

Севастополь
СевГУ
2018

УДК 621.002.54

Р е ц е н з е н т:

Д.Е. Сидоров - канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения»

Составители: Богуцкий В.Б., Новоселов Ю.К.

Размерный анализ технологических процессов: метод. указания к практическим работам для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» дневной и заочной форм обучения по дисциплине / Сост. В.Б. Богуцкий, Ю.К. Новоселов. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 40 с.

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплине «Размерный анализ технологических процессов».

УДК 621.002.54

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Технология машиностроения», протокол № 4 от 04 октября 2017 г.

Допущено учебно-методическим отделом Политехнического института СевГУ в качестве методических указаний.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая занятие 1	4
Практическая занятие 2	7
Практическая занятие 3	11
Практическая занятие 4	15
Практическая занятие 5	21
Практическая занятие 6	28
Рекомендуемая литература	32
ПРИЛОЖЕНИЕ	33

РАСЧЕТ ПЛОСКОСТНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки расчета плоскостных размерных цепей.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Для выполнения расчета плоскостных размерных цепей предварительно необходимо привести размерную цепь к линейному виду путем замены составляющих звеньев их проекциями на направление, параллельное направлению замыкающего звена, т.е. схема плоскостной размерной цепи преобразится в схему линейной цепи. Схема плоскостной размерной цепи представлена на рис. 1.

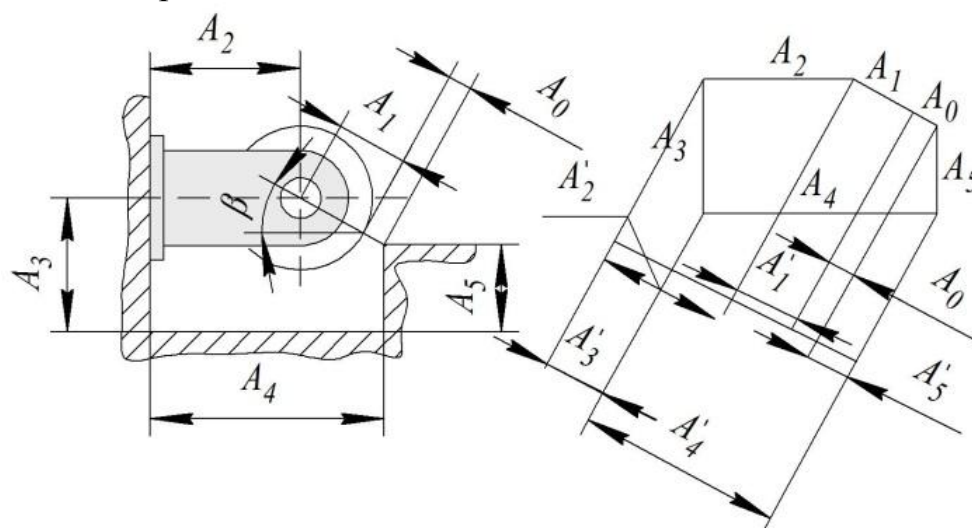


Рис. 1. Схема плоскостной размерной цепи

Проекции номинальных размеров, допусков и координат середин полей допусков, составляющих звеньев плоскостной размерной цепи на направление, параллельное направлению замыкающего звена, обозначив через A_i', T_i', Δ_{0i}' . Величины этих проекций, соответственно будут равны:

$$A_i' = A_i \cos \beta_i; T_i' = T_i \cos \beta_i; \Delta_{0i}' = \Delta_{0i} \cos \beta_i,$$

где β_i - угол между направлением соответствующего звена A_i и замыкающего звена A_0 .

