

В. Д. Мягков

Допуски и посадки
Справочник. Часть 2

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 621
ББК 34.4
В11

В11 **В. Д. Мягков**
Допуски и посадки: Справочник. Часть 2 / В. Д. Мягков – М.: Книга по Тре-
бованию, 2013. – 448 с.

ISBN 978-5-458-28019-8

ISBN 978-5-458-28019-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначения		Наименование обозначения
основные	дополнительные	
$d_{н.с.}$	—	Номинальный размер соединения
D_p	—	Размер, используемый при расчетах стандартных допусков и отклонений для данного интервала номинальных размеров
D	$D_{н.}, D_{д.}, D_{с.}, D_{max.}, D_{min.}$	Размеры отверстия [номинальный, наибольший (максимальный), наименьший (минимальный), действительный, средний]
d	$d_{н.}, d_{д.}, d_{с.}, d_{max.}, d_{min.}$	Размеры вала [номинальный, наибольший (максимальный), наименьший (минимальный), действительный, средний]
L	$L_{н.}, L_{д.}, L_{с.}, L_{max.}, L_{min.}$	Длина элемента или координирующий размер [номинальная, наибольшая (максимальная), наименьшая (минимальная), действительная, средняя]
E	ES, EI, E_d, E_c	Отклонение размера отверстия (верхнее, нижнее, действительное, среднее)
e	es, ei, e_d, e_c	Отклонение размера вала (верхнее, нижнее, действительное, среднее)
Δ	$\Delta S, \Delta I, \Delta_d, \Delta_c$	Отклонение размера (верхнее, нижнее, действительное, среднее)
S	$S_{max.}, S_{min.}, S_d, S_c$	Зазор [наибольший (максимальный), наименьший (минимальный), действительный, средний]
N	$N_{max.}, N_{min.}, N_d$ N_c	Натяг [наибольший (максимальный), наименьший (минимальный), действительный, средний]
T	$T_D, T_d, T_S, T_N,$ T_L	Допуск (отверстия, вала, зазора, натяга, длины элемента)
IT	$IT1, IT2$ и т. д.	Допуск размера по соответствующему качеству

Глава 3. РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ

РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ И ЕЕ ЗВЕНЬЯ

При конструировании механизмов, машин, приборов и других изделий, проектировании технологических процессов, выборе средств и методов измерений возникает необходимость в проведении размерного анализа, с помощью которого достигается правильное соотношение взаимосвязанных размеров и определяются допустимые ошибки (допуски). Подобные геометрические расчеты выполняются с использованием теории размерных цепей.

Размерной цепью называется совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур и определяющих взаимное положение поверхностей (или осей) одной или нескольких деталей. Замкнутость размерной цепи приводит к тому, что размеры, входящие в размерную цепь, не могут назначаться независимо, т. е. значение и точность по крайней мере одного из размеров определяются остальными. Размерная цепь состоит из отдельных звеньев.

Звеном называется каждый из размеров, образующих размерную цепь.

Звеньями размерной цепи могут быть любые линейные или угловые параметры: диаметральные размеры, расстояния между поверхностями или осями, зазоры, натяги, перекрытия, мертвые ходы, отклонения формы и расположения поверхностей (осей) и т. д.

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Размерные цепи классифицируются по ряду признаков (табл. 3.1).

ИСХОДНОЕ (ЗАМЫКАЮЩЕЕ) И СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЗВЕНЬЯ

Любая размерная цепь имеет одно исходное (замыкающее) звено и два или более составляющих звеньев.

Исходным называется звено, к которому предъявляется основное требование точности, определяющее качество изделия в соответствии с техническими условиями. Понятие исходного звена используется при проектном расчете размерной цепи (см. с. 16).

В процессе обработки или при сборке изделия исходное звено получается обычно последним, замыкая размерную цепь. В этом случае такое звено именуется *замыкающим*. Понятие замыкающего звена используется при поверочном расчете размерной цепи (см. с. 16). Таким образом, замыкающее звено непосредственно не выполняется, а представляет собой результат выполнения (изготовления) всех остальных звеньев цепи.

Составляющими называются все остальные звенья, с изменением которых изменяется и замыкающее звено.

