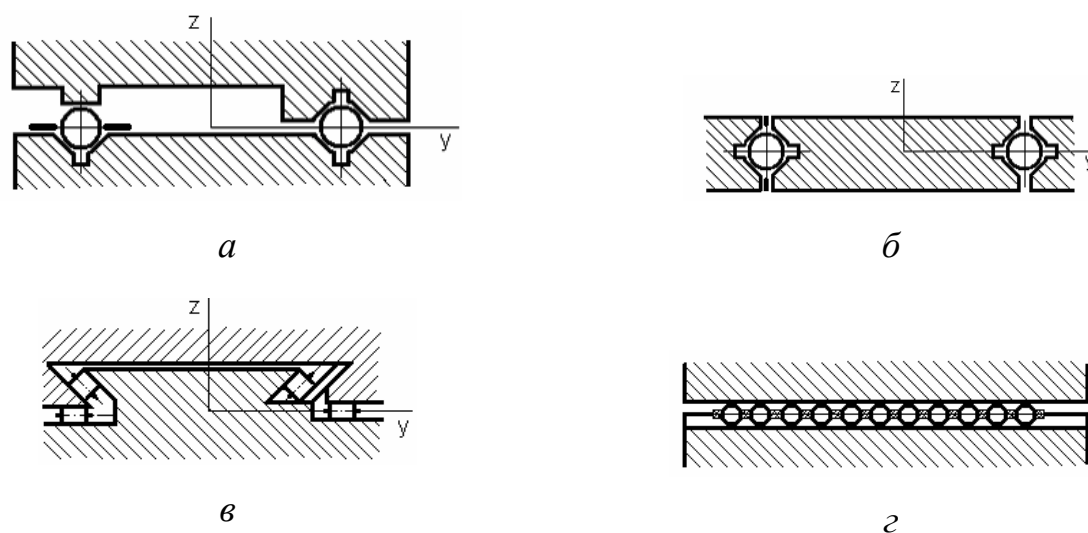


Рисунок 4.1.15 - Направляющие качения, примеры конструкций

Материалы тел качения – подшипниковые стали типа ШХ 15.

Оптимальные материалы направляющих – закаленные до высокой твердости (HRC 58-63) сталь ШХ15, хромистые и другие легированные стали, цементированные на достаточную глубину.

4.1.7.2 Расчет направляющих

Расчеты направляющих качения производят по формулам Герца. Наибольшее контактное напряжение в роликовых направляющих

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{Q \cdot E}{b \cdot r}} \leq [\sigma_H],$$

в шариковых направляющих с плоскими рабочими гранями

$$\sigma_H = 0,388 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot E^2}{r^2}} \leq [\sigma_H],$$

где Q – сила на наиболее нагруженный ролик или шарик;

E – приведенный модуль упругости материала, МПа;

r – радиус ролика или шарика, мм;

b – длина ролика, мм.

Конструкцию и типоразмеры направляющих выбирают по справочной литературе. Используемый материал: У8А, ХВГ, 38ХМЮА, ШХ15 (ШХ 15 – шарикоподшипниковая хромистая сталь).

Самый лучший вариант – направляющие закрытого типа (рисунок 4.1.16).

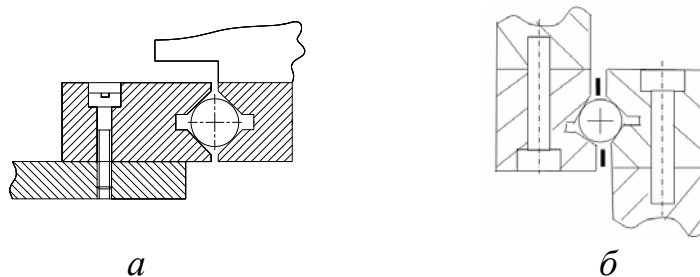


Рисунок 4.1.16 - Направляющие закрытого типа

Чем длиннее каретка направляющей, тем больше точность.

Необходим сепаратор, он обеспечивает равномерное расположение шариков друг относительно друга.

Формы направляющих планок, их размеры и размеры шариков стандартизованы. Конструктор выбирает самостоятельно длину направляющих качения (рисунок 4.1.17).

$$L_{\text{ход}} = 4m - 4 \dots 5 \text{ мм.}$$

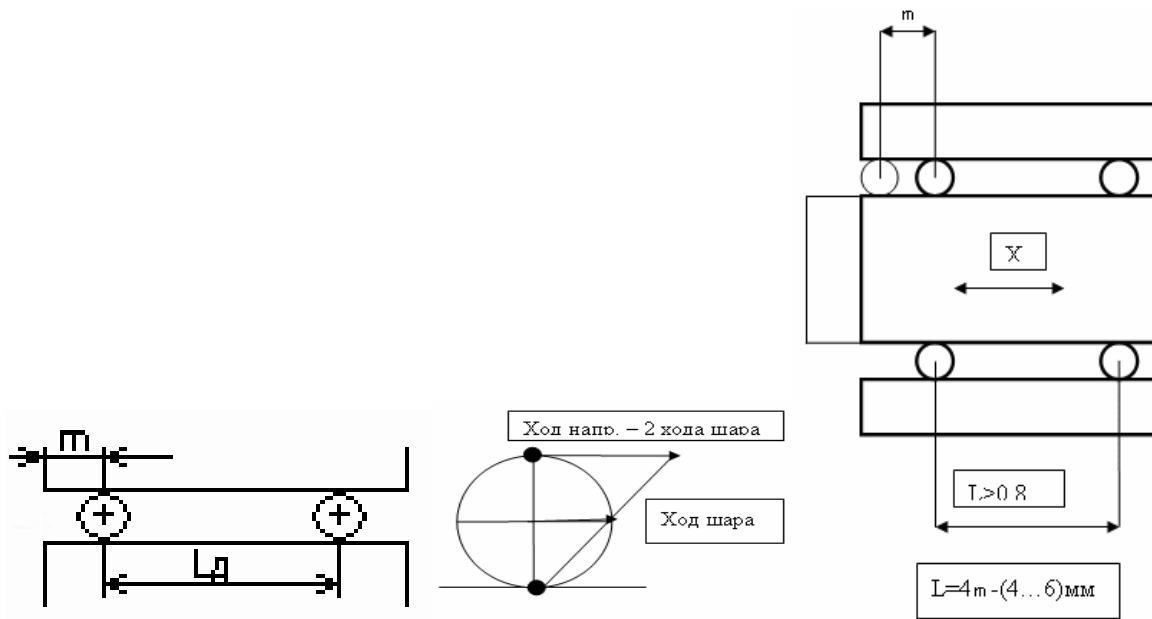


Рисунок 4.1.17 – Направляющие качения

Так как ход $4m$ маленький, то для большего хода можно сделать каретку-тележку (рисунок 4.1.18).

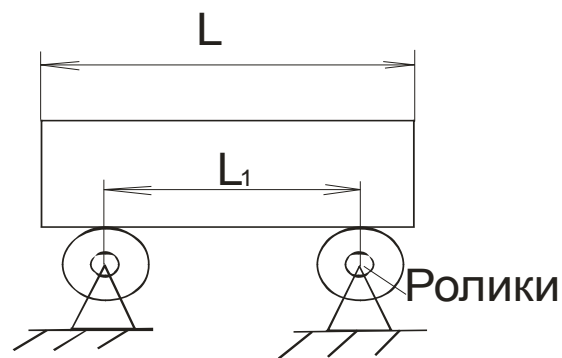


Рисунок 4.1.18 – Каретка-тележка

$$L_{\text{ход}} = L - L_1,$$

где $L_{\text{ход}}$ – ход каретки;

L – длина каретки;

L_1 – расстояние между роликами вдоль оси.

Регулировка положения роликов происходит с помощью эксцентрика, и с помощью него выбирают зазоры (рисунок 4.1.19).

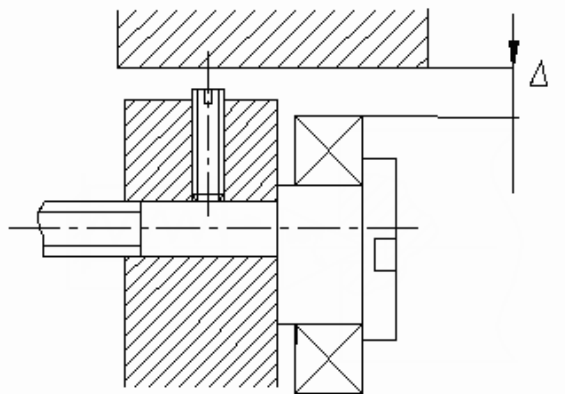


Рисунок 4.1.19 – Регулировка зазора

Достоинства:

- высокая плавность;
- незначительное трение, малый износ;
- высокая долговечность.

Недостатки:

- жёсткие требования к точности изготовления элементов;
- невысокая нагрузочная способность;
- значительные контактные напряжения, высокая стоимость изготовления.

4.1.8 Упругие направляющие

Направляющие должны быть прочными, жесткими, износоустойчивыми, иметь высокую долговечность, низкую виброактивность, малые габаритные размеры и стоимость.

Направляющие выбираются с учетом многих факторов: скорости и диапазона возможных перемещений, значения и направления нагрузки, условий эксплуатации, требований к моментам сил сопротивления, точности направления движения, долговечности, стоимости, габаритных размеров и т.д.

Упругие направляющие применяют в приборах с ограниченным диапазоном перемещений подвижной части (рисунок 4.1.20).

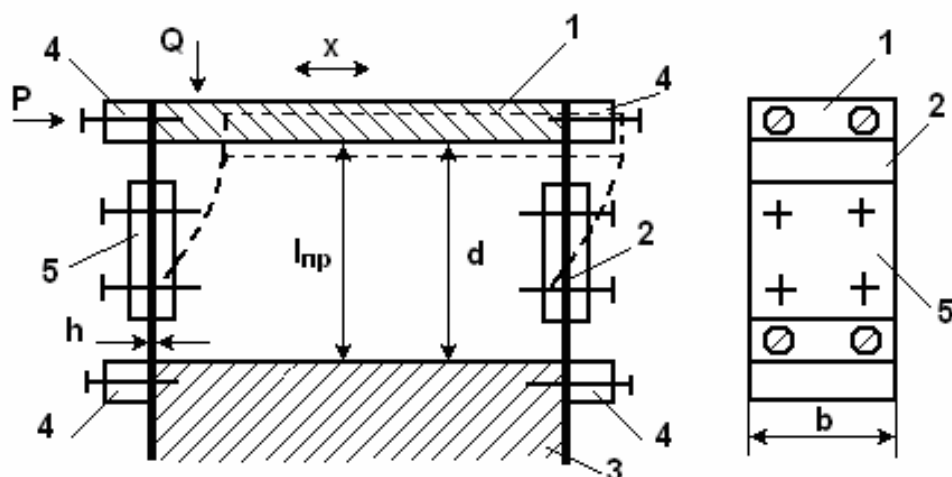


Рисунок 4.1.20 – Плоскопружинный параллелограмм

При приложении нагрузки P к подвижному блоку 1 плоские пружины 2 изгибаются, позволяя подвижному блоку 1 перемещаться в горизонтальном направлении относительно основания 3. 4 – крепежные накладки, которые крепят пружины, а 5 – накладки увеличивающие допустимую нагрузку Q .

Эти дополнительные накладки (рисунок 4.1.21) повышают устойчивость плоской пружины в продольном направлении.

Достоинства:

- отсутствие износа в связи с отсутствием внешнего трения;
- низкие требования к точности изготовления детали.
- низкая стоимость и высокая технологичность.

Недостатки:

- значительные габариты;
- маленькая величина перемещения Δx ;
- переменное измерительное усилие;
- дополнительная сила упругости при перемещении блока.

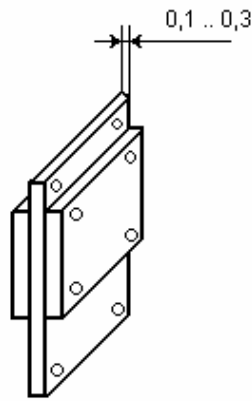


Рисунок 4.1.21 – Упругая пластина с накладками

Устойчивость параллелограмма относительно продольных нагрузок можно увеличить в 15...20 раз за счет установки накладок на пружину. Жесткость в рабочем направлении увеличивается при этом в 1,5...2 раза.

Напряжение изгиба:

- с учетом двухстороннего закрепления пружин:

$$\sigma_u = \frac{3Y}{1-m^3} \left(\frac{h}{l} \right) \cdot \left(\frac{\Delta X}{l} \right) \leq [\sigma] \approx 150 \text{ МПа}$$

где m – отношение длины накладки к вылету пружины;

h – толщина пружины (для конкретного параллелограмма);

ΔX – расстояние, на которое перемещается подвижный блок в одну сторону.

Правильность выбора параметров параллелограмма проверяется через напряжение изгиба σ_u .

$$\delta \leq [\delta] \quad (100 \dots 150 \text{ МПа}).$$

Увеличение жесткости параллелограмма не должно приводить к изменению измерительного усилия прибора более чем на 10%.

Материалы, применяемые для изготовления упругих направляющих и их механические характеристики

К материалам упругих направляющих предъявляется ряд специфических требований; например, они должны обладать высокой механической прочностью, упругостью и т.д. Сталь У10А ($\approx 50\text{HRc}$) – основной материал пружинной ленты.

Материалами для направляющих так же служат: сталь марок 60С2Н, 65, платино-серебряный сплав ОВС; бронзы фосфористая ПлСр20, медно-хромистая БрХ0,5, медно-кадмиевая БрКд-2, бериллиевая БрБ2, оловянно-цинковая БрОЦН-3, кварц, серебро

4.1.8.1 Упругие направляющие для прямолинейного движения

Точность направления, легкость и плавность движения, и малый износ упругих направляющих – важнейшие факторы, определяющие точность работы, надежность и срок службы точных механизмов приборов (рисунок 4.1.22).

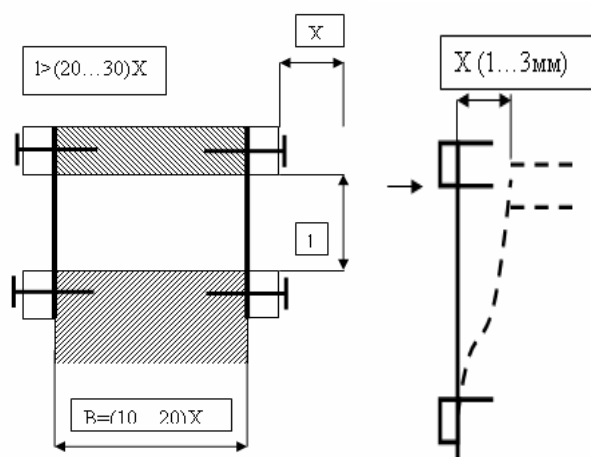


Рисунок 4.1.22 - Плоскопружинный параллелограмм

К точности движения ползуна в направляющих предъявляются следующие требования:

- сохранение движущейся деталью параллельности самой себе;
- отсутствие поперечных смещений ползуна при прямолинейном перемещении;

Причинами неточности движения ползуна в направляющих являются погрешности формы направляющих, зазоры, прогибы деталей. На прогибы влияют силы трения и вес движущихся частей.

Прогиб (перемещение) детали можно рассчитать по формуле:

$$f = Ql^3/3EI,$$

где Q – нагрузка, прикладываемая к детали;

l – длина пластины;

E – модуль упругости материала пружины;

I – момент инерции поперечного сечения пружины.

Направляющие на плоских пружинах изображены на рисунке 4.1.23. Они обеспечивают весьма точную прямолинейность направления движения в горизонтальной плоскости, перпендикулярной плоскости пружин. В вертикальной плоскости направление менее точное. Такого рода направляющие применяют в точных измерительных микроскопах для передвижения измерительного стола. Величина перемещения составляет 25-30 мм. Непрямолинейность перемещения в горизонтальной плоскости 0,2-0,5 мкм.

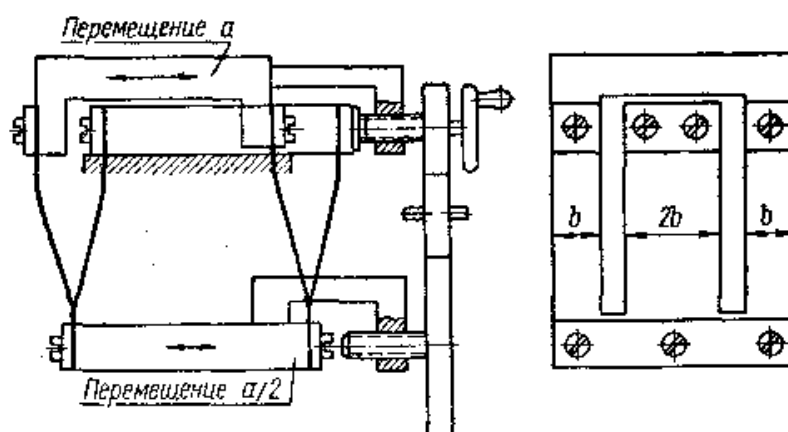


Рисунок 4.1.23 - Упругие направляющие. Двойной плоскопружинный параллелограмм, обеспечивающий компенсацию вертикального смещения подвижного блока

На рисунке 4.1.24 показана конструкция направляющих алмазной пирамиды (пружинный параллелограмм) в приборе для испытания на твердость.

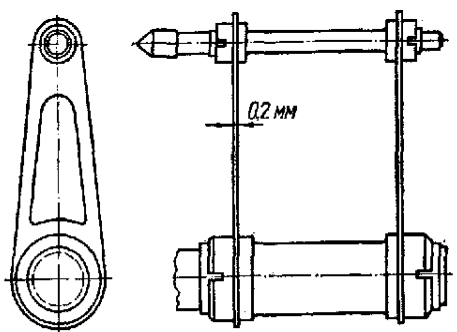


Рисунок 4.1.24 - Упругие направляющие микротвердомера

Упругие направляющие на плоских пружинах предусмотрены двух типов: без накладок (рисунок 4.1.25) и с накладками (рисунок 4.1.26).

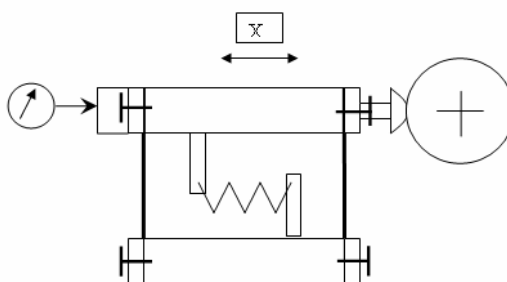


Рисунок 4.1.25 - Упругие направляющие. Параллелограммная подвеска на плоских пружинах без накладок

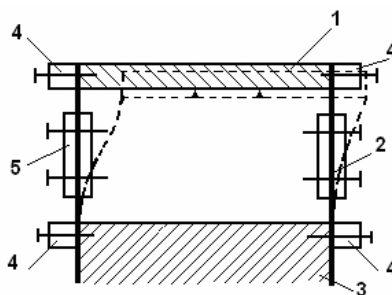


Рисунок 4.1.26 - Упругие направляющие. Параллелограммная подвеска на плоских пружинах с накладками

4.2 ОПОРЫ ПРИБОРОВ

В приборах используются следующие виды специальных опор:

- упругие опоры;
- подшипники шариковые;

- опоры на ножах;
- опоры на кернах;
- опоры на центрах.