При принятых обозначениях формулы для расчета размерных цепей на максимум – минимум примут следующий вид:

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_i' = \sum_{j=1}^{n_j} A_j \cos \beta_j - \sum_{q=1}^{n_q} A_q \cos \beta_q;$$

$$\Delta_{0\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta'_{0i} = \sum_{j=1}^{n_j} \Delta_{0j} \cos \beta_j - \sum_{q=1}^{n_q} \Delta_{0q} \cos \beta_q; TA_0 = \sum_{i=1}^n T'_i = \sum_{i=1}^n T_i \cos \beta_i.$$

При расчете размерных цепей по вероятностному методу

$$\Delta_{0\Delta} = \sum_{j=1}^{n_j} (\Delta_{0j} + \alpha_j \frac{T_j}{2}) \cos \beta_j - \sum_{q=1}^{n_q} (\Delta_{0q} + \alpha_q \frac{T_q}{2}) \cos \beta_q;$$

$$TA_0 = t \sqrt{\sum_{i=1}^n \lambda'_i T_i^2 \cos^2 \beta_i} \quad \text{или при } t = 3 \quad TA_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2 \cdot T_i^2 \cos^2 \beta_i}.$$

Если угол β задан с допуском, то при определении допуска замыкающего звена необходимо учитывать дополнительную погрешность, вносимую каждым составляющим звеном от ошибки угла β . Обычно допуск на угол распределяется симметрично, поэтому координата середины поля допуска угла равна нулю и не влияет на величины проекций координат середин полей допусков, составляющих звеньев.

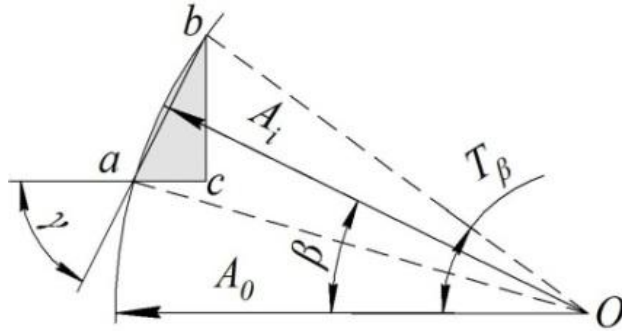


Рис. 2. Схема для определения дополнительной погрешности допуска любого звена, зависящей от ошибки угла

Для определения дополнительной погрешности допуска любого звена, зависящей от ошибки угла β , рассмотрим схему на рис. 2. Отрезки Oa и Ob обозначают положения звена A_i при изменении угла β на $\pm \delta_\beta/2$, где T_β - допуск на угол β . Из-за малого угла $T\delta_\beta$ дугу ab можно рассматривать как прямую линию. Проекция отрезка ab на направление замыкающего звена A_0 , равная ac , и будет искомой дополнительной погрешностью звена A_i . Из схемы (см. рис. 2)

$$ac = ab \cdot \cos \gamma^\circ,$$

где γ° - угол между направлением перемещения конца вектора A_i при предельных значениях угла β_i и направлением замыкающего звена.

Угол $\gamma^\circ = 90^\circ - \beta^\circ$, следовательно $ac = ab \cdot \cos(90^\circ - \beta^\circ) = ab \cdot \sin \beta$. Длина отрезка $ab = 0.0175 A_i T_\beta$, тогда $ac = 0.0175 A_i T_\beta \sin \beta$.

Таким образом, проекция допуска для любого составляющего звена на направление, параллельное направлению замыкающего звена с учетом ошибок в углах β_i , равна

$$T = T_i \cdot \cos \beta_i + 0,0175 T_\beta^\circ A_i \cdot \sin \beta.$$

Расчетные уравнения для определения допуска замыкающего звена плоскостной размерной цепи примут следующий вид:

- при расчете на максимум-минимум

$$TA_0 = \sum_{i=1}^n T_i \cos \beta_i + \sum_{i=1}^n T_{\beta}^{\circ} \frac{A_i}{57} \sin \beta;$$

- при расчете по вероятностному методу

$$TA_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2 T_i^2 \cos^2 \beta_i + \sum_{i=1}^n K_i^2 (T_{\beta}^{\circ} \frac{A_i}{57} \sin \beta_i)^2}.$$