На рис. 3.1 приведены примеры детальных размерных цепей, по которым в зависимости от простановки размеров на чертежах ступенчатого валика и плашек (рис. 3.1, а) можно определить величину и точность замыкающего звена (звенья с индексом Σ).

На рис. 3.2, а, б показано несколько примеров сборочных размерных цепей, с помощью которых решаются задачи достижения заданной точности зазоров A_{Σ} ,

8.1. Классификация размерных цепей [4]

Классификационный признак	Название размерной цепи	Назначение, характеристика
Область применения	Конструкторская	Решается задача обеспечения точности при конструировании изделий
	Технологическая	Решается задача обеспечения точности при изготовлении изделий
	Измерительная	Решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий
Место в изделии	Детальная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей одной детали
	Сборочная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу
Расположение звеньев	Линейная	Звенья цепи являются линейными размерами. Звенья расположены на параллельных прямых
	Угловая	Звенья цепи представляют собой угловые размеры, отклонения которых могут быть заданы в линейных величинах, отнесенных к условной длине, или в градусах
	Плоская	Звенья цепи расположены произвольно в одной или нескольких параллельных плоскостях
	Пространственная	Звенья цепи расположены произвольно в пространстве
Характер звеньев	Скалярная	Все звенья цепи являются скалярными величинами (стр. 12)
	Векторная	Все звенья цепи являются векторными погрешностями (стр. 12)
	Комбинированная	Часть составляющих звеньев размерной цепи — векторные погрешности, остальные — скалярные величины
Характер * взаимных связей	Параллельно связанные	Размерные цепи (две или более), имеющие хотя бы одно общее звено
	Независимые	Размерные цепи, не имеющие общих звеньев

* Подробнее классификацию размерных цепей по этому признаку см. ГОСТ 16319—80.

B_{Σ} , C_{Σ} , E_{Σ} и размера D_{Σ} , являющихся здесь исходными звеньями¹. Для упрощения решения размерных цепей последние часто изображают в виде размерных схем. На рис. 3.1, б, в и 3.2, б построены схемы соответствующих размерных цепей. В простых случаях схемы изображаются непосредственно на эскизах деталей или узлов.

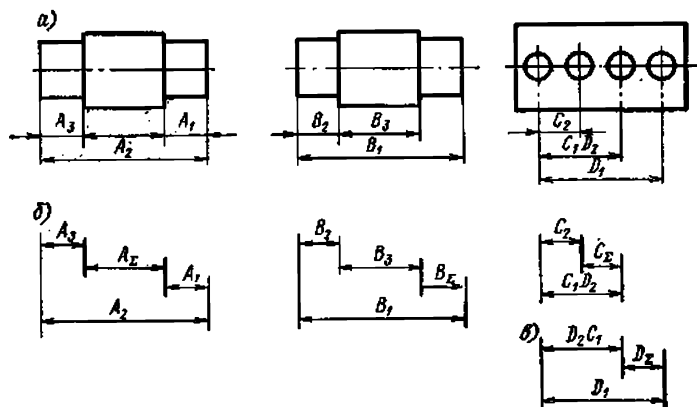


Рис. 3.1

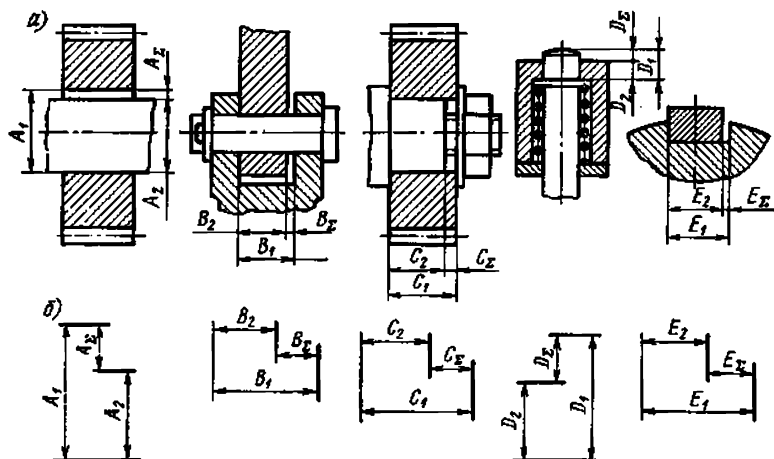


Рис. 3.2

УМЕНЬШАЮЩИЕ И УВЕЛИЧИВАЮЩИЕ ЗВЕНЬЯ

Составляющие звенья размерной цепи разделяются на две группы. К первой группе относятся звенья, с увеличением которых (при прочих постоянных) увеличивается и замыкающее звено. Такие звенья называются увеличивающими.

