

Лекция 7

Соединения деталей

1. Типы соединений деталей

Соединение двух или нескольких деталей через непосредственный механический контакт их рабочих поверхностей представляет элементарную сборочную единицу, в которой осуществляется взаимодействие деталей в соответствии с их функциональным назначением. Соединяемые детали образуют *контактную пару*.

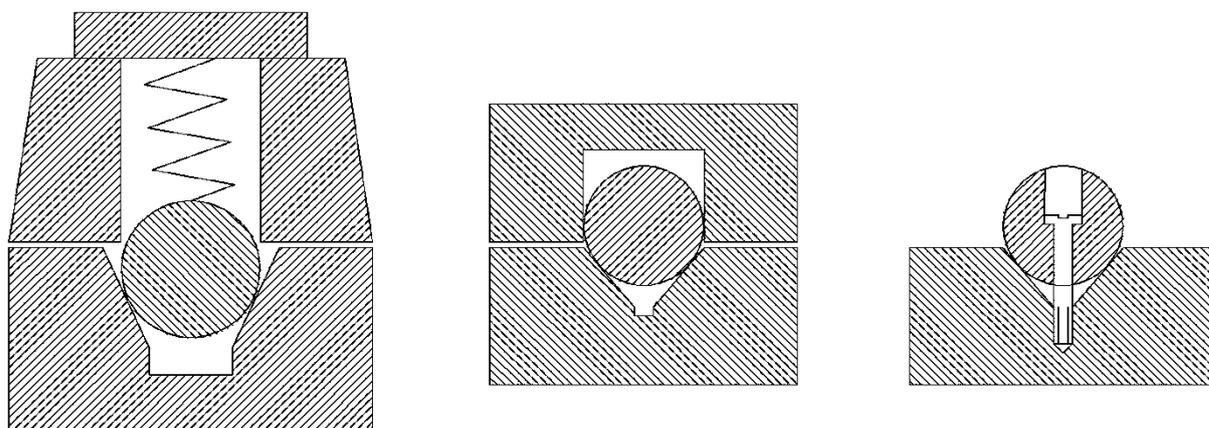
Соединения подразделяются на *неподвижные* и *подвижные*.

Неподвижные соединения служат для образования несущих систем узлов и устройств прибора, а подвижные – представляют собой реализацию кинематических пар подвижных систем прибора.

По функциональному назначению соединения подразделяются на *базирующие* и *рабочие*. Базирующие соединения определяют взаимное положение деталей, а рабочие – непосредственно участвуют в выполнении функционального назначения соединения. Например: стопорная гайка фиксирует положение линзы, а коническая шестерня с валом – передают (или преобразуют) движение.

Чтобы сопряжение контактной пары не нарушалось в процессе работы оно подвергается *замыканию* :

- силой;
- формой;
- креплением.



Назначение замыкания сопряжения состоит в ограничении смещений присоединяемой детали относительно базовой по ограничивающему направлению. Замыкание обеспечивает существование соединения в процессе работы прибора.

Схематическое изображение трех способов замыкания – силой формой и креплением применяемых на практике приведены на рис.

Замыкание силой встречается в основном в двух вариантах: замыкающая сила создается искусственно с помощью пружин, или использование силы тяжести присоединяемой детали. При использовании силы тяжести (подвижные каретки в микрофотометрах) ориентирование конструкции в пространстве не произвольно, так как должна существовать составляющая силы тяжести, достаточная для замыкания. В случае применения пружин необходимая замыкающая сила определяется по динамическому режиму работы прибора.

Достоинствами силового замыкания являются нечувствительность к колебания температуры среды и отсутствие зазоров в сопряжении деталей. К недостаткам следует отнести усложнение конструкции и изменение силы пружины со временем.

Замыкание материальной поверхностью называют иначе замыкание формой. (для подвижных соединений – кинематическим замыканием). Данный способ применяется как для неподвижных, так и для подвижных соединений.

Положение замыкающей поверхности определяется расчетом и регламентируется допуском или регулируется при сборке.

Достоинством этого способа состоит в его надежности при разных условиях эксплуатации и независимости ориентации прибора в пространстве.

Недостатки – неизбежность зазора в соединении для борьбы с которым применяется дополнительное силовое замыкание и усложнение конструкции.

Замыкание креплением применяется только для неподвижных соединений деталей. В них конструктивные средства, предназначенные для крепления соединяемых деталей, выполняют одновременно и функцию замыкания. Выбор способа крепления и конструктивное его реализация производятся из условий обеспечения статической и геометрической определенности соединения.