4.2.1 Упругие опоры для вращательного движения

Упругие опоры с внутренним трением для вращательного движения, часто называемые упругими шарнирами, имеют следующие преимущества: малое трение, отсутствие зазоров и необходимости в смазке, долговечность и надежность работы. К недостаткам относятся противодействующее изменяющееся усилие и ограниченная величина угла поворота подвижного звена.

Рычаги должны поворачиваться, чтобы обеспечить передачу измерительной информации от детали к индикатору (рисунок 4.2.1.)

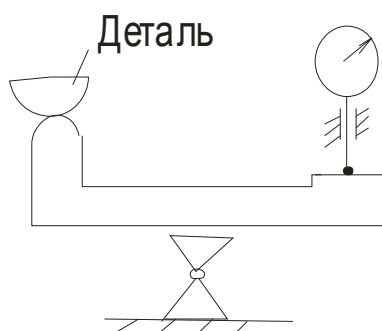


Рисунок 4.2.1 – Рычажная передача

Закрепить рычаг можно на упругой опоре (рисунок 4.2.1.)

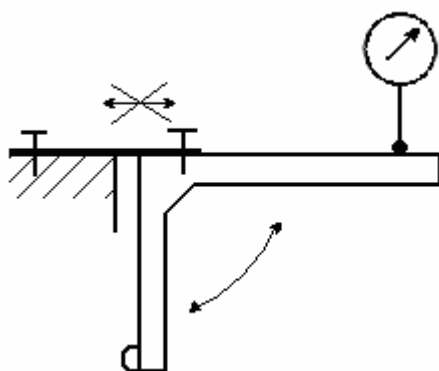


Рисунок 4.2.2 – Упругая пластина

Если закрепить на одной пластине возможно не только угловое перемещение, но и перемещение вверх-вниз (например, вдоль линии измерения, что приведёт к дополнительной погрешности) (рисунок 4.2.2).

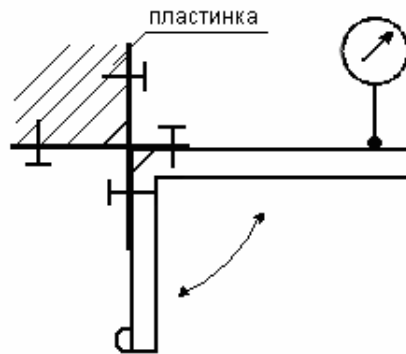


Рисунок 4.2.3 – Упругая опора

Решение проблемы: две пластины дополняют друг друга, поэтому рычаг не движется в запрещённых направлениях, а только поворачивается (рисунок 4.2.3).
Примеры крестовых опор (шарниров) (рисунок 4.2.4).

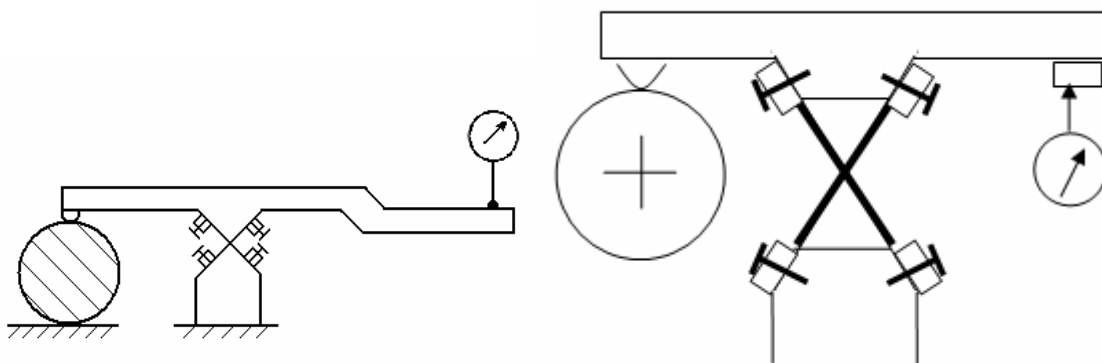


Рисунок 4.2.4 – Крестовые опоры

Недостаток: появление упругих сил, изменяющих измерительное усилие P (рисунок 4.2.5.).

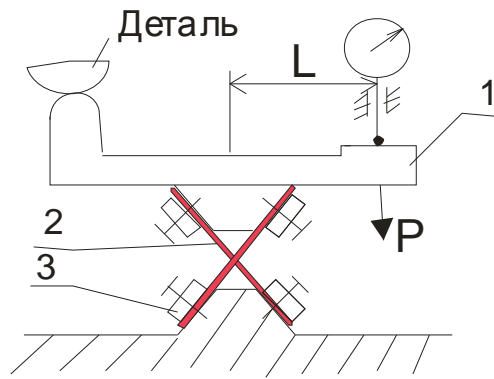


Рисунок 4.2.5 - Крестовый шарнир:

1 – подвижный рычаг; 2 – плоские пружины; 3 – неподвижное основание

Рычаг поворачивается за счёт изгиба пружин .

Изгибные напряжения рассчитываются по формулам:

$$\sigma_{\max} = M_{\text{изг}} / W_c,$$

$$\sigma_{\max} = 6P \cdot \ell / b \cdot h^2 \leq 150 \text{ МПа}$$

где $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент, $M_{\text{изг}} = P \cdot \ell$;

ℓ – половина длины рычага;

W_c – момент сопротивления изгибу.

$$W_c = b \cdot h^2 / 6,$$

где b – ширина пружины,

h – толщина пружины.

Рычаг качается за срок службы много раз (циклов). Чтобы устройство не ломалось из-за усталостных напряжений, берём большой запас прочности:

$$\sigma \leq 150 \text{ МПа.}$$

Достоинства:

- отсутствие внешнего трения;
- низкие требования к точности изготовления;
- высокая долговечность.

Недостатки:

- значительные размеры;
- маленький угол поворота рычага;
- изменение измерительного усилия прибора из-за упругих сил в пружинах.

Материалы изготовления упругих пружин: У10А.

Проверка правильности выбора пластин:

$$\sigma_{\max} \leq 150 \text{ МПа},$$

$$\Delta P_{\text{изм}} = K * \gamma,$$

$$P_{\text{изм}} / \Delta P_{\text{изм}} \leq 10\%,$$

где γ – угол поворота рычага от нулевого положения;

K – коэффициент жёсткости системы.

$P_{\text{изм}}$ – измерительное усилие

$\Delta P_{\text{изм}}$ – приращение измерительного усилия за счет упругих сил

В приборах наиболее широкое распространение получили ленточные, крестообразные и уголкового пружинные шарниры.

4.2.1.1 Ленточный шарнир

Ленточный шарнир показан на рисунке 4.2.6

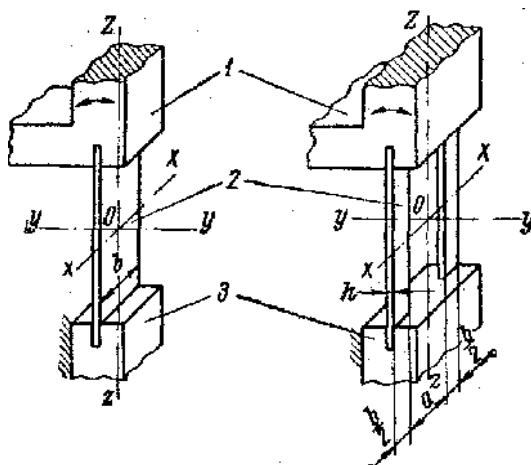


Рисунок 4.2.6 - Схема ленточного шарнира

Пружинная лента 2 жестко закреплена в рычаге 1 и неподвижном основании 3. Для устранения поворота рычага 3 вокруг оси Z-Z увеличивают ширину ленты 2 или применяют гибкие элементы уменьшенной ширины b , установленные на

расстоянии а друг от друга. В обоих случаях оставляют минимальную свободную длину гибких элементов. Полагают, что при малых углах поворота ось вращения шарнира приближенно располагается в точке пересечения касательных, проведенных к начальной и конечной точкам пружинной ленты, т.е. находится в точке О. Положение оси Х-Х сильно зависит от приложенной к рычагу нагрузки.

На рисунке 4.2.7 дан конструктивный пример использования ленточного шарнира в автоколлимационном контрольном приспособлении. Наклон столика 3 осуществляется на угол $\pm 20'$ с точностью $\pm 2'$ при помощи рычага 4 и винта 5. Каждая из пружинных лент 2 помещена между двумя стальными пластинами 1 и прикреплена к ним посредством точечной сварки.

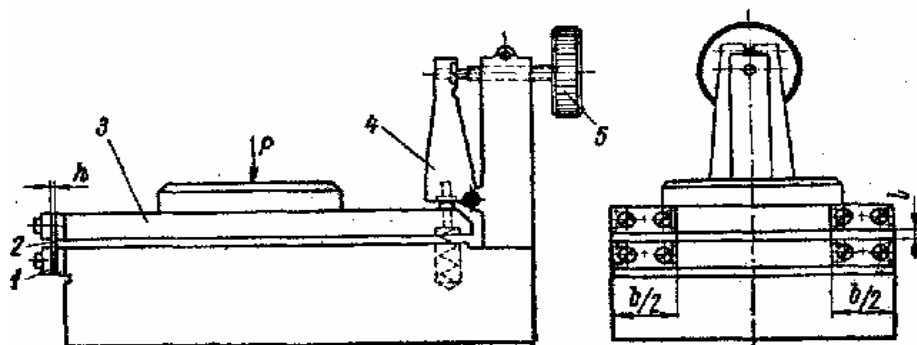


Рисунок 4.2.7 - Качающийся столик на ленточном шарнире

4.2.1.2 Крестообразный пружинный шарнир

Пример конструкции упругой опоры -крестообразный пружинный шарнир состоит из двух пар одинаковых перекрещивающихся под углом 90° стальных пластинок, прикрепленных концами к двум деталям (рисунок 4.2.8). Рамка 2 может поворачиваться без люфта вокруг оси O_1O_2 , проходящей через линию пересечения пружин 1.

Такие шарниры имеют ряд преимуществ по сравнению с подшипниками.

Основное преимущество пружинных шарниров состоит в том, что в них имеется только трение упругости, поэтому они не требуют смазки и не подвержены износу, который бы увеличивал зазор (мертвый ход). Нагрузки таких шарниров обычно не бывают настолько велики, чтобы вызвать ошибку вследствие смещения пластинок.

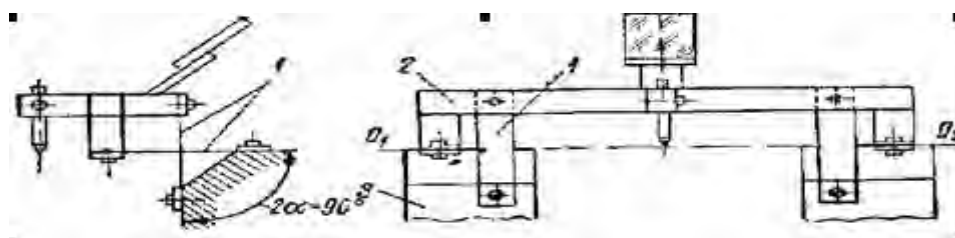


Рисунок 4.2.8 - Крестообразный пружинный шарнир

Пружины 1 выполняются равной длины и толщины. Применяются конструкции с двумя, тремя и четырьмя пружинными лентами, суммарная ширина которых на каждой стороне шарнира одинакова.

Пересечение плоскостей, проведенных через плоскости пружин 1, определяет геометрическую ось ненагруженного шарнира O_1O_2 , смещающуюся при повороте подвижного звена.

Проведены исследования упругих шарниров и разработана методика их расчета для поворотов до 15° - 20° . (Андреева, Л.Е. Упругие элементы приборов . – 2-е изд., перераб. и доп. / Л.Е. Андреева. – М.: Машиностроение, 1981. – 392 с.)

4.2.2 Опоры скольжения на центрах

Возникает необходимость обеспечить поворот рычага для передачи измерительной информации (рисунок 4.2.9).

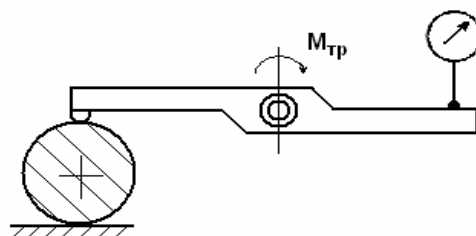


Рисунок 4.2.9 – Рычажная передача

Для этого используются опоры на центрах (рисунок 4.2.10).

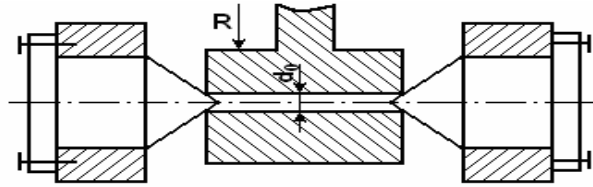


Рисунок 4.2.10 - Опора на центрах

Достоинства:

- малый момент трения $M_{тр}$, в связи с маленьким радиусом трения (чем меньше угол конуса и чем меньше диаметр отверстия d_0 тем меньше момент трения);

$$M_{тр} \geq 1,7 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot f \cdot \left(\frac{d_0}{2}\right) \cdot \frac{R}{\cos \alpha},$$

где f - коэффициент трения

d_0 - диаметр отверстия

R – внешняя сила

α – наклон образующей конуса

- возможность компенсации радиального и осевого зазора;
- относительная высокая нагрузочная способность.

Недостатки:

- необходимость регулировки зазора;
- относительно большие габариты;
- высокие требования к точности изготовления деталей.

4.2.3 Ножевые опоры

Опоры на ножах представляют собой опоры (рисунок 4.2.11), состоящие из двух частей: нож и подушка, изготовленные из высокопрочного твердого материала.

Материал: твердый сплав (металлокерамический материал), агат, рубин, халцедон.

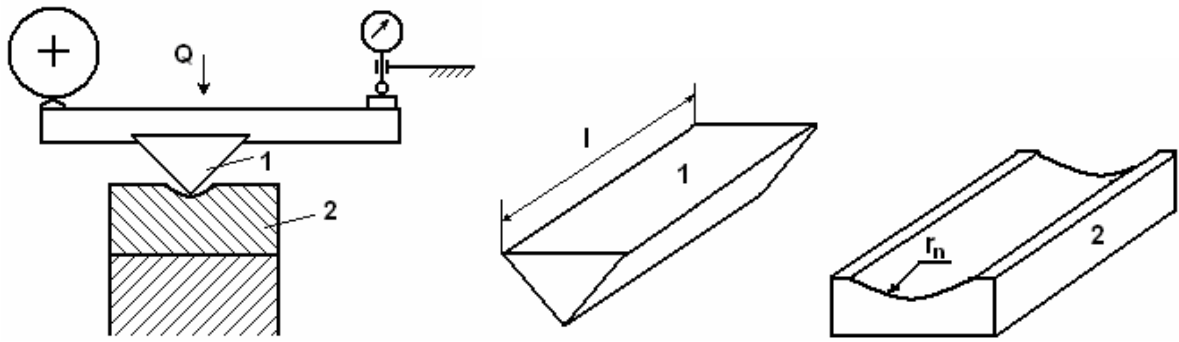


Рисунок 4.2.11 – Опоры на ножках

Главное достоинство – незначительный момент трения (т.е. очень легко поворачивается, точно реагирует на малейшие изменения усилий в приборе).

Момент трения качения $M_{тр}$:

$$\mu_{тр} = 0,015 \cdot Q \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{E_n} + \frac{1}{E_n}\right)}{l \left(\frac{1}{r_n} + \frac{1}{r_n}\right)}}$$

где Q- нагрузка

E - модули упругости ножа и подушки

r_n – радиус кривизны ножа .

r_n - радиус кривизны подушки.

l – длина контакта.

Недостатки:

- незначительный угол поворота;
- неустойчивость при наличии боковых нагрузок;
- необходимость однозначного углового положения в пространстве;
- требования к высокой твердости и прочности материала, следовательно, использование дорогостоящих материалов;
- большая трудоемкость обработки таких материалов $\sigma \leq [\sigma]$.

Напряжения в месте контакта ножа и подушки можно рассчитать по формуле Герца для линейчатого контакта (рисунок 4.2.12),

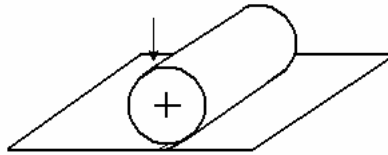


Рисунок 4.2.12 – Линейчатый контакт

Формула Герца:

$$\sigma_H = 0,59 \sqrt{\frac{Q E_{np}}{l \rho_{np}}} \quad \text{– напряжения в месте контакта ножа и подушки,}$$

$$\frac{1}{\rho_{np}} = \frac{1}{r_H} - \frac{1}{r_n},$$

где E_{np} – модуль упругости (приведенный);

ρ_{np} – приведенный радиус кривизны.

r_H – радиус кривизны ножа .

r_n - радиус кривизны подушки.

l – длина контакта.

4.2.4 Опоры на кернях

Опоры на кернях представляют из себя опоры (рисунок 4.2.13), состоящие из керна и подпятников, изготовленные из высокопрочного твердого материала.

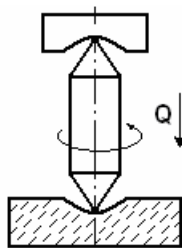


Рисунок 4.2.13 – Опора на кернях

Основное достоинство: чрезвычайно маленький момент трения.

Достоинства:

- незначительный момент трения;
- отсутствие ограничения угла поворота;
- отсутствие жестких требований к определенному положению в пространстве.

Недостатки:

- низкая нагрузочная способность;
- малые допустимые скорости вращения;
- требования высокой точности изготовления деталей;
- высокие требования к точности и твердости материалов.

Часть 5

5.1 ПЕРЕДАТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Назначение:

- передача измерительной информации на некоторое расстояние от измеряемой поверхности;

- обеспечение требования формы и усилия контакта;

- восприятие боковых нагрузок и предотвращение износа индикатора;

- удобное размещение индикатора по отношению к оператору;

- изменение направления передаваемых величин (рычажные механизмы).

Существуют два типа передач: прямые и рычажные (рисунок 5.1.1).

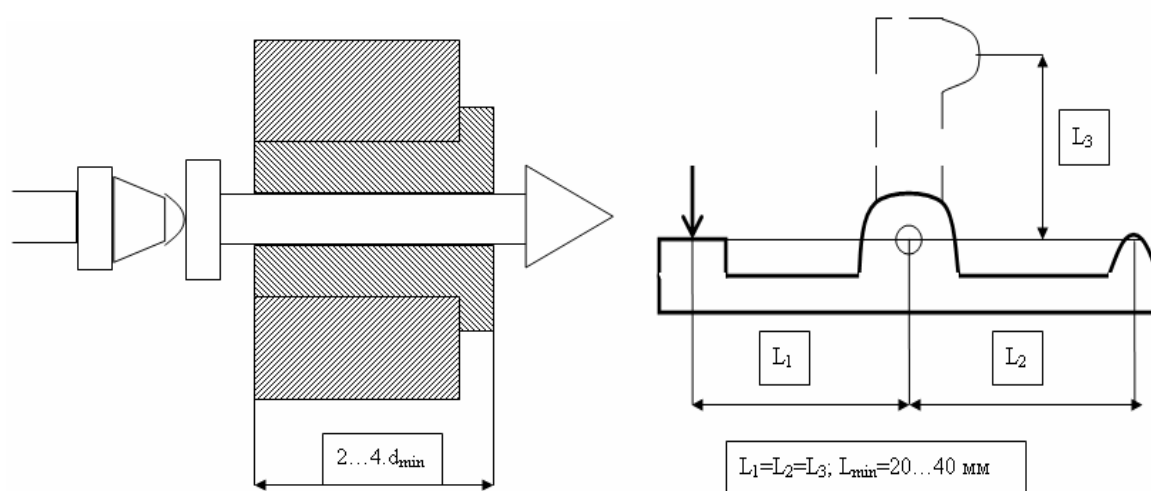


Рисунок 5.1.1 – Прямая и рычажная передачи

5.1.1 Прямая и рычажная передачи

Прямая передача состоит из:

- рабочего наконечника;

- подвижного стержня;

- пятки;

- пружины (при необходимости);

Рычажная передача состоит из:

- рабочего наконечника;

- рычага;
- пятки;
- опоры.