¹ На рабочих чертежах размеры исходных (замыкающих) звеньев (A_{Σ} , B_{Σ} , C_{Σ} и т. д.) не проставляются. На рис. 3.2 и других аналогичных рисунках они указаны как звенья размерных схем.

Ко второй группе относятся звенья, с увеличением которых уменьшается замыкающее звено. Такие составляющие звенья называются уменьшающими.

Параметры (размеры, допуски, отклонения) увеличивающих и уменьшающих звеньев обозначаются в дальнейшем с индексами соответственно «ув» и «ум».

На рис. 3.1 звенья A_2, B_1, C_1, D_1 являются увеличивающими, остальные звенья уменьшающие. На рис. 3.2 звенья A_1, B_1, C_1, D_1, E_1 — увеличивающие, звенья A_2, B_2, C_2, D_2, E_2 — уменьшающие.

В более сложных размерных цепях можно выявить увеличивающие и уменьшающие звенья, применив правило обхода по контуру. На схеме размерной цепи исходному звену предписывается определенное направление, обозначаемое стрел-

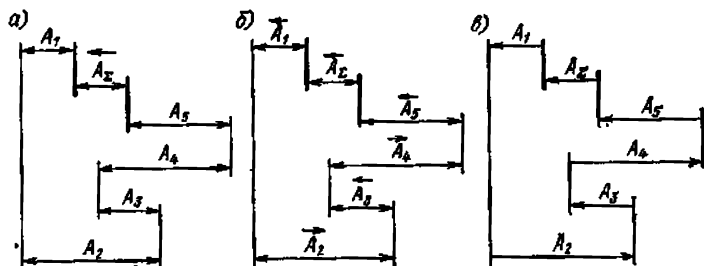


Рис. 3.3

кой над буквенным обозначением звена (рис. 3.3, а). Это направление обычно согласовывается с расположением входящих в размерную цепь размеров на чертеже.

Все составляющие звенья также обозначаются стрелками, начиная от звена, соседнего с исходным, и должны иметь один и тот же замкнутый поток направлений (рис. 3.3, б). Тогда все составляющие звенья, имеющие то же направление стрелок, что и у исходного звена, будут уменьшающими (A_1, A_3, A_6), а остальные звенья цепи — увеличивающими (A_2, A_4)¹.

Вместо стрелок над буквенными обозначениями звеньев удобно размерные схемы представлять в виде совокупности векторов (стрелки указываются у одной стороны размера звена), направленных соответственно правилу обхода по контуру (рис. 3.3, в).

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗВЕНЬЕВ И СОСТАВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

При проведении размерного анализа рекомендуется выделять звенья и составлять размерные цепи, руководствуясь следующими замечаниями.

1. Должна быть четко сформулирована задача, для решения которой рассчитывается размерная цепь или несколько размерных цепей. В каждой размерной цепи может быть только одно исходное (замыкающее) звено.

2. Для выявления исходного звена необходимо установить требования к точности, которым должно удовлетворять изделие или сборочная единица. Эти требования можно разделить на две группы:

точность взаимного расположения деталей, сборочных единиц, обеспечивающая качественную работу изделия при эксплуатации, например: перпендикулярность осей вращения шпинделя вертикально-сверлильного станка рабочей

¹ По ГОСТ 16319—80 рекомендуется увеличивающие звенья обозначать стрелками над соответствующей размерной буквой, направленными вправо, а уменьшающие — стрелками, направленными влево. (Таким образом, для замыкающего звена стрелка должна быть направлена влево.)

поверхности стола; радиальное и осевое биения базовой поверхности вала; отклонение межосевого расстояния зубчатой или червячной передачи;

точность взаимного расположения деталей, сборочных единиц, обеспечивающая собираемость изделия, например: точность относительного положения валов, соединяемых муфтой.