Характерные признаки, по которым различают конструкции соединений и их типы следующие:

1. – степень относительной подвижности деталей;
2. – вид контакта в сопряжении контактной пары;
- 3.- способ замыкания сопряжений.

Неподвижные соединения всегда являются базирующими. В их образовании участвуют базовый элемент присоединяемой детали и рабочий элемент базовой (несущей) детали. Сопрягаемые поверхности выбирают преимущественно из типовых – плоскости или цилиндры, реже – сферы. Специальные поверхности для этих целей применять не рекомендуется.

Влияние на функциональную точность прибора (узла, устройства) неподвижные соединения оказывают через неточности базирования, т.е. ориентирования присоединяемой детали относительно базовой. Неподвижные соединения, как правило, являются наиболее многочисленными в общей конструкции прибора и главным образом определяют объем сборочных работ.

Неподвижные соединения

Относительная неподвижность соединения деталей достигается скреплением их с помощью крепежных средств:

Винты, штифты, шпонки (их множество имеют **ГОСТы**), резьбовые кольца, оправы пружинные и плоские.

Подвижные соединения (кинематические пары)

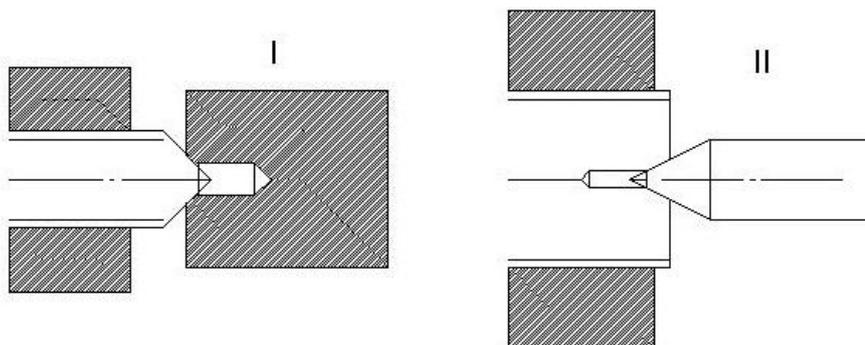
Подразделяются на базирующие и рабочие.

Базирующие – предназначены для поддержания подвижных элементов кинематических пар и направления их движения (направляющие вращательного и поступательного движения).

Рабочие – служат для преобразования и передачи движения.

В образовании базирующих подвижных соединений участвуют базовый элемент подвижной и рабочий элемент базовой деталей. В образовании рабочих соединений участвуют только рабочие элементы соединяемых деталей.

Опоры (примеры) (цилиндрические подшипники)



Базирующие подвижные соединения в большинстве случаев обеспечивают простейшие виды движения: вращательное и поступательное. К типовым поверхностям относят поверхность, цилиндр и сфера, которые могут образовывать 6 основных контактных пар. Эти контактные пары существенно отличаются достижимой точностью и технологичностью изготовления. В связи с этим сопрягаемые элементы этих пар выполняются в виде наиболее технологических поверхностей - плоскости и цилиндры.

Подвижные соединения для поступательного движения (примеры).

Подвижные соединения для поступательного движения:

- а) призматические V-образные с замыканием силой
- б) призматические с замыканием формой
- с) цилиндрические с замыканием силой
- д) цилиндрические с замыканием формой
- е) шариковые с замыканием силой
- ф) шариковые с замыканием формой