Во многих передачах есть ограничитель хода измерительного наконечника

Опоры рычажных передач:

- опора скольжения (штифт, на центрах, на ножах);
- опора качения (с подшипниками качения);
- упругие опоры (крестовые, полукрестовые).

Недостатки направляющих скольжения:

- трение влияет на точность;
- износ приводит к появлению зазоров.

Недостатки направляющих качения:

- дороже чем опоры скольжения;
- радиальное биение подшипников.

Недостатки упругих направляющих:

- очень большие габариты;
- наличие упругих сил (чем больше повернут рычаг от нуля, тем с большей силой он стремится вернуться обратно).

Варианты использования рычагов (рисунок 5.1.2)

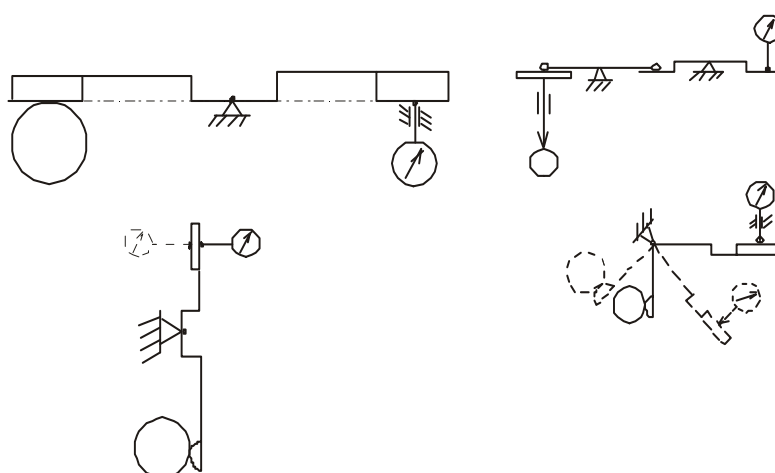


Рисунок 5.1.2 – Рычажные передачи

Рычаг позволяет контролировать погрешности внутренних элементов деталей (рисунок 5.1.3)

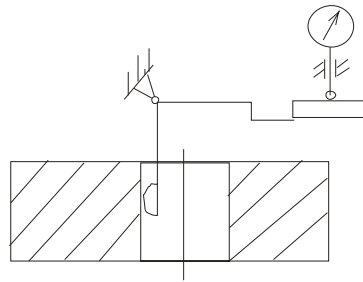


Рисунок 5.1.3 – Использование рычажной передачи

Рычажные преобразователи (рисунок 5.1.4) имеют три источника погрешностей

1) Из за неравенства рычагов;

Для обеспечения нормального функционирования необходимо назначать жёсткие допуски на длины рычагов l_1 и l_2 .

2) Из за смещение точек контакта;

Линия, проходящая через точки контакта обоих плеч рычага, должна проходить по возможности через ось вращения рычага. Желательно $\beta=0$

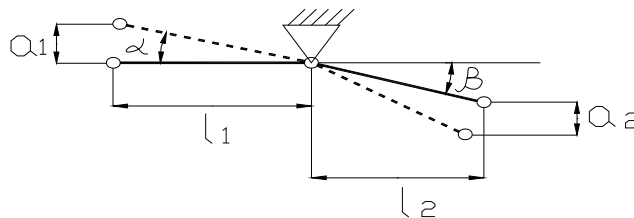


Рисунок 5.1.4 – Схема рычажного механизма

3) Из за нелинейности преобразования.

Эта погрешность связана с изменением длины рычага при тангенсной схеме, или смещением точки контакта от линии действия силы при синусной схеме.

Источник погрешности связан с нелинейностью передачи из за смещения точки контакта от линии действия силы при синусной схеме (рисунок 5.1.5):

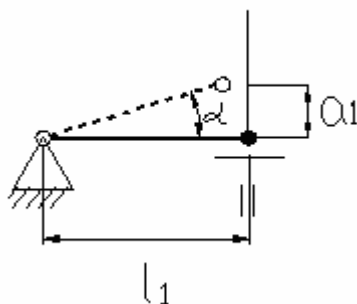


Рисунок 5.1.5 – Синусный механизм.

Источник погрешности связан с нелинейностью передачи из за изменения длины рычага при тангенсной схеме (рисунок 5.1.6):

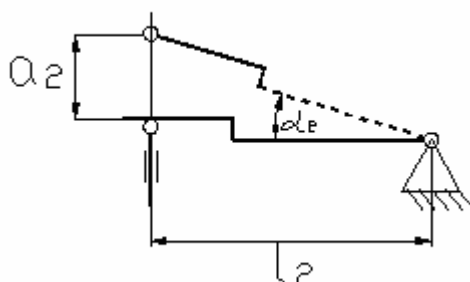


Рисунок 5.1.6 - Тангенсный механизм.

Нелинейность можно компенсировать за счет применения в одном рычаге только синусного или только тангенсного механизмов.

Расчеты погрешностей различных вариантов рычажных передач приборов приведены в книге Ларикова « Узлы и детали механизмов приборов: Основы теории и расчета" / Е.А. Лариков, Т.И. Виляевская. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.

5.1.2 Правила конструирования рычажных передач

1. Контактная плоскость рычага должна быть перпендикулярна к линии измерения и должна проходить через ось рычага, иначе появляется погрешность из за смещение точек контакта. Линия, проходящая через точки контакта обоих плеч рычага, должна проходить через ось вращения рычага.

2. Для обеспечения точности передаточного отношения, размеры плеч рычагов необходимо задавать с жёстким допуском. Если рычаг имеет на рабочем конце сферу, то допуском ограничивается расстояние от оси качания до центра сферы. Если рычаг имеет на конце плоскость, то допуск назначается на соответствующий размер в корпусе приспособления, например, на размер от оси качания рычага до оси гнезда крепления индикатора.

3. Для компенсации нелинейности рычажных передач на разных концах рычага желательно использовать одинаковые преобразования (оба синусных или оба тангенсных).

4. Необходимо индикатор закреплять неподвижно относительно оси качания рычага, т.е. используется один и тот же кронштейн и для опоры рычага и для фиксации индикатора.

Рычажные передачи используются в конструкции нутромера (рисунок 5.1.7):

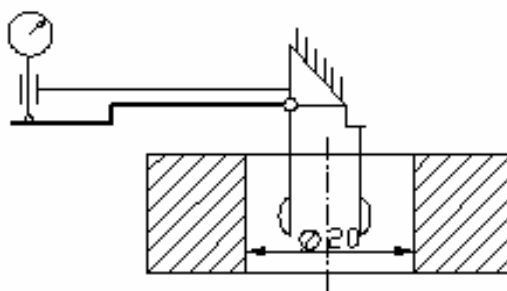


Рисунок 5.1.7 – Контроль внутреннего диаметра нутромера



[ИНДИКАТОРНЫЙ НУТРОМЕР](#)

Рычажные передачи используются для изменения направления линии измерения при передаче информации к индикатору или для переноса этой линии на некоторое расстояние (рисунок 5.1.8).

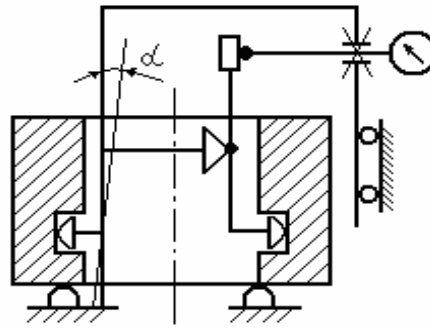


Рисунок 5.1.8 – Схема контрольных измерений

При конструировании рычагов необходимо выбирать такое направление сил, действующих в контактных точках, чтобы зазор в шарнире выбирался всегда в одну сторону (рисунки 5.1.9 и 5.1.10).

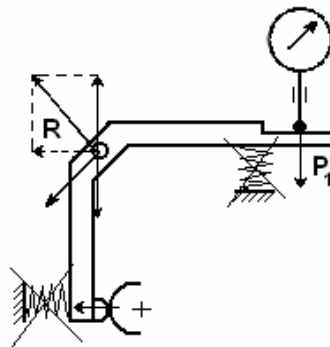


Рисунок 5.1.9 – Зазор выбирается в неопределённом направлении

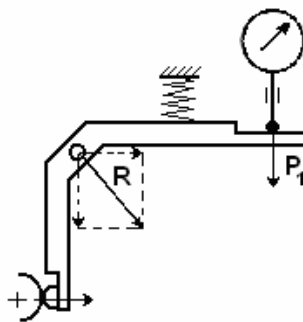


Рисунок 5.1.10– Зазор выбирается всегда в определённом направлении

Этот вариант лучше, так как зазор в шарнире выбран всегда в одну сторону и на общую погрешность практически не влияет.

Часть 6

6.1 ЭЛЕМЕНТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ, ПИП

6.1.1 Фиксирование индикатора

Требования:

- не допускается деформация индикатора (нельзя сдавливать её в узком локальном месте) (рисунок 6.1.1);

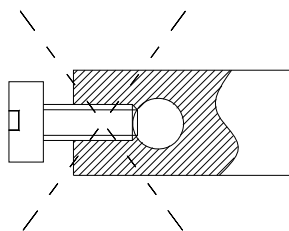


Рисунок 6.1.1 – Фиксирующий винт

- требуется обеспечить контакт по большой поверхности;

- клеммовый зажим (рисунок 6.1.2);

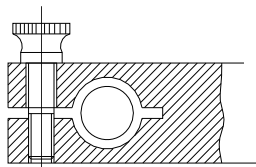


Рисунок 6.1.2 - Клеммовый зажим

- нажимная пластина с винтом (рисунок 6.1.3);

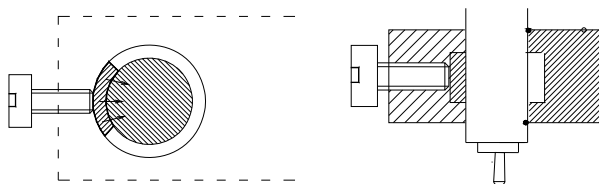


Рисунок 6.1.3 - Нажимная пластина с винтом

- разрезной сборный зажим (рисунок 6.1.4);

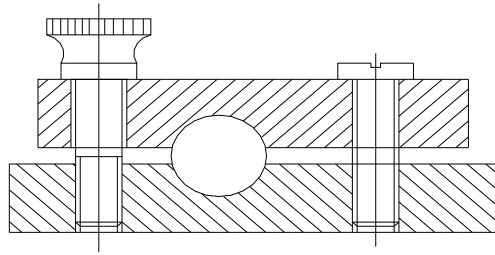


Рисунок 6.1.4 - Разрезной сборный зажим

- цанга (рисунок 6.1.5).

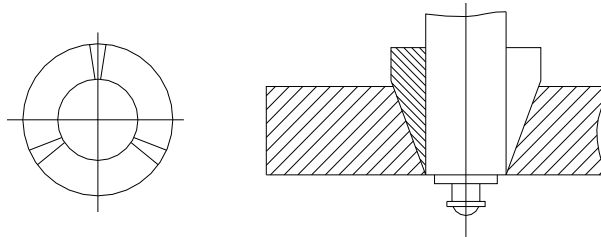


Рисунок 6.1.5 – Цанговый зажим

6.1.2 Элементы позиционирования

Пример 1

Цилиндрическая стойка (рисунок 6.1.6).

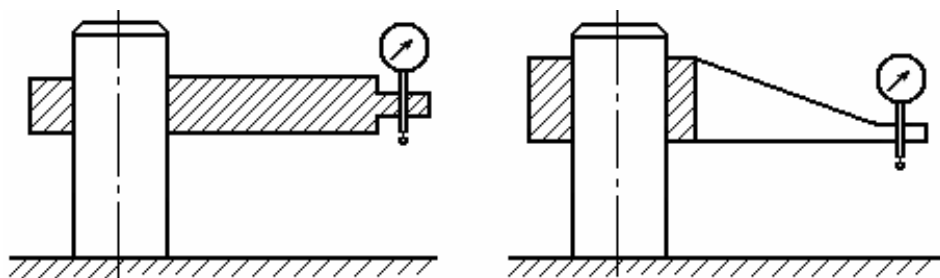


Рисунок 6.1.6 - Цилиндрическая стойка

Погрешности:

- непараллельность отверстия индикатора и отверстия стойки;



[НАКЛОН ИНДИКАТОРА](#)



[НАКЛОН ИНДИКАТОРА](#) ФЛЭШ

- неперпендикулярность отверстия стойки и плоскости крепления стойки;



[НАКЛОН СТОЙКИ](#)



[НАКЛОН СТОЙКИ](#) ФЛЭШ (ЩЁЛКНУТЬ МЫШЬЮ: РАЗВЕРНУТЬ → VIEW →

100%)

- непрямолинейность оси стойки.



[ИЗГИБ СТОЙКИ](#)



[ИЗГИБ СТОЙКИ](#) (ТОРЦОВОЕ БИЕНИЕ)

Пример 2

Детали элементов позиционирования измерительных устройств должны быть достаточно массивными (рисунок 6.1.7), чтобы минимизировать погрешности, вызываемые деформациями, например, при колебании измерительного усилия.

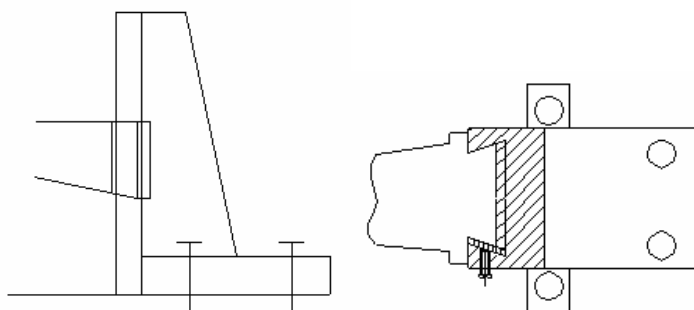


Рисунок 6.1.7 - Вертикальный кронштейн-стойка с подвижной кареткой

Часть 7

7.1 ПРОЕКТИРОВОЧНЫЕ И ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ

Расчеты проводятся проектировочные и проверочные.

Проектировочные расчёты – это предварительное нахождение величин параметров, необходимых при конструировании.

Проверочные расчёты – служат доказательством работоспособности и вносятся в записку технического проекта.

Погрешность – это основная метрологическая характеристика любого прибора.

Предельная погрешность определяется как часть поля допуска:

$$[\Delta] = IT \cdot 0.33.$$

Суммарная погрешность состоит из нескольких составляющих:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{и} + \Delta_{м} + \Delta_{у} + \Delta_{оп}.$$

Инструментальная погрешность $\Delta_{и}$ часто является доминирующей погрешностью и составляет 60-70 % от суммарной погрешности.

Методическая погрешность $\Delta_{м}$ связана с идеализацией объекта контроля.

Если выберем плоскую базирующую поверхность, может возникнуть методическая погрешность $\Delta_{м}$ из-за покачивания выпуклой детали на базирующей поверхности. Так как для плоских деталей при базировании на плоскости может возникать методическая погрешность $\Delta_{м}$ из-за погрешности формы детали, то плоскость заменяют несколькими опорами.

На отдельных опорах базирование может оказаться лучше.

Методическая погрешность $\Delta_{м}$ связана с идеализацией детали и с методами базирования (рисунок 7.1.1).

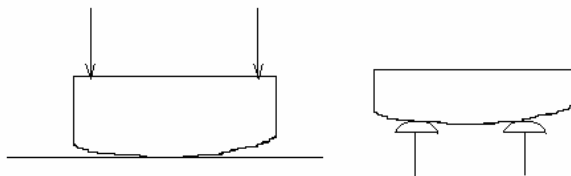


Рисунок 7.1.1 – Возникновение и ликвидация методической погрешности



МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ

Также существует разница в результатах измерений (Δ_m) из-за деформации детали (рисунок 7.1.2).

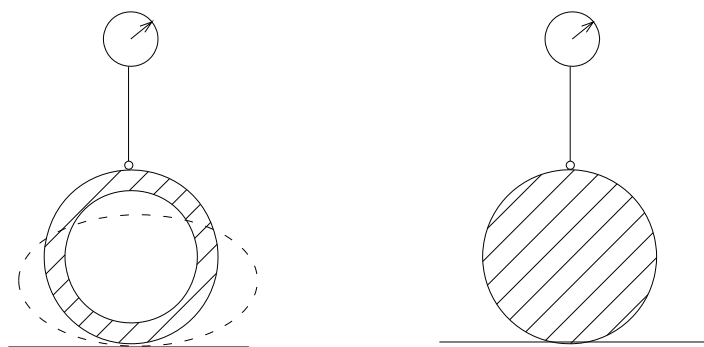


Рисунок 7.1.2 – Источник методической погрешности

Погрешность условий вызвана отклонением условий проведения эксперимента от нормальных.

Погрешность оператора – погрешность, возникающая из-за индивидуальных особенностей оператора (погрешность параллакса, отсчитывания и т.д.).

7.2. КОНТРОЛЬ ПОЛНОГО РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦОВОГО БИЕНИЙ

7.2.1 Оценка погрешностей контроля полного радиального и торцового биений поверхностей

Специфика контроля биения заключается в том, что измеряют перемещения точек цилиндрической или торцовой поверхности при вращении детали в

базирующих приспособлениях. При этом линия измерения должна быть либо нормальна к базовой оси (контроль радиального биения), либо параллельна ей (контроль торцового биения). Таким образом, измерению фактически подвергают малые изменения линейных размеров, а не сами размеры (большие длины), в результате чего отдельные составляющие погрешности измерений обычно значительно меньше, чем при измерениях собственно линейных размеров.

Для оценки погрешностей контроля можно использовать метрологическую модель. При контроле радиального и торцового биений механическими измерительными головками на стойках и штативах некоторые из составляющих погрешности измерений можно считать известными. Например, погрешности измерительных головок можно заимствовать из стандартов, справочников, паспортов или из аттестатов (для нестандартизованных средств измерений).

Строить аналитические модели "условий измерения" для определения оценки погрешностей, вызываемых влияющими величинами, нецелесообразно. Условия измерений радиального и торцового биений механическими головками включают только одну влияющую физическую величину – температуру. Причем, небольшие отличия температуры от нормальной практически не сказываются на работе измерительных головок и не могут вызвать значимых искажений измеряемых величин.