По чертежам общих видов и сборочных единиц выявляются и фиксируются все требования к точности, которые должны быть выполнены при изготовлении и сборке изделия, т. е. выявляются все исходные (замыкающие) звенья. Так, для обеспечения нормальной работы коническо-цилиндрического редуктора (рис. 3.4) необходимо при изготовлении и сборке выполнить следующие требования к точности относительного положения деталей [4]:

а) вершины делительных конусов конических колес должны совпадать по трем взаимно перпендикулярным направлениям; смещения вершин делительных конусов шестерни и колеса ($f_{\Delta M_r}$) относительно осей вращения соответственно колеса и шестерни, а также непересечение осей вращения (f_a) должны находиться в заданных пределах (три исходных звена);

б) угол между осями вращения конических колес должен быть выдержан в определенных пределах ($\pm E_z$, одно исходное звено);

в) действительное расстояние между осями вращающихся цилиндрических зубчатых колес не должно значительно отличаться от номинального (допускаемые отклонения межосевого расстояния $\pm f_a$, одно исходное звено);

г) оси вращения цилиндрических зубчатых колес должны быть параллельны в плоскости чертежа (рис. 3.4, допуск на непараллельность осей f_x) и в плоскости, перпендикулярной к плоскости чертежа (допуск на перекос осей f_y); всего — два исходных звена;

д) для нормальной работы подшипников между крышками и торцами наружных колес подшипников при сборке необходимо обеспечить зазоры (H_z , J_z , M_z), достаточные для компенсации теплового расширения вала и не превышающие допустимой величины осевой игры валов [8, 10] (три исходных звена).

3. При выявлении исходных звеньев их номинальные размеры и допускаемые отклонения устанавливаются по стандартам, техническим условиям, на основании опыта эксплуатации аналогичных изделий, путем теоретических расчетов и специально поставленных экспериментов.

Допуск исходного звена устанавливается:

в конструкторских размерных цепях исходя из функционального назначения изделия или его механизма;

в технологических размерных цепях в соответствии с допуском на расстояние или относительный поворот поверхностей (осей) детали (деталей), которые необходимо получить при осуществлении технологического процесса обработки или сборки изделия;

в измерительных размерных цепях исходя из требуемой точности измерения для ограничения погрешности измеряемого размера.

4. Для нахождения составляющих звеньев после определения исходного звена следует идти от поверхностей (осей) деталей, образующих исходное звено, к основным базам (осям базирующих поверхностей) этих деталей, от них — к основным базам деталей, базирующих первые детали, и т. д. вплоть до образования замкнутого контура. Таким образом, можно выявить, последовательно связывая сопряженные размеры деталей, все составляющие звенья цепи, непосредственно влияющие на исходное звено. Все выявленные исходное (замыкающее) и составляющие звенья должны образовать замкнутый контур.

Несовпадения (зазоры, несоосности) поверхностей соединяемых деталей, если они возможны, учитываются отдельными звеньями.

Например, в размерной цепи J величина зазора J_z (рис. 3.4) зависит от относительного положения наружного кольца первого подшипника и упорного торца крышки (осевой зазор условно отнесен к этому подшипнику). В свою очередь, положение торца крышки относительно корпуса редуктора определяется