Пример расчета плоской размерной цепи приведен в прил. А.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить настоящее методическое пособие.
- 3.2. Получить у преподавателя сборочный чертеж узла машины.
- 3.3. Составить и описать плоскостную размерную цепь.
- 3.4. Определить замыкающие звенья, назначить номинальные размеры и допуска составляющих звеньев построенных размерных цепей.
- 3.5. Рассчитать размеры и допуски замыкающих звеньев построенных размерных цепей.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Размерные цепи анализируемого узла и их описание.
- 4.3. Номинальные значения и допуски составляющих звеньев.
- 4.4. Расчеты размера и допуска замыкающего звена анализируемой размерной цепи.
- 4.5. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Приведите примеры плоских размерных цепей.
- 5.2. Порядок расчета плоских размерных цепей.
- 5.3. Порядок преобразования плоскостной размерной цепи.
- 5.4. Последовательность выявления плоскостных размерных цепей.
- 5.5. Поясните понятие – «дополнительная погрешность допуска звена плоской размерной цепи».
- 5.6. Расчет размерных цепей методом максимума – минимума.

Практическое занятие 2

РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ С УГЛОВЫМИ ЗВЕНЬЯМИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки выявления и расчета размерных цепей с угловыми звеньями.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

К угловым размерным цепям относятся размерные цепи, определяющие отклонения от параллельности, перпендикулярности, прямолинейности и т. п., в которых угловое относительное расположение поверхностей или осей задается не в градусах, а в миллиметрах, отнесенных к определенной базовой длине. В этом случае необходимо предварительно допускаемые отклонения для всех составляющих звеньев привести к одной расчетной базовой длине. В качестве расчетной базовой длины принимается базовая длина замыкающего звена. Расчет угловых размерных цепей производится по формулам, которые используются для линейных размерных цепей.

Обозначим базовую длину замыкающего звена β_0 буквой l_0 , а для составляющих звеньев – β_i через l_i . Пусть отклонение β_i задано отношением величины c_i к базовой длине $\beta_i = c_i / l_i$.

Для приведения β_i к базовой длине l_0 необходимо вычислить передаточное отношение $\xi = l_0 / l_i$, а затем, подставляя значение l_i получаем

$$\beta_i = c_i \cdot \xi_i / l_0.$$

Например, дано $\beta = 0,03/500$ мм/мм. Необходимо привести это отклонение к базовой длине $l_0 = 300$ мм. Передаточное отношение $\xi = 300/500 = 0,6$. Следовательно, значение β , приведенное к базовой длине $l_0 = 300$ мм будет равно

$$\beta = \frac{0,03 \cdot 0,6}{300} = \frac{0,018}{300} \text{ мм/мм.}$$

После того, как все звенья размерной цепи будут приведены к одной базовой длине, знаменатель l_0 отбрасывается и расчеты ведутся только по отклонениям, указанным в числителе, которые рассматриваются как предельные отклонения линейных размеров, номинальный размер которых равен нулю. Для дальнейших расчетов необходимо определить допуски для всех звеньев $T_{Ai} = \Delta_{V\beta_i} - \Delta_{H\beta_i}$ и координаты средин полей допусков $\Delta_{0\beta_i} = 0,5(\Delta_{V\beta_i} + \Delta_{H\beta_i})$, где $\Delta_{V\beta_i}$, $\Delta_{H\beta_i}$ – соответственно верхнее и нижнее предельное отклонение размера звена β_i .

Далее определяются допуск замыкающего звена T_{β_0} , координата середины поля допуска замыкающего звена и его предельные отклонения в зависимости от принятого метода расчета размерной цепи. Полученные зна-

чения предельных отклонений размера β_0 в линейных единицах необходимо перевести в относительные, указав в числителе полученное предельное отклонение, а в знаменателе – базовую длину.

Для определения координаты середины поля допуска замыкающего звена $\Delta_{\beta\Delta}$ необходимо установить знаки составляющих звеньев. Так как размеры звеньев не в градусах, а в линейных относительных единицах, то для определения их знаков следует условно перейти от линейных единиц измерения углов к измерениям в градусах и определять знаки звеньев путем увеличения углового размера каждого составляющего звена и оценки влияния этого увеличения на угол замыкающего звена. Однако в угловых размерных цепях, определяющих параллельность осей или поверхностей, отсутствует четко выраженная вершина угла. Поэтому для определения знаков таких звеньев необходимо выбрать вершину и зафиксировать ее по схеме размерной цепи.