Методики выполнения измерений для контроля радиального или торцового биений со всеми налагаемыми на них ограничениями и с оценкой погрешностей измерений можно позаимствовать из РД 50-98–86 "Методические указания по внедрению ГОСТ 8.051-73. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм". В этом документе учтены практически все составляющие погрешности измерений, за исключением методических составляющих, обусловленных несовершенством базовых поверхностей контролируемых деталей. Следовательно, при строгом решении модель измерений с приведенными в РД 50-98–86 характеристиками погрешностей необходимо дополнить данными, полученными при моделировании объектов измерений.

7.2.2 Расчетные схемы для оценки погрешностей при измерении биений

При анализе составляющих погрешностей измерения радиального и торцового биений основное внимание уделяют погрешностям из-за наклона линии измерения по отношению к ее идеальному направлению (рисунок 7.2.1), который может быть постоянным или изменяющимся. Для вывода аналитических зависимостей эти различия не являются принципиальными, но они весьма существенны для оценки конкретных значений погрешностей.

Погрешности из-за постоянного несовпадения линии измерения с номинальным направлением практически всегда будут пренебрежимо малы из-за малости дефектных углов ($2...3$) $^\circ$ и измерительных перемещений (для годной детали не более допуска биения). Более опасной является ситуация, когда направление линии измерения изменяется в процессе измерений (плоскопараллельная или угловая осцилляция линии измерения).

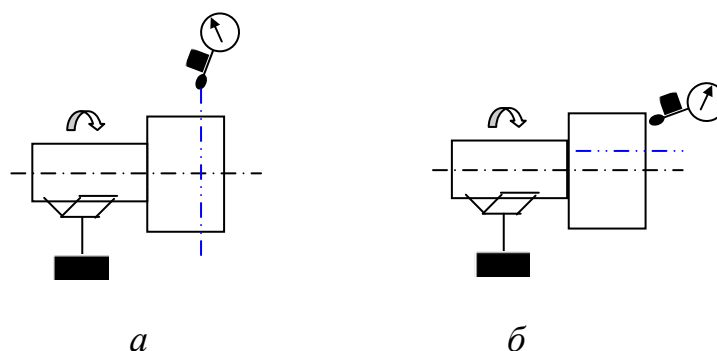


Рисунок 7.2.1 – Базирование в призме



[ОТКЛОНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ](#)



[НАКЛОН ИНДИКАТОРА](#) ФЛЭШ

Рассмотрим расчетную схему (рисунок 7.2.2), которая позволяет оценить погрешности из-за отклонения направления фактической линии измерения (линия AC) от номинального направления линии измерения AB на угол α .

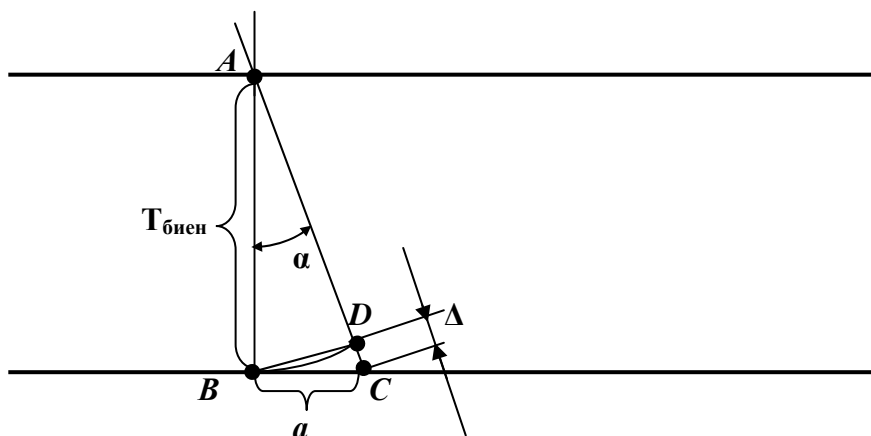


Рисунок 7.2.2 - Схема для оценки погрешности из-за угла наклона линии измерения α

Отрезок АВ принимаем равным допуску биения, следовательно, его длина ограничивает максимальное перемещение измерительного наконечника при измерении биения годной детали. Результатом наличия угла α будет дефектное перемещение Δ , равное отрезку DC, который дуга BD отсекает от стороны AC. Проведя хорду BD, стягивающую одноименную дугу, можно приближенно рассчитать значение Δ из треугольника BDC. Треугольник BDC можно принять за прямоугольный треугольник с прямым углом BDC, и углом DBC = α , подобный треугольнику ABC.

Из треугольника BDC рассчитываем Δ , равное отрезку DC:

$$\Delta = DC = BC \sin DBC = a \sin \alpha.$$

Поскольку $a = BC = AB \operatorname{tg} \alpha$, и $AB = T_{\text{биен}}$, при $T_{\text{биен}} = T$ можно записать:

$\Delta = T \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha$, что при малости углов α вследствие того, что $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$, можно представить в виде одной из двух следующих зависимостей:

$$\Delta = T \operatorname{tg}^2 \alpha,$$

$$\Delta = T \sin^2 \alpha.$$

При контроле радиального биения возможны также отклонения линии измерения от радиального направления в плоскости, нормальной к оси вращения детали, которое вызвано относительным плоскопараллельным смещением средства

измерения от диаметрального сечения или его относительным наклоном к радиусу контролируемого сечения детали (рисунок 7.2.3).

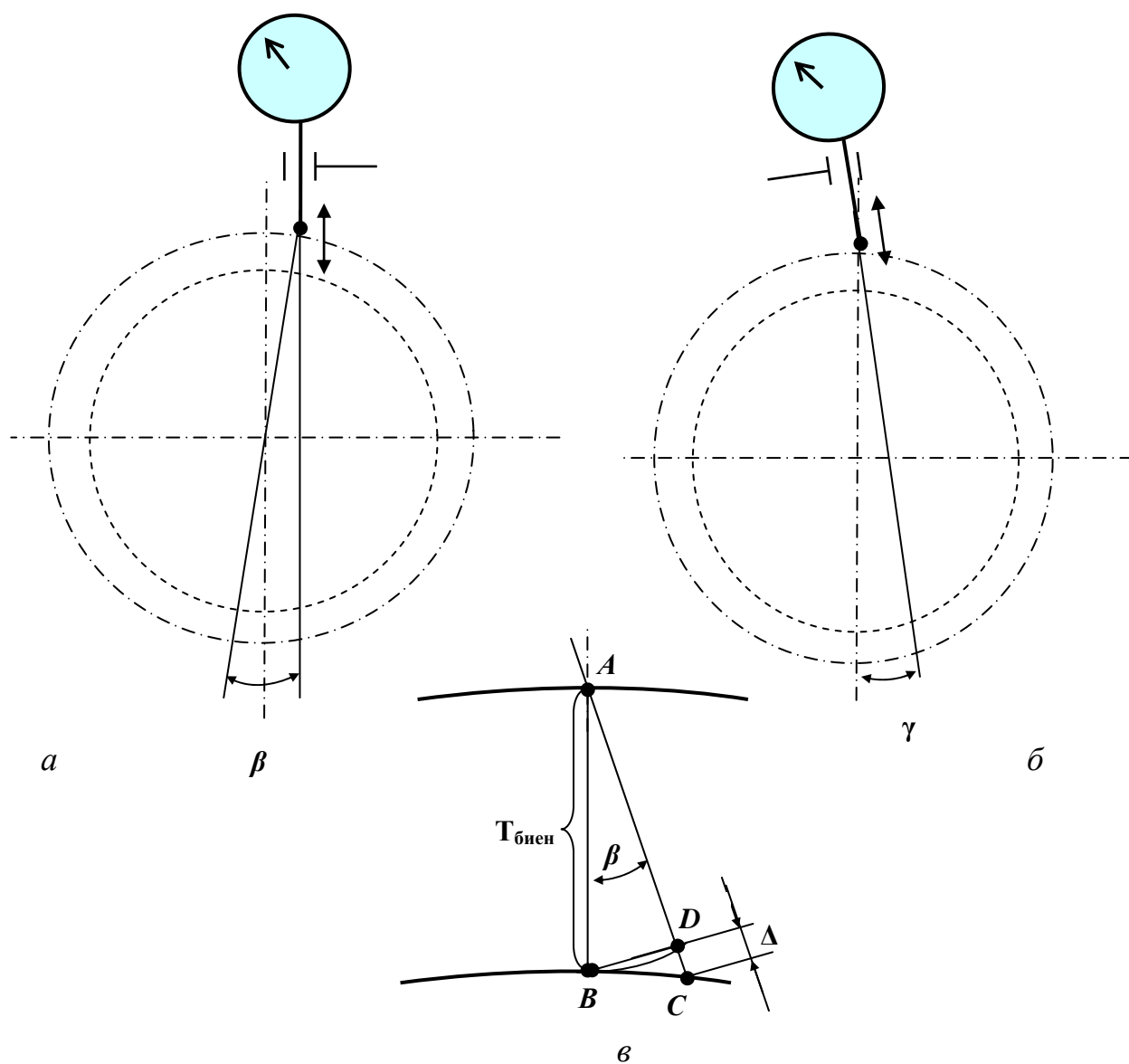


Рисунок 7.2.3 - погрешности из-за углов наклона линии измерения β и γ :
 а – механизм образования угла β ; б – механизм образования угла γ ; в – схема для
 оценки значений Δ

Анализ рисунков 7.2.3 а и 7.2.3 б показывает, что механизм образования исследуемых составляющих погрешности измерения радиального биения, несмотря на различия рассмотренных причин, сводится к одной расчетной схеме (рисунок 7.2.3 в).

Определим погрешность из-за отклонения направления фактической линии измерения (линия AC) от номинального направления линии измерения AB на угол β . Результатом наличия угла β будет искомое дефектное перемещение Δ , равное отрезку DC, который дуга BD отсекает от прямой AC. Отрезок AB, как и в предыдущем случае, принимаем равным допуску биения (максимальное биение годной детали). Дугу BC, которая очень мала, практически можно заменить соответствующей прямой, которая перпендикулярна прямой AB.

Рассчитаем значение Δ из треугольника BDC. Треугольник BDC можно принять за прямоугольный треугольник с прямым углом BDC, и углом DBC = β . Этот треугольник подобен треугольнику ABD.

Из треугольника BDC:

$$\Delta = DC = BD \operatorname{tg} \beta.$$

Значение BD найдем из треугольника ABD:

$$BD = AD \operatorname{tg} \beta.$$

Поскольку $AB = T_{\text{биен}}$, при $T_{\text{биен}} = T$ можно записать:

$$\Delta = T \operatorname{tg}^2 \alpha,$$

что при малости углов α вследствие того, что $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$, можно представить также в виде:

$$\Delta = T \sin^2 \alpha.$$

Выведенные зависимости имеют достаточно общий характер и будут использоваться в дальнейших расчетах. Для примера рассчитаем оценку искомой погрешности при следующих условиях: $T = 100$ мкм, $\alpha = 30$, из чего следует, что $\operatorname{tg} \alpha = 0,047158802$, а $\sin \alpha = 0,04710645$, следовательно, округленно можно принять $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha \approx 0,0472$, тогда $\operatorname{tg}^2 \alpha \approx 0,00223$ и $\Delta = T \operatorname{tg}^2 \alpha = 100 \cdot 0,00223 \approx 0,2$ мкм,

Относительная погрешность в рассматриваемом случае составляет менее 0,3 % от максимального значения используемого измерительного перемещения.

При больших значениях допусков биения и соответствующем увеличении измерительных перемещений растут только абсолютные значения погрешностей, относительные погрешности будут одинаковыми при неизменных значениях угла α .

Как показано выше, при измерении биений "погрешности условий" (возникающие из-за отличия влияющих величин от нормальных значений) в рамках принятых допущений практически не сказываются на получаемых результатах измерений.

Если же в приборе применяют оригинальные базирующие устройства типа кулачкового или цангового патрона, то их погрешности должны быть определены при метрологической аттестации средства измерений.

Основные факторы, вызывающие погрешности можно распределить на две группы:

- факторы, вызывающие фиксированное отклонение направления линии измерения по отношению к реальной оси вращения детали, что приводит к постоянному несоответствию реального направления линии измерения полного радиального или торцового биения номинальному;

- факторы, вызывающие изменение результатов измерений при перемещении измерительной головки по направляющим (поворот линии измерения относительно реальной оси вращения детали либо ее плоскопараллельное смещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях при вспомогательном перемещении измерительной головки).



[ПОГРЕШНОСТЬ, ВЫЗВАННАЯ ПОВОРОТОМ КРОНШТЕЙНА](#)



[ПОГРЕШНОСТЬ, ВЫЗВАННАЯ ПОВОРОТОМ КРОНШТЕЙНА ФЛЭШ](#)

Часть 8

8.1 ПРОФИЛАКТИКА ПОГРЕШНОСТЕЙ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1. Оценка погрешностей. На начальной стадии проектирования необходимо оценить погрешности измерения. Определяют основные источники возникновения погрешностей.

2. Выделяют и рассчитывают источники доминирующих погрешностей.

Анализ погрешностей и их источников позволяет правильно конструировать составляющие элементы приборов, обеспечивая минимизацию погрешностей.

Большинство погрешностей носит систематический характер. Их минимизация или исключение достигается за счет следующих мероприятий:

- рациональное конструирование;
- применение исправных, поверенных СИ;
- профилактика методических погрешностей;
- создание нормальных условий измерения;
- высокая квалификация оператора;
- необходимый уровень эргономичности изделия;

Компенсация погрешностей

Компенсации бывают двух типов:

- инструментальная (внутренняя) – корректирование сигналов;
- информационная (внешняя) – корректирование результата измерения.

8.1.1 Инструментальная компенсация

Инструментальная компенсация погрешности осуществляется следующими способами:

а) устранение влияния зазоров, например использованием принципа Аббе, т.е. линия измерения и ось шкалы совпадают (рисунок 8.1.1);

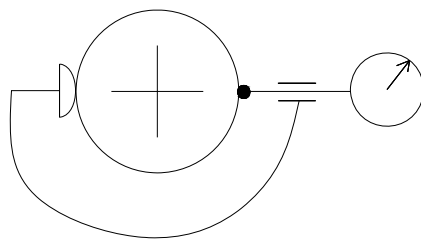


Рисунок 8.1.1 – Соблюдение принципа Аббе

Не всегда так получается. Часто в приборах возникает следующая проблема: линия измерения и ось шкалы (ось индикатора) не совпадают, как например, у штангенциркуля (рисунок 8.1.2).

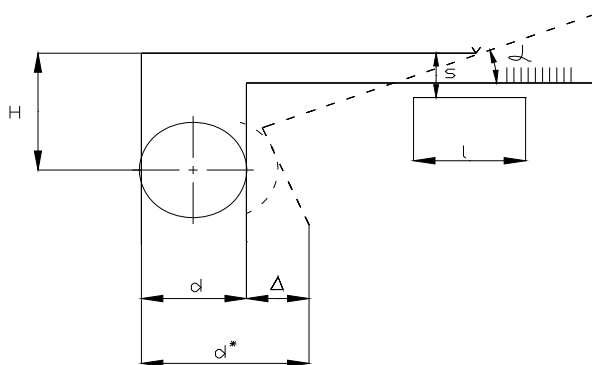


Рисунок 8.1.2 – Несоблюдение принципа Аббе

Погрешность измерения, вызванная несоблюдением принципа Аббе равна

$$\Delta = \operatorname{tg}\alpha * H = H * S/l,$$

где $\operatorname{tg}\alpha$ – угол перекося каретки;

S – зазор в каретке;

l – длина каретки;

Или общий принцип – устранение самих зазоров (конструктивными методами).

б) изменение конструкции внесением компенсатора;

1) внесение в конструкцию компенсатора (например, погрешность, вызванная разной высотой двух центров) может быть минимизирована компенсационной пластинкой, подшлифовкой которой по высоте добиваются необходимой точности (рисунок 8.1.3);

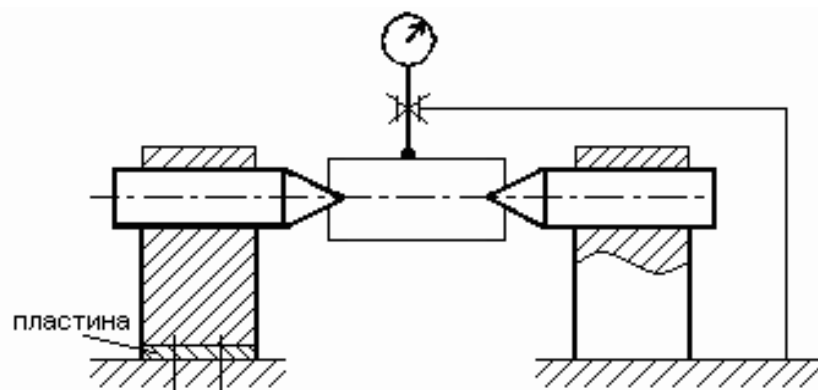


Рисунок 8.1.3 – Регулировка высоты центра

- 2) регулировочный элемент с особым коэффициентом теплового расширения – компенсатор температурных деформаций;
- 3) изменение схемы прибора: (приборы активного контроля (ПАК));
- 4) корректирующий элемент (линейка) (рисунок 8.1.4);

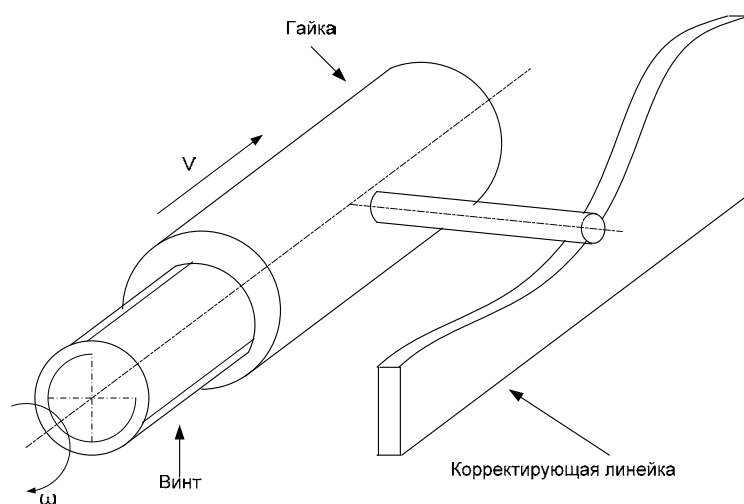


Рисунок 8.1.4 – Компенсация погрешности шага резьбы

Накопленная погрешность шага ΔP можно компенсировать линейкой.

- 5) использование двойного механизма с разнонаправленными погрешностями;
 $\Delta_1 + \Delta_2 = 0$ (например, использование двойного плоскoprужинного параллелограмма).
- 6) Иногда погрешность можно компенсировать конструктивно (рисунки 8.1.5 и 8.1.6). Источником погрешности, вызывающим перекося кронштейна и соответствующее ему перемещение индикатора по вертикали, является непрямолинейность направляющей.

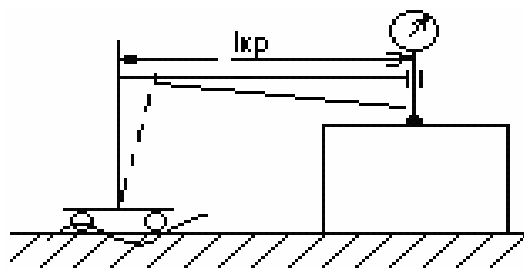


Рисунок 8.1.5 - Непрямолинейность направляющей



НЕПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ

Для того чтобы уменьшить погрешность, изменим конструкцию таким образом, чтобы длина «каретки» возросла (рисунок 8.1.6).