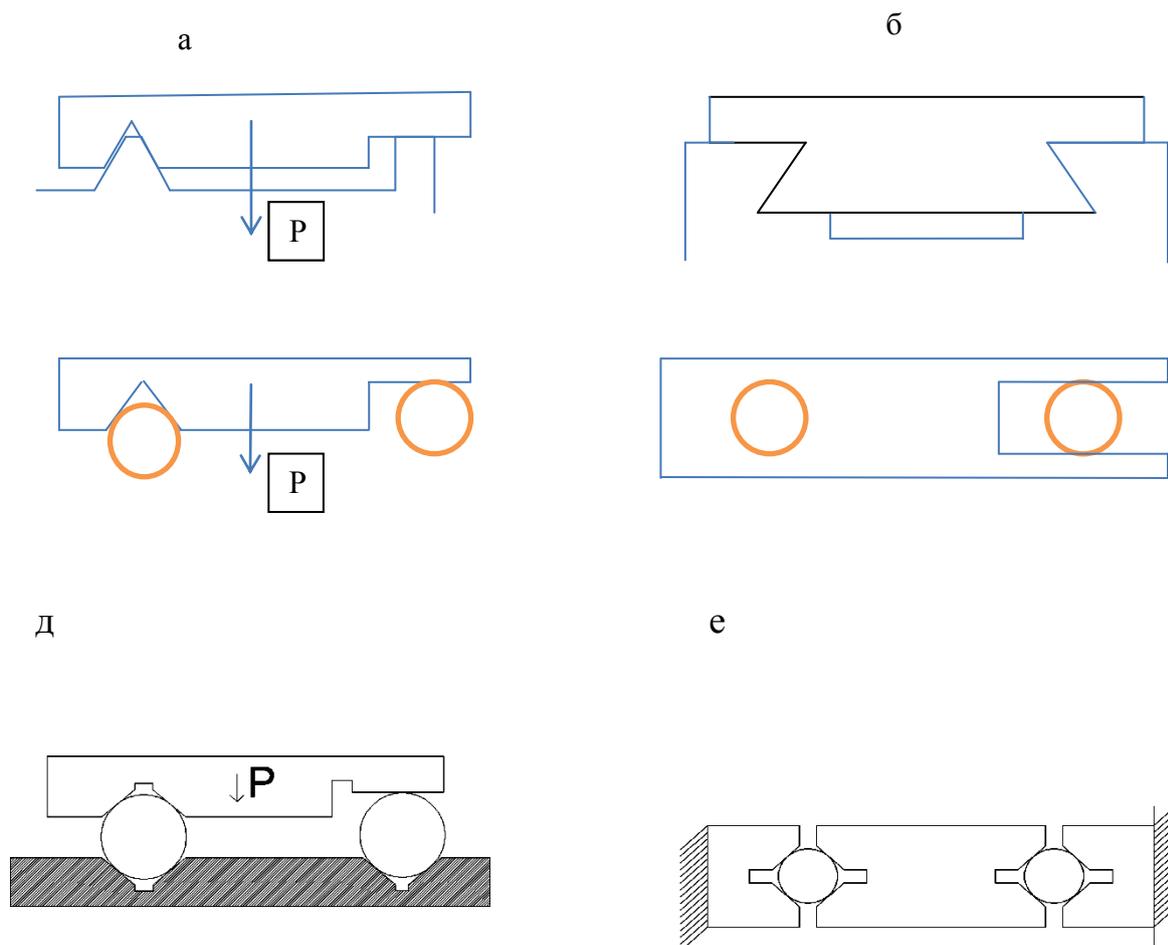


Рис 2.3

Подвижные соединения для поступательного движения:

Специальные поверхности используются в тех случаях, когда требуется преобразование движения по определенному математическому закону.

- резьба в винтовых механизмах
- эвольвентный профиль зубьев в кинематических парах
- спираль Архимеда в оптических приборах с призматическими диспергирующими элементами.

Таким образом, существует набор типов кинематических пар, используемых в качестве базирующих отобранных и проверенных длительной практикой применения. Однако, конструктивные решения этих пар, а также их параметры весьма разнообразны. Типы рабочих кинематических пар определяются соответствующими типами элементарных механизмов, применяемых в подвижных системах точных приборов.

Виды контакта характеризуются формой и размерами площадок, образующихся при соприкосновении сопрягаемых поверхностей. В связи с тем, что типовыми формами рабочих поверхностей деталей являются плоскость, цилиндр и сфера, возможны шесть парных сочетаний из этих поверхностей. Этим шести видам сочетаний соответствуют три существенно различных вида контакта: точка, линия и поверхность. Линия может быть либо прямой, либо дугой окружности. Поверхность – плоскость, цилиндр и сфера. Выбор вида контакта предопределяют формы рабочих поверхностей соединяемых деталей, а также свойства сопряжения. выбор варианта определяется по совокупности требований ТЗ, предъявляемых к работе узлов и устройств.

Показатели качества соединения

Качество разработанной конструкции соединений оценивают по трем группам показателей:

- **Эксплуатационные** (точность, надежность, износостойкость)
- **Конструктивные** (габаритные размеры, компактность конструкции)
- **Технологические** (технологичность изготовления и сборки)

Важнейшим из показателей является функциональная точность.

Функциональная точность соединения характеризуется ошибками положения рабочего элемента относительно базового. Роль рабочего элемента неподвижных соединений играет всегда рабочий элемент присоединяемой детали, а подвижных – подвижный элемент кинематической пары.