Например, для передней бабки токарного станка (рис. 1, а), требуется обеспечить параллельность оси $I-I$ шпинделя направляющим M . Допускаемое отклонение от параллельности не должно превосходить величины $\beta_0 = \pm a/l_0$. Размер β_0 является замыкающим звеном угловой размерной цепи и зависит от двух угловых размеров: β_1 , определяющего допускаемое отклонение от параллельности оси $I-I$ относительно направляющих M , и β_2 , определяющего допускаемое отклонение от параллельности оси $I-I$ относительно поверхности N . Для определения знаков звеньев β_1 и β_2 выбираем условно вершину углов, определяющих отклонения рассматриваемых поверхностей и осей от параллельности, например, лежащую слева от бабки. Необходимо оси и поверхности всех звеньев, кроме исследуемого, жестко закрепить и, увеличивая угол исследуемого звена, определить по его влия-

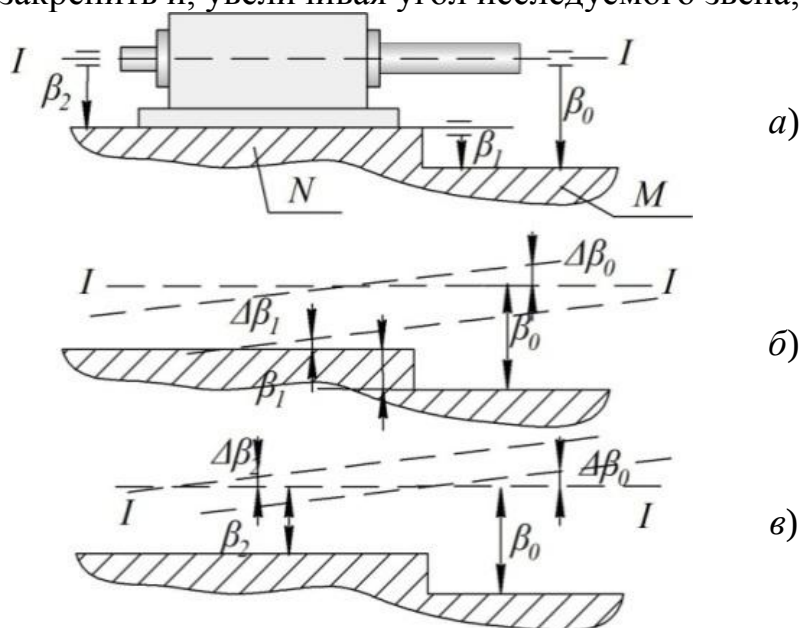


Рис. 1. Угловая цепь передней бабки токарного станка

нию на угол замыкающего звена, является ли оно увеличивающим или уменьшающим. В рассматриваемом примере поверхность N параллельна направляющим M , если угол между их направлениями равен нулю. Если вершина O этого угла находится слева (рис. 1, б), то при увеличении β_1 на угол $\Delta\beta_1$ (угол между осью $I-I$ и направлением поверхности M) будет увеличиваться на $\Delta\beta_1$ и угол β_0 . Следовательно, звено β_1 является увеличивающим. Аналогично поступаем с углом β_2 (рис. 1, в). С увеличением его на $\Delta\beta_2$ угол β_0 увеличится на $\Delta\beta_0$. Следовательно, звено β_2 является тоже увеличивающим. Поэтому координата середины поля допуска замыкающего звена

$$\Delta_{0\beta_A} = \Delta_{0\beta_1} + \Delta_{0\beta_2}.$$

Для вертикально-сверлильного станка (рис. 2) угловая размерная цепь, представленная на рис. 3, состоит из замыкающего звена γ_0 , определяющего перпендикулярность оси шпинделя к поверхности стола в поперечном направлении (для определения перпендикулярности оси шпинделя к поверхности стола в продольном направлении должна быть составлена другая размерная цепь), и трех составляющих звеньев, определяющих отклонения: от параллельности оси относительно оси отверстия γ_1 ; от параллельности оси отверстия относительно направляющих станины γ_2 и от перпендикулярности поверхности стола относительно направляющих станины γ_3 . Для определения знаков составляющих звеньев γ_1 и γ_2 будем считать, что вершины углов γ_1 и γ_2 расположены сверху (рис. 3). При увеличении угла γ_1 на $\Delta\gamma_1$ (рис. 3, а) угол уменьшается на $\Delta\gamma_0$. Следовательно, звено γ_1 является уменьшающим.