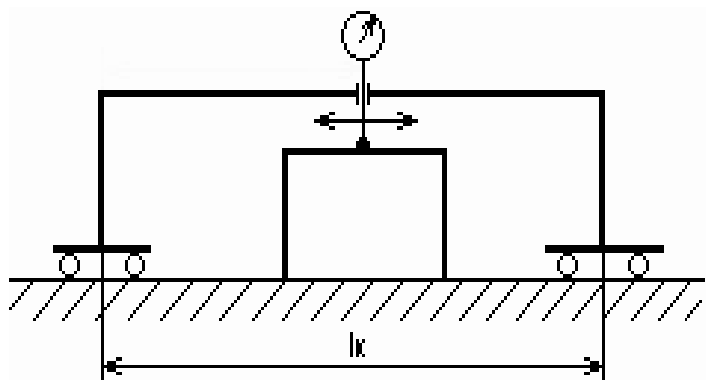


Рисунок 8.1.6 – Двойная каретка

Длина каретки l_k увеличилась, а длина кронштейна $l_{кр}$ стало близким к нулю (середина «каретки» теперь совпадает с линией измерения), следовательно, погрешность уменьшилась.

В некоторых случаях можно изменить конфигурацию кронштейна, чтобы уменьшить погрешность от его перекоса (рисунок 8.1.7).

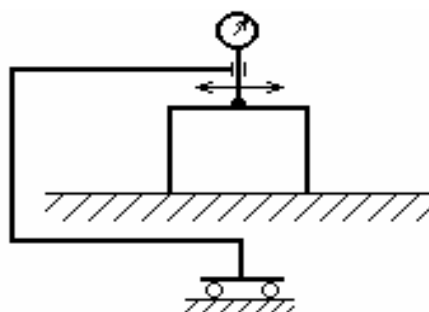


Рисунок 8.1.7 – Минимизация погрешности от перекоса кронштейна

8.1.2 Информационная компенсация

Информационная компенсация – внесение поправки в полученный результат.

Возьмем образцовую деталь, установим на измерительный прибор и измерим ее в заданных сечениях. Для каждого сечения найдем поправки $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$. (рисунок 8.1.8). Затем поставим измеряемую деталь и произведем ее измерение. Из полученного размера необходимо вычесть найденные в предыдущем измерении образцовой детали поправки Δ_1 . Информационная компенсация погрешности прибора заключается во внесении поправки в полученный при измерениях результат, т.е. мы не вносим изменения в сам сигнал (измерительную информацию). (Все это относится только к минимизации систематических погрешностей. Если погрешности случайные, то информационная компенсация не применима).

Сколько заданных сечений, столько и поправок нужно внести в измерения.

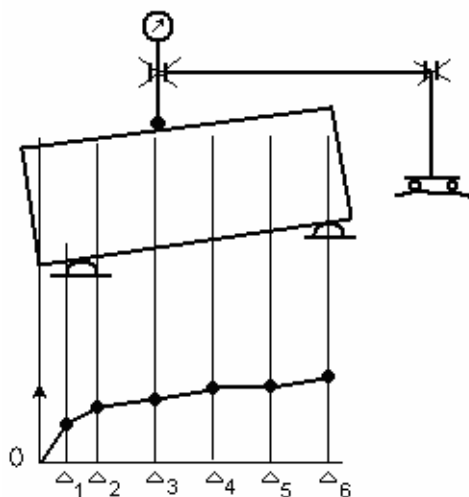


Рисунок 8.1.8 – Информационная компенсация погрешности

Основной недостаток информационной компенсации заключается в том, что увеличивается время на получение окончательного результата измерений. (Например, если измерять радиальное биение, то поправки нужно добавлять и к \max и к \min показаний индикатора в каждом сечении).

Часть 9

9.1 КОМПЛЕКС ТРЕБОВАНИЙ К ОБЪЕКТУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Во всех случаях к объекту проектирования предъявляется соответствующий комплекс требований, обеспечивающий его назначение. Для изделий во всем процессе их создания основными являются требования заданного технического уровня и качества изделия.

Для оценки технического уровня и качества машин, оборудования и другой техники и аттестации этой продукции по категориям качества разработан «Единый порядок оценки технического уровня и качества», регламентирующий порядок и критерии оценки по всему циклу создания и эксплуатации продукции, и особенно там, где имеется наибольшая возможность внесения коррективов – на стадиях технического задания и разработки технической документации (проектирования).

ГОСТ 15467-79 «Управление качеством. Основные понятия. Термины и определения» устанавливает следующее определение понятия «качество».

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающие ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением.

Под *свойством продукции* (изделия) понимается объективная особенность продукции (изделия), проявляющаяся при ее создании и эксплуатации (потреблении).

Потребности человека в отношении продукции характеризуют двумя группами свойств:

- свойства, отражающие пригодность продукции к употреблению по назначению, т.е. такие ее свойства, как потребительская стоимость;
- свойства, отражающие затраты труда на производство и потребление продукции, т.е. такие свойства, как стоимости.

К свойствам первой группы можно отнести прочность, точность, эстетичность изделия, ко второй – себестоимость, расходы на эксплуатацию и т.д.

В качество продукции входят далеко не все свойства, а только те которые связаны с употреблением продукции по назначению.

9.1.1 Работоспособность и надежность

Качество изделия по способности выполнять свои функции характеризуются его работоспособностью и надежностью.

Показатели работоспособности и надежности относятся к той группе показателей качества, которые отражают степень пригодности изделия к использованию его по назначению, т.е. потребительскую стоимость изделия. Понятия эти определены в ГОСТ 27.001-83 «Надежность в технике. Термины».

Работоспособное состояние (работоспособность) – состояние объекта, при котором значение всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Событие, заключающееся в нарушении работоспособности, называется *отказом*.

Отказ следует отличать от *дефекта* – нарушения годности изделия, т.е. нарушения любого показателя, установленного технической документацией, в том числе такого, который не влияет на нормальное функционирование изделия, например, эстетичности (повреждение декоративного покрытия, царапина на корпусе часов).

Свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значение всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования, называется *надежностью изделия*.

Ремонтпригодность изделия – приспособленность изделия к предупреждению, обнаружению и устранению неисправностей и отказов путем техобслуживания и ремонтов. Она может характеризоваться вероятностью восстановления работоспособного состояния или средним временем восстановления.

Показатели ремонтпригодности установлены ГОСТ 19152-73 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Ремонтпригодность. Состав общих требований».

Сохраняемость – способность изделия сохранять работоспособное состояние в течение заданного срока хранения и транспортировки. Характеризуется оно средним сроком сохранности.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Под *предельным состоянием изделия* понимается состояние, определяемое состоянием невозможности его дальнейшей эксплуатации, обусловленное либо снижением эффективности, либо требованиями безопасности, что оговаривается в технической документации.

Повышение работоспособности и надежности изделий может быть достигнуто с помощью конструктивных, технологических и организационно-технических мер.

1. Упрощение принципиальной схемы изделия, уменьшение ее элементов, или наоборот, дублирование элементов, работающих параллельно (резервирование).

2. Применение рациональных форм и взаимного расположения деталей, конфигурация, обеспечивающая равномерность распределения нагрузок и напряжений, применение форм сечения, обеспечивающих повышенную жесткость и др.

3. Изменение размеров деталей.

4. Повышение точности элементов изделия, точности изделия в целом.

5. Применение материалов с более высокими показателями по данному свойству взамен «универсальных».

6. Применение эффективных методов обработки – термическая обработка, покрытие, упрочнение и т.д.

7. Применение организационно-технических мероприятий.

Такие мероприятия зависят во многом от субъективных факторов, что не позволяет полностью полагаться на них. В принципе условия правильной

эксплуатации должны быть заложены в конструкции изделия – автоматическая подача смазки, установка предохранителей, конструкция, не требующая регулировки.

9.1.2 Технологичность и экономичность изделий

Показатели технологичности и экономичности относятся к той группе показателей качества, которые отражают экономическую сторону свойств изделий как стоимости, т.е. показывают непосредственно или косвенно уровень материальных, трудовых и финансовых затрат на создание и применение этой продукции.

Понятие технологичности конструкции установлено ГОСТ 14.205-83 (СТ СЭВ 2063-79) "Технологичность конструкций изделий. Термины и определения".

Технологичностью конструкции изделия называется совокупность свойств, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Стандарт определяет также уровень технологичности конструкции, находимый как отношение показателя технологичности, характеризующего один или несколько ее признаков к такому же показателю базовой конструкции.

Стандартами Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) устанавливается обязательность отработки конструкций на технологичность и количественной оценки технологичности на всех стадиях создания изделия. Правила, эти содержатся в стандартах:

ГОСТ 14.201-73 "ЕСТПП. Общие правила отработки конструкции изделия",

ГОСТ 14.103-73 "ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц",

ГОСТ 14.202-73 "ЕСТПП. Правила выбора показателей технологичности конструкции изделия",

ГОСТ 14.204-73 "ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкции деталей".

Принципы решения этой задачи изложены в утвержденной Госстандартом СССР методике отработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения, а также в отраслевых методиках.

9.1.2.1 Трудоемкость изготовления изделия и технологическая себестоимость

Основными показателями технологичности являются трудоемкость изготовления изделия и технологическая себестоимость изделия.

Трудоемкость изготовления изделия определяется как суммарная трудоемкость технологических процессов изготовления изделия и его составных частей (исключая покупные изделия), выражаемая в норма-часах.

$$T = \sum T_i,$$

где T_i – трудоемкость отдельных процессов.

Экономическая эффективность может также определяться технологической себестоимостью изделия – суммой затрат на осуществление технологических процессов изготовления без учета покупных изделий.

Предусмотрен также уровень технологичности по себестоимости. Расчет себестоимости при проектировании ведется по методикам, аналогичным методикам расчета трудоемкости.

Дополнительные показатели технологичности делятся на технико-экономические и технические.

Показатели стандартизации и унификации ГОСТ 22851-77 относят к отдельной группе показателей.

Методика определения показателей унификации и стандартизации установлена РД-50-33-80 "Методические указания определения уровня унификации и стандартизации изделий".

Коэффициент стандартизации и коэффициент унификации изделия, его сборочных единиц и деталей, определяется как отношение количества стандартных или унифицированных составных частей к общему количеству составных частей того же уровня:

$$K_c = (n_c / N) * 100\%,$$

где n_c – количество стандартных (унифицированных) составных частей;

N – общее количество составных частей.

Крепежные детали (винты, гайки, шайбы, штифты, шпонки и др.) при расчете из числа деталей исключаются.

Коэффициент применяемости находится по формуле:

$$K_{пр} = (n - n_o) / n * 100\%,$$

где n – общее количество типоразмеров составных частей;

n_o – то же, но оригинальных частей.

Коэффициент повторяемости:

$$K^п = N / n * 100\%,$$

где N – общее количество составных частей;

n – общее количество типоразмеров.

Удельная материалоемкость определяется как отношение сухой массы изделия к номинальному значению основного параметра, например, килограмм на единицу производительности, на единицу мощности и др.

Коэффициент использования материала находится как отношение массы заготовки к массе детали или массы расходуемых материалов к массе изделия.

Стандарт предусматривает также следующие качественные характеристики технологичности конструкции.

Взаимозаменяемость – свойство конструкции составной части изделия, обеспечивающее ее возможность применения вместо другой без дополнительной обработки с сохранением данного качества изделия, в состав которого она входит.

Регулируемость конструкции – свойство конструкции изделия, обеспечивающее возможность и удобство ее регулирования при сборке, техническом обслуживании и ремонте для достижения или поддержания работоспособности.

Контролепригодность конструкции – свойство конструкции изделия, обеспечивающее возможность, удобство и надежность контроля при изготовлении, испытаниях, техническом обслуживании и ремонте.

Инструментальная доступность конструкции – свойство конструкции изделия, обеспечивающее доступ инструмента к ее поверхностям при изготовлении, контроле, техническом обслуживании и ремонте.

Повышение технологичности и экономичности может быть достигнуто применением следующих мер.

1. Упрощение конструкции и уменьшение количества деталей (или уменьшение номенклатуры деталей).

Здесь, однако, следует напомнить, что экономичность конструкции определяется также эксплуатационными и ремонтными расходами, а их снижение у рациональной конструкции может компенсировать повышение себестоимости изделия.

2. Уменьшение расхода материала за счет применения рациональной формы детали, уменьшения ее габаритов и толщины.

Например, деталь двутаврового сечения при одинаковом осевом моменте сопротивления W_x имеет поперечное сечение, а, следовательно, и массу в 5 раз меньшую, чем квадратного сечения.

3. Применение более дешевых материалов или материалов с более высокими эксплуатационными свойствами, позволяющими уменьшить их расход. Изготавливают габаритную деталь из дешевого материала, а в ответственных местах устанавливают твердые износостойкие малогабаритные вставки (рисунок 9.1.1).

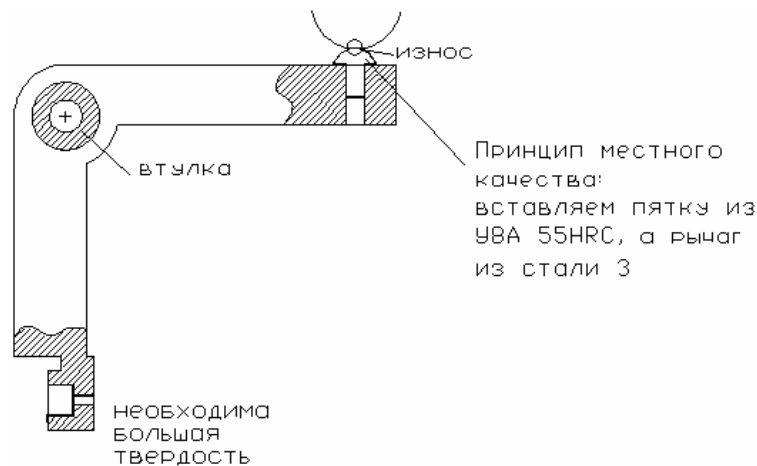


Рисунок 9.1.1 – Использование принципа местного качества

4. Применение стандартных и унифицированных элементов, позволяющих использовать одинаковые инструменты, наладки и режимов, средств контроля.

5. Конфигурация деталей должна быть рациональной с точки зрения обработки ее элементов.

6. Назначение рациональных допусков элементов приборов или назначение рациональных конструктивных параметров прибора.

Например, ограничение номенклатуры отверстий высоких квалитетов точности в данном изделии уменьшает номенклатуру применяемого при его изготовлении инструмента – разверток. Назначение излишних запасов точности приводит к неоправданному удорожанию изделия. Например, повышение квалитета отверстий диаметром 18...30 мм с IT8 до IT6 увеличивает себестоимость операции в 4 раза.

9.1.3 Эргономичность и эстетичность изделий

Эргономические и эстетические показатели качества изделия, как и показатели работоспособности и надежности, относятся к той группе показателей, которая отражает потребительскую стоимость.

Эргономические показатели характеризуют степени соответствия изделия комплексу гигиенических, антропометрических, психофизиологических требований человека-оператора, предъявляемых к системе «человек-изделие».

К гигиеническим показателям относятся: уровень шума, вибрации, температура рабочего места, освещенность шкал или экранов прибора и т.д.

Антропометрические показатели характеризуют соответствие изделия и его элементов форме и размерам человеческого тела. К ним относятся: размеры рабочего места, расположение органов контроля и управления и т.д.

Физиологические показатели характеризуют соответствие изделия пространственным, силовым и временным возможностям оператора. К ним относятся: ходы, усилия и скорости органов управления.

Психофизические показатели характеризуют соответствие изделия органам чувств человека, они учитывают задаваемый изделием объем зрительной и слуховой информации, ее интенсивность, скорость выдачи и т.п.

Психологические показатели характеризуют соответствие изделия особенностям и возможностям деятельности высшей нервной системы человека, таким как требуемая в изделии скорость реакции оператора, наглядность и удобство усвоения процесса управления изделием.

Конкретные нормы ряда показателей содержатся в стандартах.

Рукоятки, головки зажимных и фиксирующих винтов должны соответствовать антропометрическим и физиологическим показателям (рисунок 9.1.2).

Кнопки, ручки регулировочные. Примеры (рисунок 9.1.3):

1. Для вращения двумя пальцами:

$$D \approx 10\text{мм} ; \quad T = 0,01H \cdot m$$

2. Для вращения тремя пальцами (захват рукоятки):

$$D \approx 20...50\text{мм} ; \quad T = 0,4...1.0H \cdot m$$

3. Для вращения всей рукой (кистью):

$$D \approx 60...140\text{мм} ; \quad T = 3H \cdot m$$

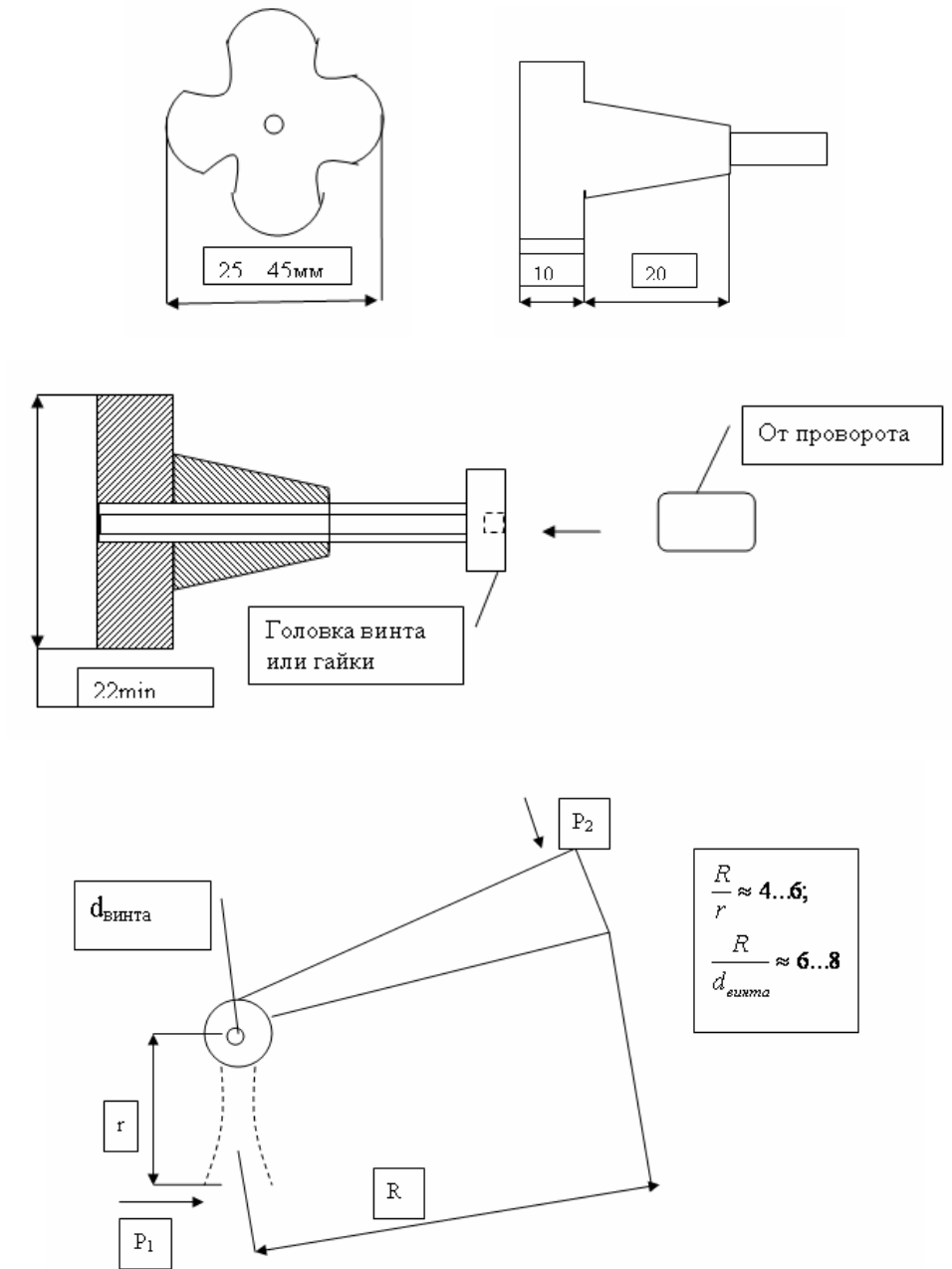


Рисунок 9.1.2 – Размеры рукояток и рычагов

Рекомендация:

$$\frac{R_{рук}}{d_в} \approx 5...7$$

где $R_{рук}$ – радиус рукоятки;

$d_в$ – диаметр винта.