Ошибка положения рабочего элемента соединения в общем случае выражается как

$$\Delta Z = \sum \Delta Z_{ni} + \sum \Delta Z_{cj} + \sum \Delta Z_{зк}$$

$\sum \Delta Z_{ni}$ – погрешности конструктивных параметров соединяемых деталей, координирующих положение рабочего элемента соединения относительно базового

$\sum \Delta Z_{cj}$ – погрешности геометрии контакта в сопряжении, зависящие от микро- и макроформы сопрягаемых поверхностей

$\sum \Delta Z_{зк}$ – погрешности силового действия замыкания (контактные деформации)

Ввиду сложности количественной оценки погрешностей последних двух групп на практике оценка функциональной точности соединений

производится обычно только погрешности параметров (первой группы), но составление структурных цепей погрешностей позволит избежать грубых ошибок такой оценки.

Контактная жесткость сопряжений характеризуется контактной деформацией (сближением – например, гайка зажимает линзу по круговой линии и создает контактную деформацию;

- шариковые и цилиндрические направляющие) поверхностей: чем меньше деформация, тем выше контактная жесткость. Контактная деформация сильно зависит от формы и качества сопрягаемых поверхностей.

В приборных конструкциях при характерных для них незначительных нагрузках заметную роль контактные деформации могут играть лишь в высших контактных парах (при контакте по точкам и линиям).

Однако, при низком качестве сопрягаемых поверхностей действительные значения деформаций соответствуют расчету лишь после приработке поверхностей. Это обусловлено тем, что в процессе многократного контакта поверхности притираются и прирабатываются.

Надежность для механических систем точных приборов главным образом связана с двумя формами отказов:

- **снижение точности во времени вследствие износа** в кинематических парах;
- **нарушение регулировок для неподвижных соединений.**

Средства обеспечения износостойкости кинематических пар разнообразны: -

- специальная обработка сопрягаемых поверхностей,
- применение втулок из специальных материалов,
- подшипники разных конструкций.

В целях повышения устойчивости регулировок в случаях сложного динамического режима работы прибора применяются специальные способы фиксации (посадка на клей, лакокрасочные покрытия резьбовых регулирующих соединений и т.д.)

Выбор типа соединений

Процесс выбора соединения деталей характеризуется тем, что, как правило, имеется некоторый набор проверенных практикой возможных решений. В связи с этим требуется путем анализа и выбора найти соответствующий вариант. Рассмотрим условия такого поиска.

В практике конструирования соединений многие задачи решаются методом аналогии на основе опыта конструктора. Существует весьма большое число конструкций, которые опробованы и зафиксированы в справочной литературе. Эмпирический метод применяется достаточно эффективно в случае высокой квалификации конструктора.

Однако, часто встречаются случаи, когда свойства конструкции целого существенно меняются при различных вариантах решений конструкции отдельного соединения. В этих случаях необходим анализ имеющегося набора решений в целях поиска условий оптимизации.

Для обоснованного выбора варианта рекомендуется использовать **матрицу оптимизации**.

Таблица составляется следующим образом.

1. Выявляется набор возможных конкурирующих вариантов решений, из которых предстоит выбрать оптимальное решение. Каждому из решений приписывается порядковый номер (1 – n).
2. На основе требований ТЗ и исходных данных определяется состав показателей качества.
3. Каждому показателю качества приписывается весовой коэффициент, величина которого входит в интервал (0 – 1), а сумма всех коэффициентов равна 1. Определение весовых коэффициентов представляет некоторые трудности, т.к. оно основано на качественной оценке уровня значимости показателей качества, однако, опытный конструктор может это сделать с погрешностью не более 10-20%, что вполне допустимо.
3. На основании опытных данных о свойствах конкурирующих вариантов, по всем принятым показателям качества устанавливаются оценочные коэффициенты, выраженные в баллах от 0 до 10.
4. Операция по определению интегрального показателя заключается в суммировании произведений весовых коэффициентов на соответствующий показатель качества каждого варианта.

Таким образом, анализ матрицы дает возможность определить интегральный показатель качества каждого варианта. Поскольку числовые значения произведений тем больше, чем выше уровень значимости или уровень качества, то и числовые значения интегральных показателей также будут отражать интегральный уровень качества конкурирующих вариантов.

Пример выбора соединения

Пусть требуется выбрать способ крепления из ряда возможных. Из ТЗ известно также, что прибор предназначен для работы в условиях **динамических нагрузок и в широком интервале температур**.

Возможные варианты нумеруются.

Показатели качества соединения выбираются из числа обычно применяемых для крепления оптических деталей.