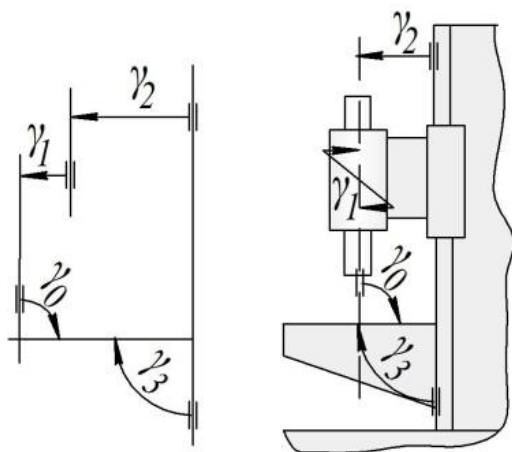


Рис. 2. Угловая цепь вертикально-сверлильного станка

С увеличением γ_2 угла (рис. 3, б) угол γ_0 будет уменьшаться, и, следовательно, звено γ_2 будет тоже уменьшающим. С увеличением угла γ_3 (рис. 3, в) звено γ_0 увеличивается, следовательно, звено γ_3 является увеличивающим. Таким образом, для определения координаты середины поля допуска замыкающего звена необходимо решить уравнение:

$$\Delta_{0\gamma_A} = \Delta_{0\gamma_3} - \Delta_{0\gamma_1} - \Delta_{0\gamma_2}$$

Пример расчета угловой размерной цепи приведен в прил. Б.

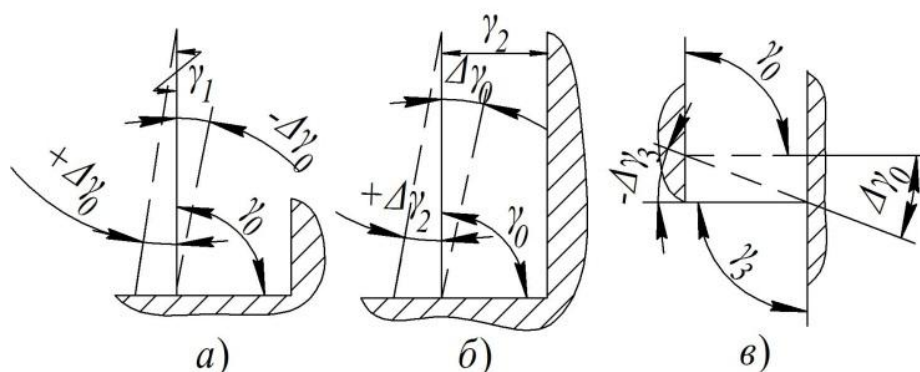


Рис. 3. Угловая размерная цепь

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое указание к практической работе.
- 3.2. Получить у преподавателя сборочный чертеж изделия.
- 3.3. Составить и описать угловую размерную цепь, определить номинальные размеры составляющих звеньев.
- 3.4. Назначить значения допусков составляющих звеньев.
- 3.5. Рассчитать размеры и допуски замыкающих звеньев анализируемых размерных цепей.
- 3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Размерные цепи анализируемого узла.
- 4.3. Таблица номинальных значений размеров составляющих звеньев и их допусков.
- 4.4. Расчеты размера и допуска замыкающего звена анализируемой размерной цепи.
- 4.5. Вывод по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Какие размерные цепи относятся к угловым размерным цепям?
- 5.2. Порядок выявления угловых размерных цепей технологического оборудования.
- 5.3. Порядок расчета угловых размерных цепей
- 5.4. Как определить знаки составляющих звеньев угловых размерных цепей?
- 5.5. В каких единицах измерения задается угловое относительное расположение поверхностей или осей?
- 5.6. Чему равна координата середины поля допуска замыкающего звена угловой размерной цепи?