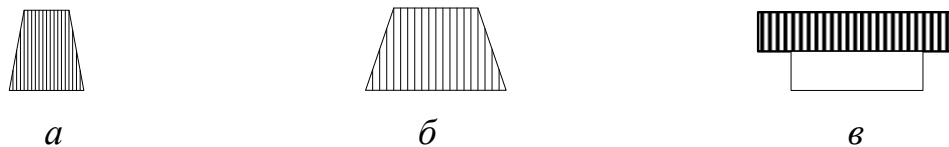


Рисунок 9.1.3 – Поворотные ручки:

а) для вращения двумя пальцами; б) для вращения тремя пальцами; в) для вращения всей кистью

Рычаги для зажима или фиксации элементов приборов (рисунок 9.1.4.) используют вместо поворотных ручек для значительных усилий или точных перемещений. Рекомендуемые размеры и направление движения.

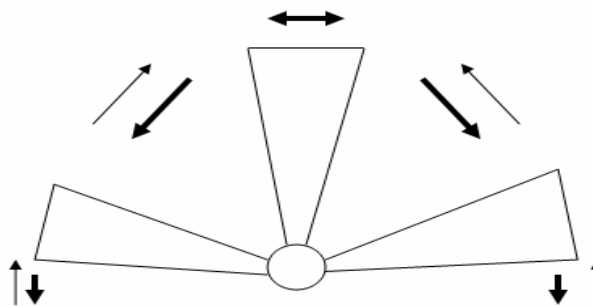


Рисунок 9.1.4 – Направление поворота рычага

Ход – 10...40 мм. Длина – 50...120 мм.

Необходимо обеспечить удобство контакта кисти руки с деталью.

Направление усилия: - желательное направление – ↓ 20...40 Н;

- не желательное направление – ↑;

- допустимо – ↔ 10...20 Н.

Повышение показателей эргономичности и эстетичности при разработке конструкции изделия достигается следующими мерами.

1. Отработкой внешней формы изделия с художественной точки зрения – общего стиля изделия, его тектоники, организацией объемно-пространственной структуры, масштаба и соотношения объемов составных элементов, силуэта, композиционной целостности, соответствия моде.

2. Акцентацией важнейших элементов изделия, в первую очередь подвижных частей, органов управления и контроля.

3. Рациональной формой, размерами и расположением деталей управления и контроля в соответствии с их назначением и важностью для функционирования изделия.

4. Назначением рациональных ходов, углов поворота, скоростей и усилий перемещения органов управления.

Например, оптимальное усилие перемещения рукоятки кистью руки 5 Н, максимально допустимое 10 Н.

5. Обеспечением соответствия между направлением перемещения органов управления и характером информации, получаемой при функционировании изделия или с помощью органов контроля.

Например, если увеличение давления вызывает перемещение стрелки индикатора вправо, рукоятка регулировки давления должна давать его увеличение также при повороте в ту же сторону – вправо.

9.1.4 Правовые характеристики качества

К правовым характеристикам качества относятся те, которые непосредственно на функционирование продукции не влияют, но определяют возможность или рациональность ее применения с точки зрения права. Стандартом различаются характеристики патентно-правовые, безопасности и экологические.

Патентно-правовые характеристики должны учитывать:

- наличие в изделии новых технических решений, которые могут быть предметом изобретения или на которые поданы заявки,

- наличие в изделии технических решений, защищенных авторскими свидетельствами с приоритетом не более 10 лет, а также патентами в странах предполагаемого экспорта,

- наличие в изделии технических решений, подпадающих под действие патентов исключительного права,

- значимость и стоимостные показатели составных частей, подпадающих под действие патентов,

- наличие регистрации промышленного образца и товарного знака в странах предполагаемого экспорта.

Стандарт устанавливает две группы показателей:

- показатели патентной защиты;
- показатели патентной чистоты.

Патентная защита нужна для получения прибыли за свою интеллектуальную собственность.

Патентная чистота отражает затраты, которые необходимо уплатить либо за чужие патенты, либо за нарушение прав патентов.

Проверка на патентную чистоту должна определять наличие технических решений, защищающих патентование в странах предполагаемого экспорта.

Экологический показатель характеризует уровень воздействия изделия на окружающую среду, возникающий в условиях эксплуатации.

Часть 10

10.1 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

10.1.1 Введение

Настоящее учебно-методическое пособие разработано для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование контрольных приспособлений» для студентов приборостроительных специальностей. Материалы, изложенные в пособии, содержат сведения теоретического и справочного характера, и предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения.

Объём справочного материала, приведенного в пособии, соответствует тематике заданий на курсовой проект, принятой на кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы» и помогает студентам в освоении опыта проектирования, накопленного в промышленности и отражённого в Технических нормативных правовых актах (ТНПА). Вместе с тем, надо отметить, что дополнительный справочный материал, а также более подробное изложение вопросов, касающихся проектирования и расчётов, приводятся в литературе, список которой дан в конце пособия.

Знания и опыт, приобретённые студентом в процессе проектирования, являются основой для дальнейшей конструкторской работы, а также для выполнения курсовых проектов по специальным дисциплинам и дипломного проекта.

Материал в пособии изложен в той последовательности, которая методически соответствует порядку работы над курсовым проектом.

Курсовой проект является конструкторской работой студента, при выполнении которой студент приобретает навыки проектирования, расчета и конструирования деталей и механизмов приборов на базе знаний, полученных при изучении общетехнических и специальных дисциплин.

Основная цель курсового проектирования состоит в приобретении опыта проектирования объектов приборостроения. Дополнительной целью является выполнение и защита курсового проекта по соответствующей дисциплине.

Основные задачи курсового проектирования:

- изучение и анализ конструкций аналогичных устройств и механизмов;
- анализ научно-технической литературы по теме задания;
- освоение методик проектирования приборов;
- приобретение навыков использования справочников, каталогов, стандартов и других ТНПА;
- развитие навыков выполнения чертежей общего вида, рабочих чертежей, выполнения и оформления пояснительной записки.

10.1.2 Состав, структура и основные требования к оформлению курсового проекта

Курсовой проект – квалификационная работа студента, предназначенная для объективного контроля знаний, умений и навыков решать задачи по видам профессиональной деятельности, установленным образовательным стандартом специальности, и предусматривающая синтез физического или идеального объекта проектирования.

Студент выполняет курсовой проект самостоятельно под контролем руководителя. Ответственность за принятые в курсовом проекте решения, качество выполнения, а также за своевременное выполнение проекта несет автор – студент.

Курсовой проект должен содержать все предусмотренные заданием результаты проектирования (создания в виде информации) новых изделий, процессов, нормативных документов.

Объем курсового проекта определяется руководителем.

Рекомендуемый объем проекта (работы):

пояснительная записка – 20-25 страниц рукописного текста;

графическая часть – 2-3 листа формата А1.

10.1.3 Организация работы над курсовым проектом

Курсовой проект выполняется студентом в течение времени, отведенного на курсовое проектирование рабочим учебным планом соответствующей специальности.

Руководителями курсовых проектов назначаются профессора и доценты, а также научные сотрудники и высококвалифицированные специалисты БНТУ.

Руководитель курсового проекта обязан:

- составить и выдать исполнителю задание на курсовое проектирование;
- разработать совместно со студентом календарный график на весь период выполнения курсового проекта;
- рекомендовать студенту необходимую литературу, справочные и архивные материалы, типовые решения, имеющиеся компьютерные программы и другие источники по теме курсового проекта;
- проводить систематические консультации в соответствии с графиком;
- контролировать ход выполнения работ по курсовому проектированию вплоть до защиты курсового проекта.

Студент обязан регулярно посещать консультации. При пропуске их без уважительных причин или при значительном отставании от графика кафедра должна своевременно информировать об этом декана факультета.

Для защиты курсового проекта на кафедре создается комиссия (комиссии), которая заслушивает студента и определяет оценку. Законченный курсовой проект, подписанный студентом, представляется руководителю, который подписывает его. Допуск студента к защите фиксируется подписью руководителя на титульном листе пояснительной записки курсового проекта (или пометкой «СМ.» с подписью руководителя).

10.1.4 Состав курсового проекта

Курсовой проект включает в себя две равноправных части: пояснительную записку (ПЗ) и графические материалы. В пояснительной записке допускаются ссылки на графическую часть, но для удобства чтения в ней может быть частично продублировано содержание материалов графической части.

В состав курсового проекта входят:

- задание на курсовое проектирование (включается в состав ПЗ).
- текстовая часть проекта (включается в состав ПЗ).

- графическая часть проекта (конструкторская документация проекта в виде чертежей).

К защите могут быть представлены "вещественные результаты проектирования" (образцы изделий или их отдельных элементов после модернизации, макеты средств измерений или объектов исследований, модели средств измерений или их составных частей, натурные образцы исследуемых средств измерений и вспомогательных устройств, детали или иные объекты, точность производства которых исследуется и др.). "Вещественные результаты" могут не включаться в состав курсового проекта, если они предназначены только для демонстрации на защите.

10.1.5 Основные требования к оформлению курсового проекта

Чертежи и схемы, входящие в конструкторскую документацию проекта, оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД.

Основная надпись на графических материалах:

- для конструкторских документов – по ГОСТ 2.104-68 (форма 1, размер 55x185) (рисунок 10.1.1);

					БНТУ-0113515-00			
Изм	Лист	№ Докум	Подп	Дата	Лит		Масса	Масшт
Разраб								
Консульт								
Руковод								
					Лист		Листов	
Н. контр.					БНТУ, г. Минск			

Рисунок 10.1.1 – Основная надпись. Форма 1

- для схем, не являющихся конструкторскими документами, но входящих в документацию проекта – по ГОСТ 2.104-68 (форма 2, размер 40x185) (рисунок 10.1.2).

					БНТУ-0113515/03-00			
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата				

Рисунок 10.1.2 – Основная надпись. Форма 2

Пояснительная записка (ПЗ) курсового проекта переплетается или подшивается в папку.

Записка оформляется на одной стороне листов нелинованной бумаги формата А4 без рамки с полем для подшивки (25...30) мм, правое поле – 10 мм, верхнее и нижнее поля около 20 мм.

Пояснительная записка выполняется рукописным способом или печатается на принтере. Текст должен быть четким и разборчивым, допускается не более трех исправлений на одной странице. Исправления вносят после подчистки текста или его закрашивания. Заметные повреждения листов и остатки прежнего текста не допускаются.

Рукописный текст выполняется чернилами (пастой) черного, синего или фиолетового цвета, высота литер не менее 2,5 мм, число строк на странице около 30.

Иллюстрации помещают в разрыве текста или на отдельных страницах. «Обтекание» иллюстрации текстом не допускается.

Все страницы ПЗ, включая приложения, должны иметь сквозную нумерацию. В общей нумерации учитывают все страницы, включая те, на которых номера страниц не указаны (например, на титульном листе, задании на проектирование и др.). Номера страниц проставляются в правом верхнем углу.

В состав пояснительной записки обязательно входит «Литература» (только использованные источники) и «Оглавление». Ссылки в тексте ПЗ на информационные источники оформляют указанием их номеров в разделе «Литература», которые приводят в квадратных скобках без уточнения в скобках фамилий авторов и конкретных страниц источника. Описание библиографических источников приводится со всеми реквизитами, необходимыми для идентификации:– авторы, полные наименования, издательство, место и год издания. В перечне нормативных документов приводят обозначение (индекс и номер без указания года утверждения) и полное наименование каждого НД (допускается использование узаконенных аббревиатур ЕСКД, ГСИ, ИСО...).

По ГОСТ 15.001-88 «Разработка и постановка продукции на производство. Основные положения» Разработка продукции осуществляется по договору с заказчиком или по инициативе разработчика. Функции заказчика, предусмотренные настоящим стандартом, может выполнять государственная, кооперативная или общественная организация (предприятие). Основанием для проектирования изделия в данном проекте является Задание на проектирование, выданное кафедрой студенту.

Разработка и постановка продукции на производство в общем случае предусматривает:

- 1) разработку технического задания;
- 2) разработку технической и нормативно-технической документации;
- 3) изготовление и испытания образцов продукции;
- 4) приемку результатов разработки;
- 5) подготовку и освоение производства.

Отдельные из указанных работ можно совмещать, а также изменять их последовательность и дополнять другими работами в зависимости от специфики продукции и организации ее производства.

Техническое задание является исходным документом для разработки конструкторской документации и, как правило, составляется разработчиком, с участием заказчика.

ТЗ содержит наименование и область применения изделия, цель, назначение и источники разработки, технические требования к изделию и требования к его экономическим показателям, перечень стадий и этапов разработки и состава разрабатываемой документации и т.п.

Стадии разработки проектной и рабочей конструкторской документации установлены стандартами ЕСКД.

В техническом предложении в соответствии с требованиями ГОСТ 2.118-73 дают технико-экономическое обоснование целесообразности разработки изделия и уточняют требования к изделию, разработанные на основании анализа технического задания и проработки вариантов возможных технических решений

изделия с учетом его конструктивных и эксплуатационных особенностей, а также анализа патентных материалов. Результаты технического предложения являются основанием для выполнения эскизного проекта.

Эскизный проект (ГОСТ 2.119-73) включает конструкторские документы, содержащие принципиальные решения, которые дают общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие его основные параметры и габаритные размеры. Эскизный проект разрабатывают обычно в нескольких вариантах с расчетами, на основании чего выбирают наиболее подходящий вариант для последующей разработки в техническом проекте.

На стадии эскизного проектирования для тех элементов, которые несущественно влияют на основные показатели конструкции, выполняют приближенные расчеты. Отдельные элементы конструкции могут быть взяты без расчета, например, по результатам практического применения аналогичных образцов.

Технический проект (ТП) по ГОСТ 2.120-73 предусматривает подробную конструкторскую разработку всех элементов выбранного варианта. Конструкторская документация ТП содержит окончательное техническое решение конструкции изделия и исходные данные для разработки рабочей документации. При техническом проектировании разрабатывают чертежи общих видов, габаритные чертежи и схемы, уточняют конструкцию деталей, выполняют все необходимые проверочные расчеты элементов объекта и составляют полный перечень элементов конструкции.

Рабочую документацию (документацию рабочего проекта) разрабатывают на заключительной стадии проектирования. На этом этапе, в некоторых случаях, изготавливают уточненные чертежи общих видов, согласованные с ними чертежи деталей, спецификации, сборочные чертежи.

Таким образом, документация рабочего проекта содержит все то, что необходимо для воплощения в материальную форму технического задания.

В ходе курсового проектирования студент выполняет основные работы, предусмотренные ЕСКД, включая упрощенное представление ТЗ, чертежи общего вида, проверочные расчеты и примеры рабочей документации.

Упрощенное техническое задание студент разрабатывает на основании задания на курсовое проектирование. Затем исполнитель выполняет эскизное проектирование (как правило, в черновых вариантах), выбирает окончательный вариант, разрабатывает технический проект и примеры чертежей деталей, которые он представляет на защиту.

10.1.6 Курсовое проектирование

Процесс выполнения студентом курсового проекта можно разделить на следующие основные этапы, объем и содержание которых могут изменяться в зависимости от новизны и сложности разрабатываемого изделия:

- анализ задания на курсовой проект;
- изучение материалов по теме проекта;
- выполнение проектировочных расчетов и выбор элементов конструкции;
- эскизное проектирование;
- выполнение расчетов, подтверждающих работоспособность конструкции;
- разработка материалов технического проекта изделия и чертежей деталей.

В ходе анализа задания студент должен понять поставленную задачу проектирования и разработать упрощенный вариант ТЗ на проектирование данного объекта.

Изучение материалов по теме проекта предусматривает поиск и анализ технической литературы и других источников информации, включающих описание физических принципов, которые могут быть положены в основу конструкции проектируемого прибора. Исполнитель изучает схемы и конструкции ранее разработанных аналогичных изделий, оценивает их достоинства и недостатки, а также степень их соответствия требованиям задания. Затем исполнитель выбирает один или несколько подходящих прототипов и представляет их руководителю проекта.

Проектировочные расчеты не входят в документацию технического проекта, но являются обязательным элементом курсового проектирования. Эти расчеты, как правило, включают в пояснительную записку курсового проекта в виде приложений.

Затем на основании результатов проектировочных расчетов выполняют эскизный чертеж проектируемого прибора.

Эскизный чертеж дает возможность выполнить проверочные расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции, так как известны основные размеры элементов.

Разработка материалов технического проекта изделия включает выполнение чертежей общего вида окончательного варианта с выбранными конструктивными решениями. На базе чертежей общего вида выполняют рабочие чертежи типовых деталей в соответствии с заданием на курсовое проектирование и указаниями руководителя. Затем оформляют пояснительную записку проекта со всеми необходимыми расчетами, схемами и приложениями.

Перечень этапов проектирования с указанием сроков выполнения каждого этапа, приведен в задании на курсовое проектирование.

10.1.7 Назначение и содержание расчетов

В ходе курсового проектирования выполняют расчеты двух видов:

- проектировочные расчеты;
- проверочные расчеты.

Геометрический и точностной расчеты на стадии технического предложения рассматриваются как проектировочные расчеты и проводятся по данным, определенным заданием на курсовой проект. Эти расчеты, как правило, носят ориентировочный характер и их включают в пояснительную записку курсового проекта в виде приложений.

По результатам проектирования выполняют проверочные расчеты, необходимые для подтверждения работоспособности конструкции. Эти расчеты являются необходимым элементом проектирования.

Расчеты в общем случае должны содержать:

- схему рассчитываемого изделия;
- задачу расчета (с указанием, что требуется определить);
- исходные данные для расчета;
- условия, положенные в основу расчета;
- расчет (расчетные зависимости с необходимыми данными и результаты расчета);
- заключение по результатам расчета.