Показатель	Весовой	Завальцов.	Зажим. Коль	Разр. Коль.	Пруж. И
------------	---------	------------	-------------	-------------	---------

качества	Коэфф.	1	2	3	заж. 4
1 Точность положения	0,05	8 0,4	4 0,2	4 0,2	6 0,3
2 Надежн. крепления	0,3	2 0,6	10 3	6 1,8	10 3
3 Отсутст. натяжений	0,05	8 0,4	2 0,1	4 0,2	6 0,3
4 Нечувст. к кол. темп.	0,2	8 1,6	2 0,4	4 0,8	6 1,2
5 Конструктивность	0,05	10 0,5	5 0,25	6 0,3	2 0,1
6 Технологичность	0,2	4 0,8	8 1,6	6 1,2	5 1,0
7 Стоимость	0,15	6 0,9	6 0,9	7 1,05	2 0,3
Итого	1,0	5,2	6,45	5,5	6,2

На основании указанных в задании исходных данных выбираются показатели качества:

1- точность положения объектива	0,015
2 – надежность крепления	0,3
3 – отсутствие натяжений	0,015
4 – нечувствительность к колебанию температуры	0,2
5 – конструктивность	0,015
6 – технологичность	0,2
7 – стоимость	0,15

Показатели 2,4,6 и 7 являются основными, а 1,3,5 – менее важными.

Оценочные баллы (от «0» до «10») для выбранных вариантов назначаются основываясь на известных свойствах, достоинствах и недостатках каждого варианта.

1 Точность положения самая высокая у варианта завальцовки - 8 баллов; Зажимное и разрезное кольца менее точны по фиксации положения линзы по 4 балла; зажимное кольцо с пружинищами кольцами лучше, но уступает завальцовке – 6 баллов.

2 Надежность крепления как правило наиболее высокая надежность крепления осуществляется резьбовым креплением, поэтому варианты 2 и 4 – по 10 баллов: затем идет креплением разрезным кольцом – 3: менее надежное - 1 вариант завальцовкой.

3 – Отсутствие натяжений по экспертной оценке 1 вариант – 8 бал. Резьбовым -2 бал. Разрезное – 4 бал. Резьбовое с пружинным – 6.

4 – Нечувствительность к колебаниям Т первый вариант жесткого закрепления завальцовкой – 8бал; второй вариант резьбовое с пружинным – 6 баллов; разрезное – 4балла; резьбовое кольцо - 2 балла.

5 - Конструктивность (габаритные размеры, комплектность) в первом варианте контактируют две детали - 10 баллов; третий вариант по простоте второй – 6 баллов; второй вариант – 5 баллов; наиболее сложный четвертый вариант - 2 балла.

6 - Технологичность наиболее прост в изготовлении второй вариант -8 баллов; далее третий вариант – 6 баллов; четвертый вариант – 5 баллов; достаточно сложным является первый вариант – 4.

7- Стоимость определяются затратами материалов, стоимостью работ по изготовлению по вариантам 6,6,7,2

Далее баллы перемножаются с весовыми коэффициентами и их произведение фиксируется в правом нижнем углу клеток таблицы. Полученные результаты суммируются по столбцам. Полученные суммы представляют собой для каждого варианта интегральный показатель. В результате максимальный балл получает второй вариант соединения. Четвертый вариант- второй по обобщенному показателю.

Изменение условий работы прибора и требований ТЗ к выходным параметрам требует соответственно к изменению весовых коэффициентов показателей качества. В качестве примера в **таблице** приведены показатели для трех вариантов. Второй вариант – к объективу предъявляются высокие требования по качеству изображения. Третий вариант – способ для ответственного объектива лабораторного прибора.

Таблица

Показатель качества	Весовой Коэфф. I	II	III
1 Точность положения	0,05	0,15	0,3
2 Надежн. крепления	0,3	0,25	0,1
3 Отсутст. натяжений	0,05	0,15	0,3
4 Нечувст. к кол. темп.	0,2	0,2	0,05
5 Конструк- тивность	0,05	0,05	0,05

6 Техноло- гичность	0,2	0,1	0,05
7 Стоймо- сть	0,15	0,1	0,15

Значения интегральных показателей для четырех вариантов и трех ТЗ для приборов приведены в **таблице**.

Варианты исх. весовых	1	2	3	4
I	5,2	6,45	5,55	6,2
II	6,0	5,45	5,1	6,3
III	7,0	4,45	4,85	5,55

Из таблицы следует, что для второго варианта ЕЗ наилучшим будет крепление по варианту 4, а для третьего варианта ТЗ – по первому варианту.

Отметим, что метод матрицы оптимизации решений моделирует процесс конструирования. Если не пользоваться матрицей, то конструктору все равно необходимо проанализировать варианты. Разница, однако, будет в том, что весьма трудно удержать в уме в концентрированном виде весь тот объем информации и состав действий, которые обеспечивают выбор оптимального решения.