Практическое занятие 3

РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ С ВЕКТОРНЫМИ ОШИБКАМИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки выявления и расчета размерных цепей с векторными ошибками.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Векторные ошибки возникают вследствие радиального биения наружной поверхности относительно внутренней у деталей типа втулок и радиального биения одной поверхности относительно другой у ступенчатых валов. В результате радиального биения происходит смещение оси одной поверхности относительно другой на величину, равную половине радиального биения.

На рисунке 1 приведен пример сборочной размерной цепи, состоящей из звена B_1 с простой (скалярной) ошибкой и звена B_2 с векторной ошибкой. По техническим условиям необходимо выдержать расстояние B_0 от базовой поверхности с заданной точностью.

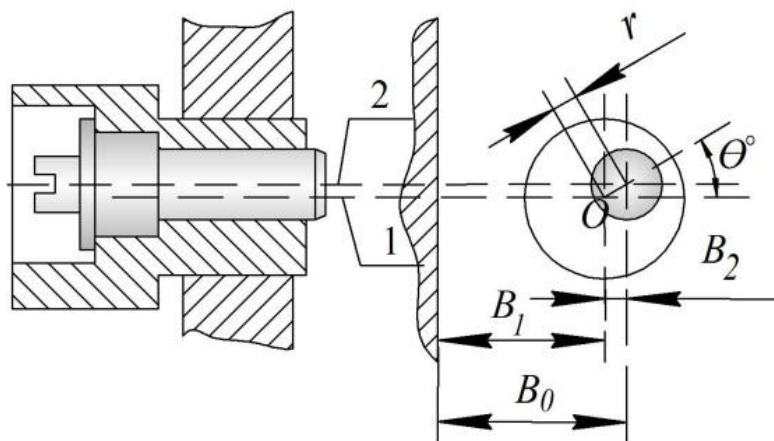


Рис. 1. Сборочная размерная цепь

Вследствие радиального биения втулки ось ее отверстия не совпадает с осью наружной поверхности. В результате эксцентриситета осей r , равного половине радиального биения втулки, возникает погрешность B_2 , величина которой равна проекции r на ось $O-X$, совпадающую с направлением замыкающего звена, т.е. $B_2 = r \cdot \cos \theta^\circ$. При запрессовке втулки в корпус эксцентриситет r может занять любое угловое положение относительно направления замыкающего звена. Поэтому величина векторной ошибки B_2 будет зависеть от двух величин: r и угла θ° . С изменением угла θ° от 0° до 90° , величина B_2 будет изменяться от r до 0 . При дальнейшем увеличении угла от 90° до 180° B_2 будет изменяться от 0 до r . Таким образом, поле рассеяния векторной ошибки $T_x = 2r$.

Номинальный размер векторных ошибок равен нулю. Поэтому наличие в размерной цепи звеньев с векторными ошибками не влияет на величину номинального размера замыкающего звена. Не оказывают влияния векторные ошибки и на определение координаты середины поля допуска замыкающего звена, так как центр рассеивания векторной ошибки совпадает с ее номинальным размером, равным нулю. Однако наличие в размерной цепи звеньев с векторными ошибками оказывает иногда существенное влияние на допуск размера замыкающего звена. При этом влияние величины векторной ошибки на величину допуска замыкающего звена будет зависеть от расстояния между сечениями, в которых находятся размер замыкающего звена и размер звена с векторной ошибкой.

На рис. 2, а изображен вал, смонтированный в корпусе на двух подшипниках качения. Радиальное биение подшипников вызывает смещение оси вала относительно оси отверстия в корпусе, в результате чего возникают векторные ошибки T_{x1} и T_{x2} .

Смещение оси отверстия левого подшипника, равное a_2 (рис. 2, в), вызовет поворот и смещение оси вала в точке на расстоянии l_2 от правой опоры на величину $\xi_2 a_2$. Передаточное отношение ξ_2 определяется из соотношения:

$$\frac{\xi_2 \cdot a_2}{l_2} = \frac{a_2}{l_2}, \text{ откуда } \xi_2 = \frac{l_2}{l_1}.$$

Если какая-либо опора имеет двойной подшипник, то для этой опоры передаточное отношение ξ следует умножить на 0,5.