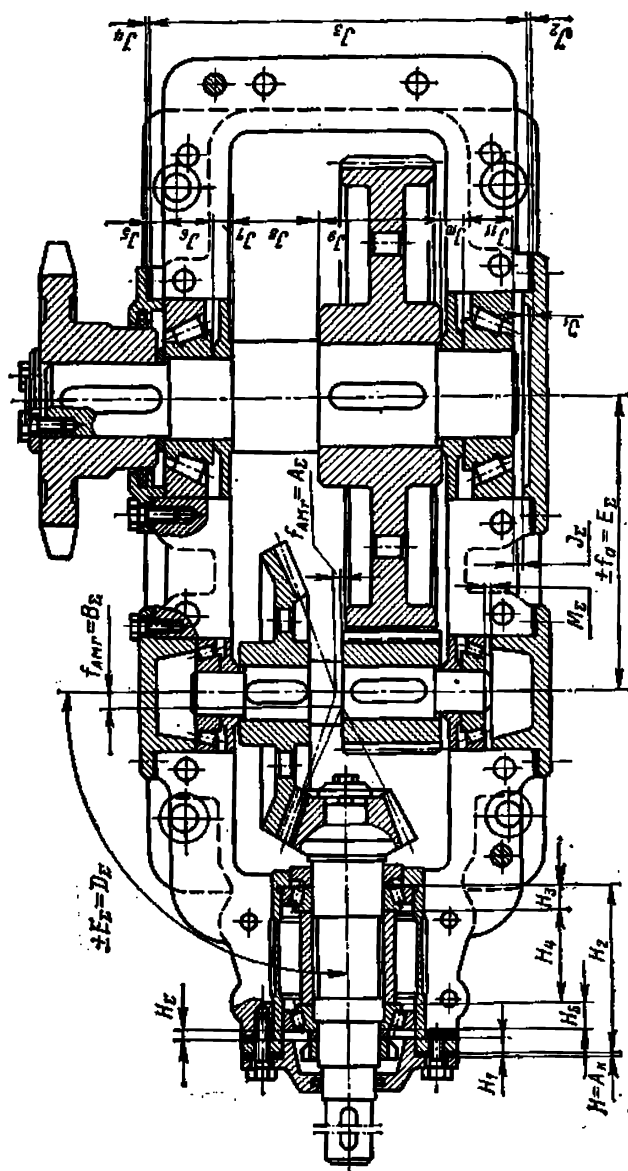


Рис. 3.4

расстоянием между торцовыми поверхностями крышки и толщиной прокладки. Следовательно, первым звеном J_1 является размер между торцовыми поверхностями крышки и вторым J_2 — толщина прокладки между крышкой и корпусом. Третьим звеном цепи J_3 служит расстояние между стенками корпуса. Толщина прокладки J_4 определяет положение второй крышки относительно корпуса. Расстояние J_5 между торцовыми поверхностями второй крышки определяет положение торца, в который упирается наружное кольцо правого подшипника. Положение упорного торца внутреннего кольца второго подшипника зависит от отклонений монтажной высоты J_6 подшипника. Переходя последовательно от одной поверхности к другой, получим: J_7 — толщина кольца, J_8 — толщина буртика вала, J_9 — длина ступицы зубчатого колеса, J_{10} — толщина кольца,

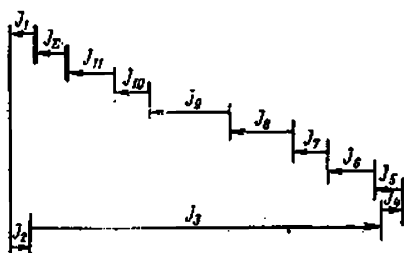


Рис. 3.5

J_{11} — монтажная высота первого подшипника. Таким образом, мы пришли ко второй поверхности, образующей исходное звено. Схема цепи J приведена на рис. 3.5. На рис. 3.4 показаны аналогично выявленные составляющие звенья размерной цепи H .

В число составляющих звеньев необходимо включать размеры деталей, непосредственно влияющих на исходное (замыкающее) звено и стремиться к тому, чтобы от каждой детали в линейную цепь входил только один размер. (В плоских и пространственных цепях два и более размеров одной

детали могут быть составляющими звеньями.) Каждая размерная цепь должна состоять из возможно меньшего числа звеньев (принцип «кратчайшей» размерной цепи).

5. При составлении схемы размерной цепи все ее составляющие звенья обозначаются прописными буквами латинского алфавита (кроме букв O , L , P , K)¹ с цифровым индексом (например, первая цепь A_1 , A_2 , A_3 и т. д., вторая B_1 , B_2 , B_3 и т. д.). Исходные (замыкающие) звенья обозначаются теми же буквами с индексом Σ (например, исходное звено первой цепи A_Σ , второй — B_Σ). Числовой индекс составляющих звеньев определяет их порядковый номер в цепи (например, B_2 — второе звено размерной цепи). Звенья нумеруются (см. рис. 3.3, б) последовательно по направлению потока векторов составляющих звеньев, начиная со звена, соседнего с исходным (замыкающим).

Обозначения, термины и определения, используемые в размерных цепях, регламентированы ГОСТ 16319—80.