Основная цель курсового проектирования состоит в приобретении опыта проектирования объектов приборостроения. Дополнительной целью является выполнение и защита курсового проекта по соответствующей дисциплине.

10.1.8 Выполнения чертежей общего вида

Следующие размеры на чертежах общего вида обязательно проставляются:

- 1) сопрягаемые размеры с указанием посадки;
- 2) размеры, соблюдаемые у двух или более деталей одновременно, нарушение которых препятствует собираемости изделия (окружность, на которой находится оси винтов на крышке);
- 3) принципиально важные размеры, определяющие работоспособность и надёжность изделия;
- 4) размеры, входящие в размерную цепь, для обеспечения собираемости и правильного функционирования изделия;
- 5) размеры, ограничивающие малый зазор по номиналу. Пример: муфта может цепляться за стенку корпуса, если не назначен продольный размер.

Не проставляются следующие размеры:

- 1) размеры, указанные в обозначении детали на чертеже;
- 2) размеры технологических элементов (глубина конуса из-под сверла, длина сбег резьбы);
- 3) все размеры, точности которых достаточно (при измерениях по чертежу), для рабочего чертежа.

Указание точности:

- обязательно указываются погрешности формы и расположения элементов, от которых зависит правильное функционирование изделия;
- при невозможности нанесения требований точности на чертеже в виде условных обозначений, то эти требования помещаются в виде записи технических требований над основной надписью.

ЛИТЕРАТУРА

Литература основная

1. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учебн. пособие для машиностроительных спец. вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Высш. шк.; 1998. – 447 с.
2. Миловидов, С.С. Детали машин и приборов: Учебное пособие для вузов / С.С. Миловидов. – М.: Высшая школа, 1971. – 488 с.
3. Милосердин, Ю.В. Расчет и конструирование механизмов приборов и установок. Учебное пособие для вузов / Ю.В. Милосердин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.
4. Орлов, П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие, в 2-х книгах, кн. 1, 2 / П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1983. – 560 с., 544 с.
5. Элементы приборных устройств. Курсовое проектирование (в 2-х частях) / Под ред. О.Ф.Тищенко. – М.: Высш. школа, 1978. – 328 с., 232 с.

Литература дополнительная

1. Альтшуллер, Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. - Новосибирск: Наука, 1991.
2. Андреева, Л.Е. Упругие элементы приборов . – 2-е изд., перераб. и доп. / Л.Е. Андреева. – М.: Машиностроение, 1981. – 392 с.
3. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, в 3-х т., Т.1, Т.2, Т.3. – Изд. 6-е, перераб. и доп. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1982. – 640 с., 584 с., 576 с.
4. Джонс, Дж.К. Методы проектирования / Дж.К. Джонс. - Москва: Мир, 1986.
5. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л.: Машиностроение, 1983. – Ч.1. – 543 с.
6. Конструирование приборов. В 2-х кн. / Под ред. В. Краузе; М.: Машиностроение, 1987. – 384 с., 376 с.

7. Кругер, М.Я. Справочник конструктора опτικο-механических приборов / М.Я. Кругер, В.А. Панов. – Л., 1968.
8. Лариков, Е.А. Узлы и детали механизмов приборов: Основы теории и расчета / Е.А. Лариков, Т.И. Виляевская. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.
9. Скойбеда, А.Т. Детали машин и основы конструирования. 2-е изд., перераб. / А.Т. Скойбеда. – Минск: Вышэйшая школа, 2006. – 560с.
10. Прикладная механика. Учебное пособие / А.Т. Скойбеда [и др.]. – Минск. Вышэйшая школа, 1997. – 522 с.
11. Соломахо, В.Л., Томилин Р.И., Цитович Б.В., Юдовин Л.Г. Справочник конструктора-приборостроителя в двух книгах, кн. 1, 2. / В.Л. Соломахо, Р.И. Томилин, Б.В. Цитович, Л.Г. Юдовин. – Минск: Вышэйшая школа, 1990. – 272 с., 440 с.
12. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Ю.Д. Амиров [и др.]; Под общ. ред. Ю.Д. Амирова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 268с. (Б-ка констр.).
13. Чурабо, Д.Д. Детали и узлы приборов: Конструирование и расчет: Справочное пособие, – 4-е изд., испр. и доп. / Д.Д. Чурабо. – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.
14. Явленский, К.Н. Справочник конструктора точного приборостроения / К.Н. Явленский, Б.П. Тимофеева. – Л., 1989.
15. СПТ БНТУ 3.01-2003 Курсовое проектирование. Общие требования и правила оформления. – Минск, 2003.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Пример оформления титульного листа проекта

Белорусский национальный технический университет

Факультет приборостроительный

Кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы»

курсовой проект

по дисциплине «Проектирование контрольных приспособлений»

Тема: Прибор для контроля

Исполнитель: студент приборостроительного факультета, ...курса,
группы...

Ф. И. О. _____

Руководитель проекта доцент, к. т. н., доцент кафедры «Стандартизация,
метрология и информационные системы»

Ф. И. О. _____

Минск 2009

Пример оформления титульного листа пояснительной записки к курсовому проекту

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту по дисциплине
«Проектирование контрольных приспособлений»

Тема: Прибор для контроля

Исполнитель: _____ Ф. И. О.

подпись

студент, группы 1135XX

Руководитель: _____ Ф. И. О.

подпись

Минск 2009

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Задания на курсовой проект
Варианты схем

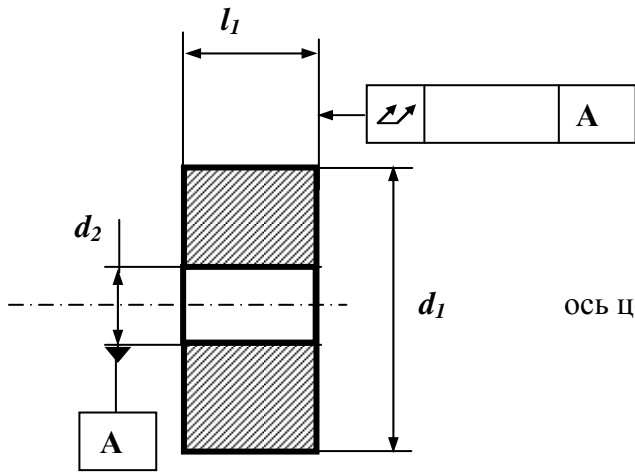


Схема а

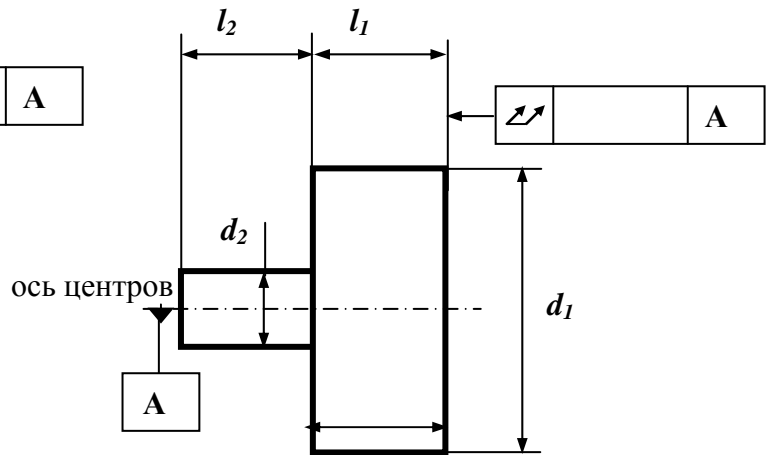


Схема б

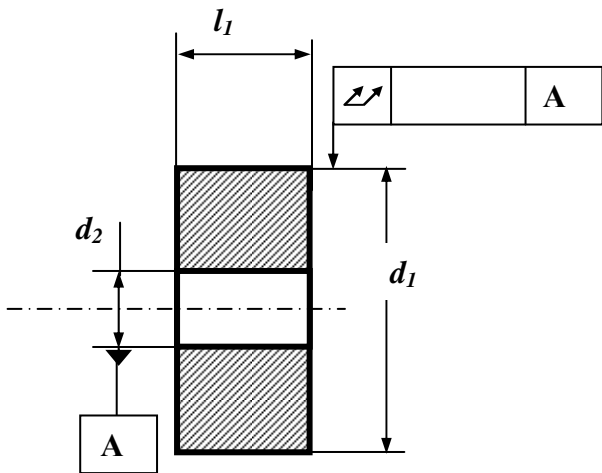


Схема в

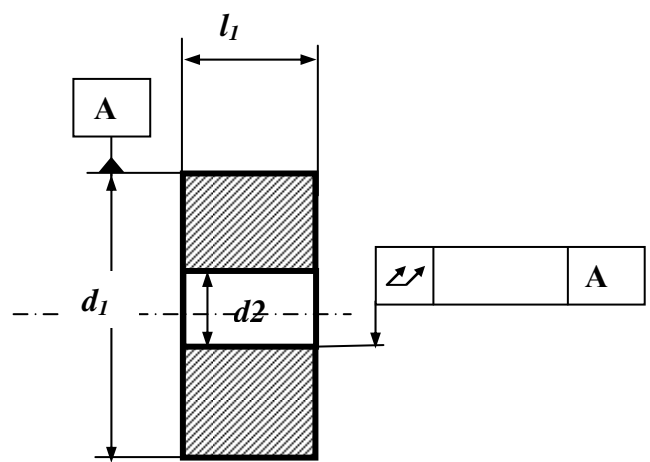


Схема г

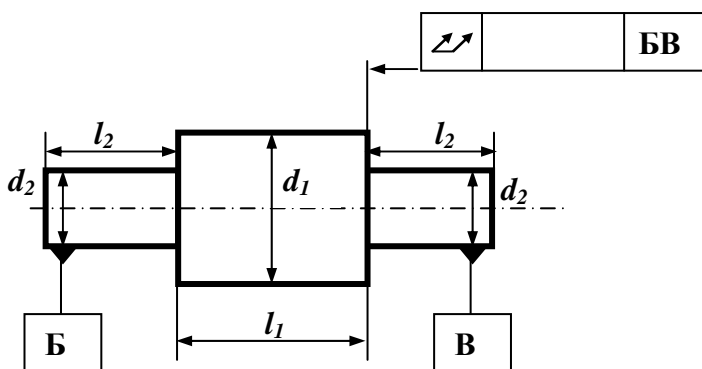


Схема д

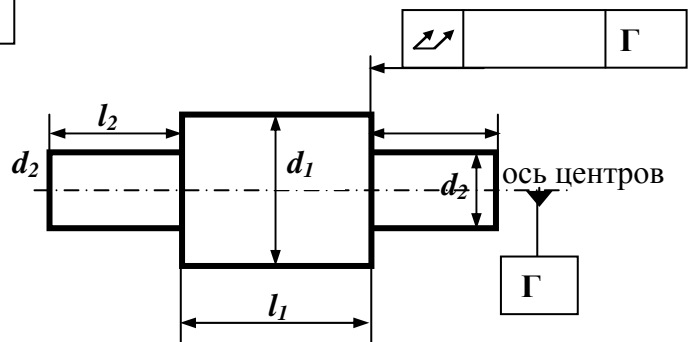


Схема е

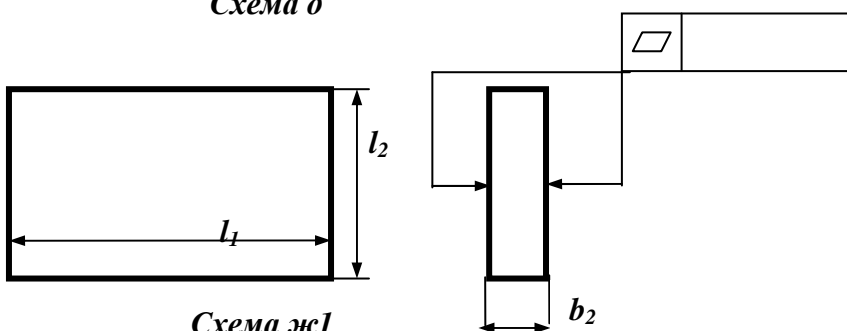


Схема ж1

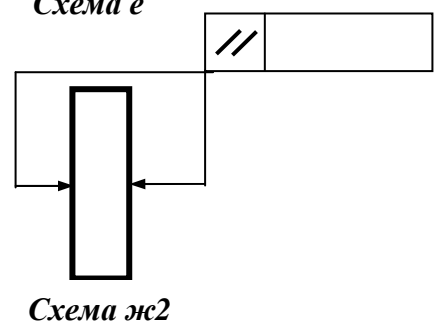


Схема ж2

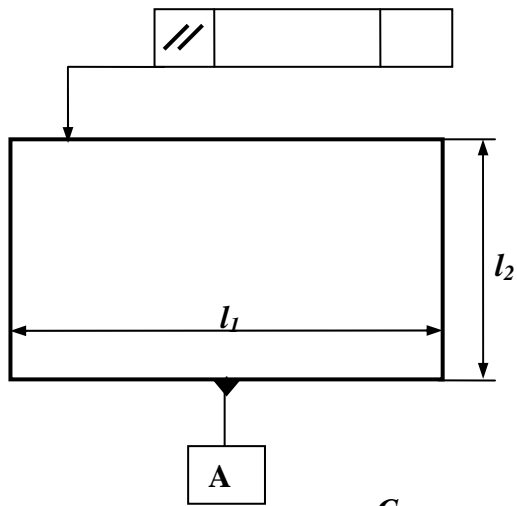


Схема з

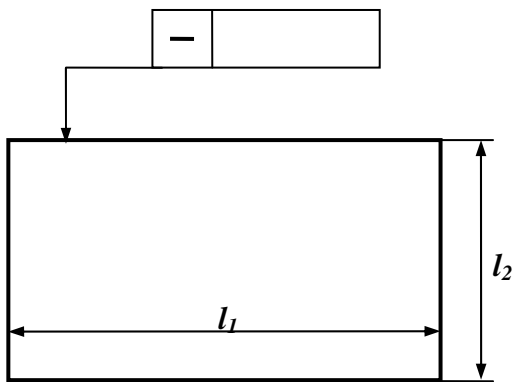
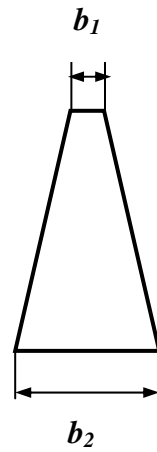


Схема и

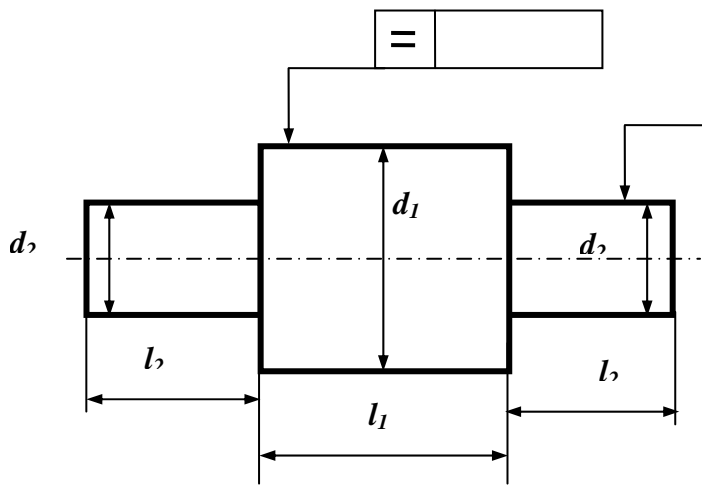
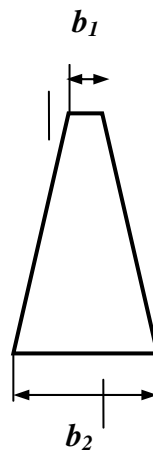


Схема к

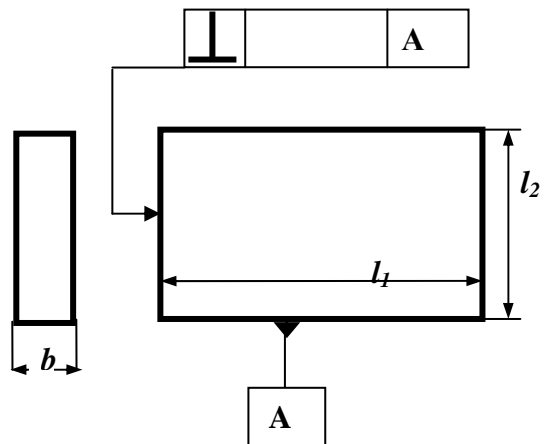


Схема л

Варианты заданий

Вариант	Схема	Степень точности	Параметры, мм			
			d_1 или b_1	d_2 или b_2	l_1	l_2
1-м	<i>a</i>	9	$\sim 3,5 d_2$	20	$\sim (0,5 \dots 2) d_1$	-
2-м	<i>a</i>	8	$\sim (4,5 \dots 5) d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	-
3-м	<i>б</i>	9	$\sim 1,5 d_2$	20	$\sim (0,5 \dots 2) d_1$	$\sim (1,5 \dots 3) d_2$
4-м	<i>б</i>	8	$\sim (1,5 \dots 2) d_2$	40	$\sim (0,5 \dots 1) d_1$	$\sim 1,5 d_2$
5-м	<i>в</i>	9	$\sim 4,5 d_2$	20	$\sim (0,5 \dots 2) d_1$	-
6-м	<i>в</i>	8	$\sim (4,5 \dots 5) d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	-
7-м	<i>г</i>	9	$\sim 3,5 d_2$	20	$\sim (0,5 \dots 1) d_1$	-
8-м	<i>г</i>	8	$\sim (3,5 \dots 4) d_2$	40	$\sim (0,5 \dots 1) d_1$	-
9-м	<i>д</i>	9	$\sim 3,5 d_2$	20	$\sim (0,5 \dots 2) d_1$	$\sim (1,5 \dots 3) d_2$
10-м	<i>д</i>	8	$\sim (4,5 \dots 5) d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	$\sim 1,5 d_2$
11-м	<i>e</i>	9	$\sim 5 d_2$	20	$\sim (0,5 \dots 2) d_1$	$\sim (1,5 \dots 3) d_2$
12-м	<i>e</i>	8	$\sim (3,5 \dots 4) d_2$	40	$\sim (0,5 \dots 1) d_1$	$\sim 1,5 d_2$
13-м	<i>ж1</i>	9	-	-	100	$\sim (1 \dots 2) l_1$
14-м	<i>ж1</i>	8	-	-	150	$\sim (0,6 \dots 1,5) l_1$
15-м	<i>ж2</i>	7	-	-	~ 200	$\sim (0,5 \dots 1) l_1$
16-м	<i>ж2</i>	7	-	-	150	$\sim (0,5 \dots 1,6) l_1$
18-м	<i>з</i>	9	(3...5)	$\sim 0,1l_1$	150	$\sim (0,1 \dots 0,2) l_1$
19-м	<i>и</i>	7	(3...5)	$\sim 0,2l_1$	100	$\sim 0,4l_1$
20-м	<i>и</i>	7	(3...5)	$\sim 0,1l_1$	150	$\sim (0,1 \dots 0,2) l_1$
21-м	<i>к</i>	7	$\sim 1,5 d_2$	20	$\sim (0,5 \dots 2) d_1$	$\sim (1,5 \dots 3) d_2$
22-м	<i>к</i>	7	$\sim (1,5 \dots 2) d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	$\sim 1,5 d_2$
23-м	<i>и</i>	7	$\sim 0,1l_1$	5	150	$\sim (0,5 \dots 1,6) l_1$
24-м	<i>л</i>	7	-	$\sim 0,2l_1$	100	$\sim 0,8l_1$
25-м	<i>л</i>	7	-	$\sim 0,1l_1$	~ 200	$\sim (0,5 \dots 1) l_1$
26-м	<i>л</i>	7	-	$\sim 0,2l_1$	150	$\sim 0,8l_1$