6. Среди линейных и угловых составляющих размеров цепи различают соответственно линейные и угловые зазоры (натяги). Линейным зазором называется расстояние между параллельными поверхностями или осями сопрягающихся деталей типа вал — отверстие (паз — выступ). Угловым зазором называется угол между поверхностями или осями сопрягающихся деталей.

При геометрическом расчете машин следует иметь в виду, что погрешности (ошибки, отклонения) в размерах деталей разделяются на скалярные (одномерные, простые), полностью определяемые одной характеристикой — своей величиной, и векторные (двухмерные), определяемые величиной (модулем) и направлением. К скалярным ошибкам относятся, например, отклонения длины вала, втулки, монтажной высоты подшипника, отклонения в расстоянии между осями и т. п. К векторным ошибкам относятся отклонения от соосности цилиндрических поверхностей, несоосность отверстий, радиальное биение поверхностей за счет эксцентриситета осей, биение торцовых поверхностей и т. п.

¹ Эти буквы используются в размерных цепях для обозначения других величин,

Векторные погрешности могут быть составляющими звеньями размерных цепей. Расчет векторных размерных цепей см. [5, 13, 14].

7. В числе составляющих звеньев цепи могут оказаться линейные или угловые зазоры, из-за которых может происходить относительное смещение деталей. Различают три варианта конструктивного исполнения соединений с зазорами: *I* — сопряжение вала (штыря) с отверстием, *II* — сопряжение вала (штыря) с пазом, *III* — сопряжение выступа с пазом (рис. 3.6).

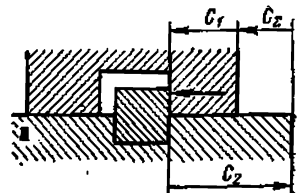
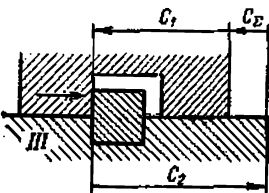
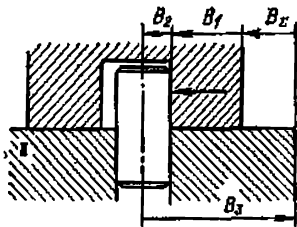
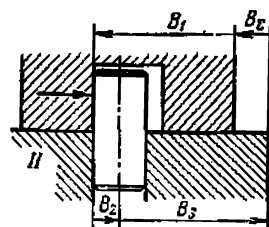
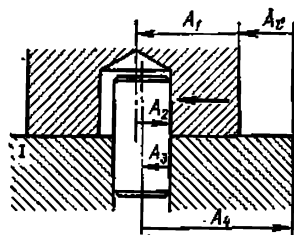
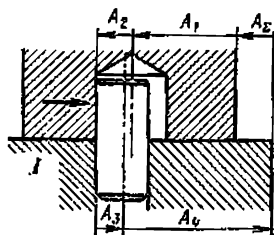


Рис. 3.6

Рис. 3.7

Если в процессе сборки и эксплуатации зазоры полностью выбираются в одном направлении (под действием груза, рабочих усилий, пружин или любым другим способом), то размерные цепи для *II* и *III* вариантов составляются так, чтобы зазоры не оказывали влияния на величину замыкающего звена.

Схемы размерных цепей, зависящие от направления, в котором выбирается образующий зазор, представлены на рис. 3.6 и 3.7.

Если в процессе сборки или эксплуатации зазоры выбираются попеременно (при реверсивных движениях) в противоположных направлениях, то необходимо рассчитывать две размерные цепи (рис. 3.6 и 3.7). По результатам расчетов берутся такие наибольшие (из одной цепи) и наименьшие (из другой цепи) предельные отклонения замыкающего звена, при которых допуск его оказывается наибольшим. В некоторых случаях для уменьшения графических и расчетных работ эскиз и схема цепи строятся при номинальном положении деталей, но в местах

стыка осей вводится вектор несоосности, равный нулю с двумя симметричными отклонениями.

Если при сборке и эксплуатации положение деталей в поле зазора оказывается случайным (зазор полностью или частично выбирается в произвольном направлении), то для вероятностного расчета таких размерных цепей необходимо знать характер распределения деталей в поле зазора. В [5] рассматриваются некоторые частные случаи таких распределений: деталь примыкает к стенке отверстия равномерно в любой точке, деталь занимает равномерное положение в любой точке зазора и т. д.