Вариант	Схема	Степень точности	Параметры, мм			
			d_1 или b_1	d_2 или b_2	l_1	l_2
1-к	<i>a</i>	8	$\sim(4,5\dots5)d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	-
2-к	<i>a</i>	9	$\sim(4,5\dots5)d_2$	60	$\sim 0,5 d_1$	-
3-к	<i>б</i>	8	$\sim(4,5\dots5)d_2$	40	$\sim(0,5\dots1)d_1$	$\sim 1,5 d_2$
4-к	<i>б</i>	7	$\sim(4,5\dots5)d_2$	60	$\sim(0,5\dots1)d_1$	$\sim(1\dots1,5)d_2$
5-к	<i>в</i>	8	$\sim(4,5\dots5)d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	-
6-к	<i>в</i>	7	$\sim(4,5\dots5)d_2$	60	$\sim 0,5 d_1$	-
7-к	<i>г</i>	8	$\sim(4,5\dots5)d_2$	40	$\sim(0,5\dots1)d_1$	-
8-к	<i>г</i>	7	$\sim(4,5\dots5)d_2$	60	$\sim(0,5\dots1)d_1$	-
9-к	<i>д</i>	8	$\sim(4,5\dots5)d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	$\sim 1,5 d_2$
10-к	<i>д</i>	7	$\sim(4,5\dots5)d_2$	60	$\sim 0,5 d_1$	$\sim(1\dots1,5)d_2$
11-к	<i>e</i>	8	$\sim(4,5\dots5)d_2$	40	$\sim(0,5\dots1)d_1$	$\sim 1,5 d_2$
12-к	<i>e</i>	7	$\sim(4,5\dots5)d_2$	60	$\sim(0,5\dots1)d_1$	$\sim(1\dots1,5)d_2$
13-к	<i>ж2</i>	9	$\sim 0,1l_1$	-	100	$\sim(1\dots2)l_1$
14-к	<i>ж2</i>	8	$\sim 0,1l_1$	-	150	$\sim(0,6\dots1,5)l_1$
15-к	<i>ж1</i>	7	$\sim 0,1l_1$	-	~ 200	$\sim(0,5\dots1)l_1$
16-к	<i>ж1</i>	7	$\sim 0,1l_1$	-	150	$\sim(0,5\dots1,6)l_1$
17-к	<i>з</i>	7	(3...5)	$\sim 0,2l_1$	100	$\sim 0,4l_1$
18-к	<i>з</i>	9	(3...5)	$\sim 0,1l_1$	150	$\sim(0,1\dots0,2)l_1$
19-к	<i>и</i>	7	(3...5)	$\sim 0,2l_1$	100	$\sim 0,4l_1$
20-к	<i>и</i>	9	(3...5)	$\sim 0,1l_1$	150	$\sim(0,1\dots0,2)l_1$
21-к	<i>к</i>	8	$\sim 1,5 d_2$	20	$\sim(0,5\dots2)d_1$	$\sim(1,5\dots3)d_2$
22-к	<i>к</i>	9	$\sim(1,5\dots2)d_2$	40	$\sim 0,5 d_1$	$\sim 1,5 d_2$
23-к	<i>и</i>	8	$\sim 0,1l_1$	5	150	$\sim(0,5\dots1,6)l_1$
24-к	<i>л</i>	8	-	$\sim 0,2l_1$	100	$\sim 0,8l_1$
25-к	<i>л</i>	8	-	$\sim 0,1l_1$	~ 200	$\sim(0,5\dots1)l_1$
26-к	<i>л</i>	9	-	$\sim 0,2l_1$	150	$\sim 0,8l_1$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Вопросы к экзамену по дисциплине

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1. Проектирование. Компоненты проектирования. Отличие прибора от машины. Особенности расчетов машин и приборов.
2. Три группы методов генерирования идей. Морфологический метод. Техническое противоречие.
3. Эмпатия, инверсия, аналогия. Алгоритм решения изобретательских задач, основные шаги.
4. Уменьшение погрешности приборов за счет изменения его схемы.
5. Этапы и стадии разработки изделия. Техническое задание. Тех. предложение.
6. Эскизный проект. Технический проект. Содержание чертежа общего вида. Проставление размеров на Ч.О.В.
7. Требования к рабочему чертежу детали. Указание материала, термообработки, покрытий на рабочем чертеже детали.
8. Состав контрольного приспособления. Основные и вспомогательные устройства. Схемы измерительного контроля.
9. Изображение различных элементов приборов на схемах. Основные элементы измерительного прибора.
10. Предварительная оценка погрешности измерений.
11. Минимизация инструментальной погрешности конструктивными методами.
12. Технические противоречия при выборе размеров элементов прибора.
13. Форма базирующих элементов приборов. Схемы базирования деталей различной формы. Обозначения БЭ на схемах.
14. Формы и рациональные размеры направляющих и позиционирующих элементов приборов.
15. Направляющие скольжения. Типы. Достоинства и недостатки. Выбор зазоров. Расчет длины направляющей.
16. Направляющие качения. Достоинства и недостатки. Конструкции. Расчет хода каретки. Сепаратор.
17. Базирующие элементы для плоских деталей. Преимущества и недостатки.
18. Конструкция цилиндрических направляющих. Устранение влияния зазоров.

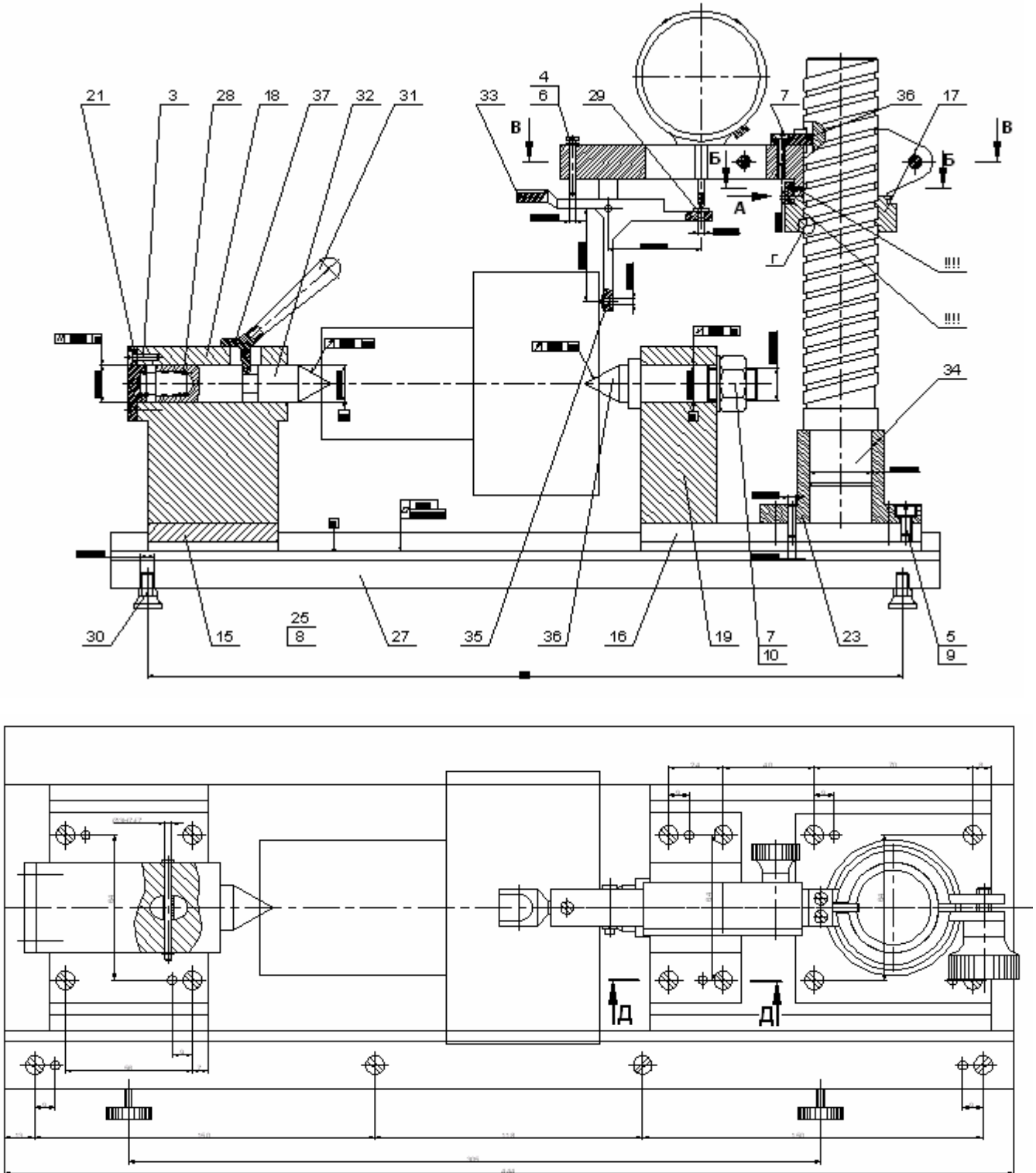
19. Упругие направляющие и опоры. Достоинства и недостатки. Конструкции плоскопружинных параллелограммов.
20. Рычажные передачи. Конструирование наконечников и опор рычажных передач. Компенсация погрешностей схемы.
21. Методы повышения технологичности и экономичности при конструировании приборов и приспособлений.
22. Уменьшение расхода материала при конструировании приборов. Рациональный выбор материалов. Рациональный выбор норм точности.
23. Эргономичность приборов и машин. Гигиенические, антропометрические и физиологические показатели.
24. Повышение эргономичности изделия. Рациональные размеры органов управления.
25. Фиксирующие и зажимные устройства. Типовые элементы, обеспечивающие прижим.
26. Расчет инструментальной погрешности. Погрешности изготовления элементов, существенно влияющих на погрешность прибора.
27. Влияние погрешностей направляющих прибора на точность измерений. Минимизация инструментальной погрешности.
28. Погрешности второго порядка малости. Погрешности элементов прибора, не существенно влияющие на точность измерений.
29. Компенсация погрешностей прибора инструментальными методами
30. Компенсация погрешностей измерения внесением поправки в результат измерения.
31. Методические погрешности измерения. Профилактика методических погрешностей.
32. Правовые показатели качества измерительных приборов.
33. Опоры на центрах и на кернах. Ножевые опоры.
34. Базирование цилиндрических деталей по наружной поверхности.
35. Базирование цилиндрических деталей по внутренней поверхности.
36. Базирование цилиндрических деталей в центрах.

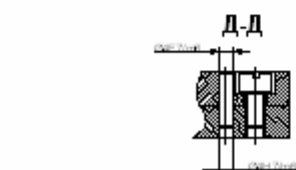
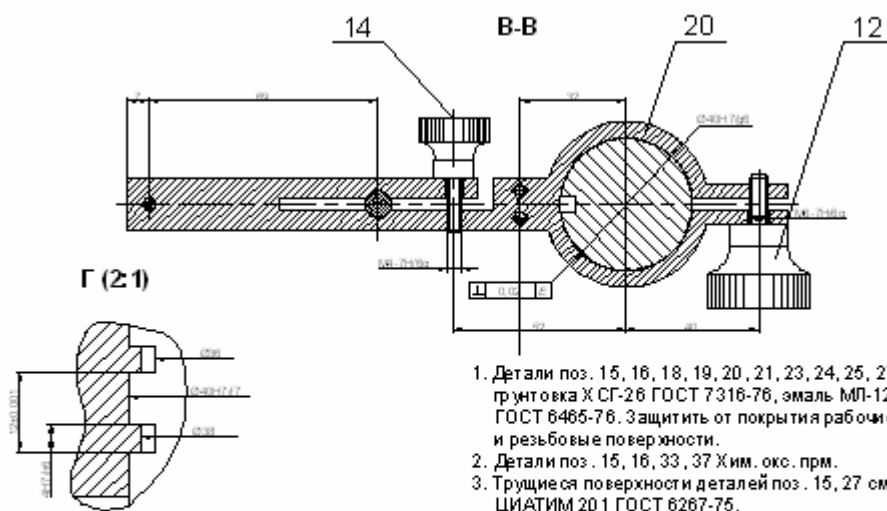
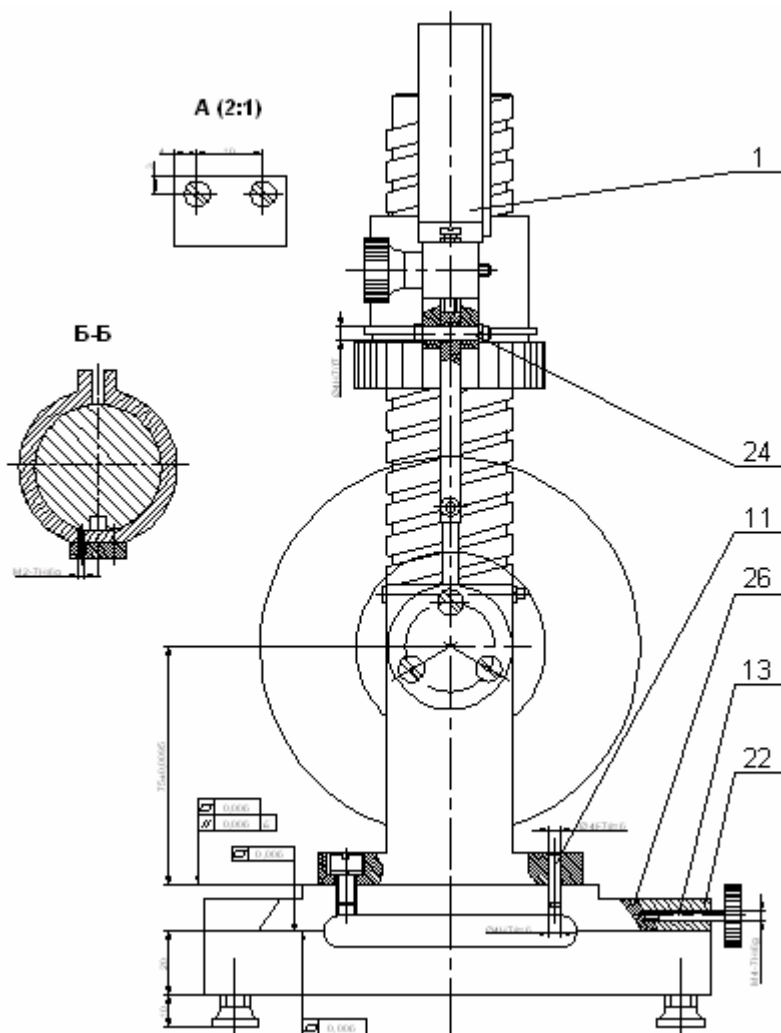
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Пример выполнения чертежей

4.1 Пример (условный) выполнения чертежа общего вида

Прибор для контроля полного торцового биения



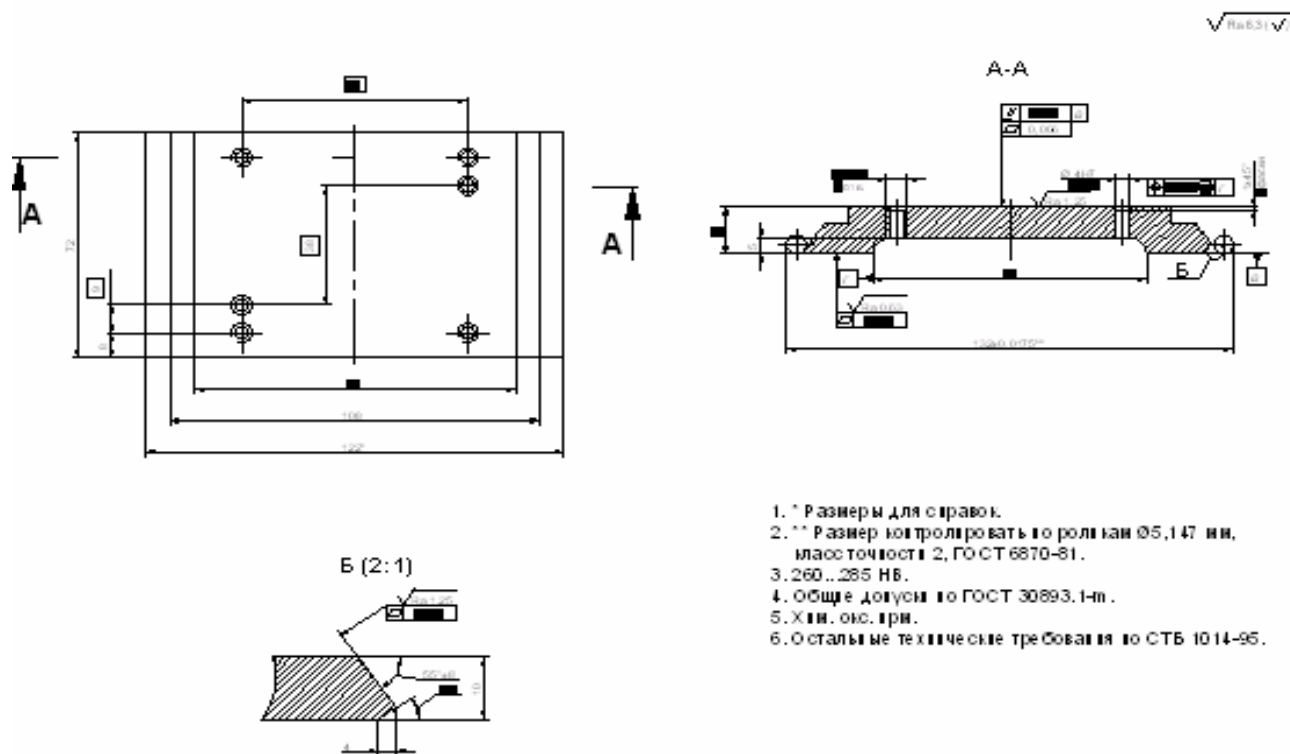


1. Детали поз. 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 27 покрыть: грунтровка Х СГ-26 ГОСТ 7316-76, эмаль МЛ-12 зеленая ГОСТ 6465-76. Защитить от покрытия рабочие, посадочные и резьбовые поверхности.
2. Детали поз. 15, 16, 33, 37 Хим. окс. прм.
3. Трущиеся поверхности деталей поз. 15, 27 смазать ЦИАТИМ 201 ГОСТ 6267-75.
4. Отклонение от параллельности оси образцовой детали, установленной в центрах, относительно базы Б не более 0,01 мм.

		БНТУ 113534.41.00.000 ВО		Лист	Масса	Кол-во
		Устройство измерительное для контроля толщину торцевого слоя вала		Т	45	1:1
		Чертеж образца		Лист 1 Листов 3		
		гр. 113534				

4.2 Пример выполнения рабочих чертежей деталей

Пример (условный) выполнения рабочего чертежа детали «Каретка»



Пример (условный) выполнения рабочего чертежа детали «Кронштейн»