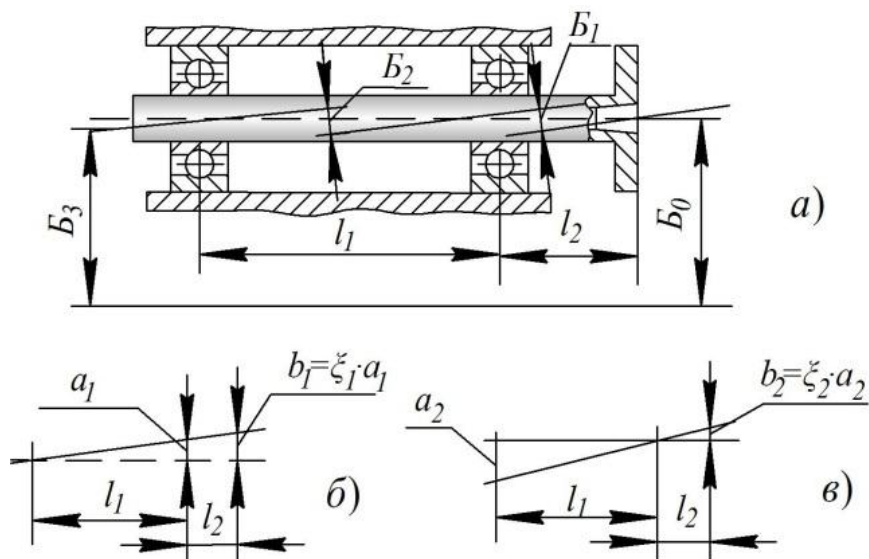


Рис. 2. Вал, смонтированный в корпусе на двух подшипниках качения

Таким образом, при определении влияния векторных ошибок на величину допуска замыкающего звена необходимо умножать их на передаточные отношения, определяемые для каждого конкретного случая из геомет-

рических соображений. Так как векторные ошибки являются случайными величинами, которые при сборке изделия могут принять любое численное значение в пределах $\pm T_X/2$, то расчет размерных цепей с векторными ошибками производится по вероятностному методу. Если размерная цепь состоит из звеньев со скалярными и векторными ошибками, то суммирование скалярных и векторных ошибок следует производить отдельно. Для этого случая допуск замыкающего звена

$$TA_0 = \frac{t}{t_0 \sqrt{\lambda'_0}} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-n_X} \lambda'_i \cdot T_i^2 + \sum_{i=1}^{n_X} \xi_{X_i}^2 \lambda'_{X_i} T_{X_i}^2}$$

или при $t = 3$

$$TA_0 = \frac{1}{K_0} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-n_X} K_i^2 \cdot T_i^2 + \sum_{i=1}^{n_X} \xi_{X_i}^2 K_{X_i}^2 T_{X_i}^2},$$

где n_X - число звеньев с векторными ошибками; K_{Xi} - приведенный коэффициент относительного рассеяния.

Если размерная цепь состоит исключительно из звеньев с векторными ошибками, то в этом случае одна из векторных ошибок условно принимается за скалярную. Для этого ее вектор условно совмещается с осью, совпадающей с направлением замыкающего звена, и закрепляется в этом положении. Все остальные векторы проецируются на этом положение. В качестве скалярной величины следует принимать ту, которая имеет наибольшее по величине произведение ($K \cdot \xi \cdot \delta$). Для этого случая допуск замыкающего звена

$$TA_0 = \frac{1}{K_0} \sqrt{K^2 \xi^2 T_i^2 + \sum_{i=2}^{n_X} \xi_{X_i}^2 T_{X_i}^2 K_{X_i}^2}.$$

В проектных условиях, когда законы распределения погрешностей составляющих звеньев неизвестны, обычно принимают $t=3$; $\lambda'_i = 1/6$; $\lambda'_{X_i} = 1/15$; $K_i = 1,2$; $K_{X_i} = 0,5 \dots 0,65$. Если число составляющих звеньев $n \leq 4K_0$ определяется по формуле

$$K_0 = 1 + \frac{0.11 \sqrt{\sum_{i=1}^n \xi_i^2 T_i^2}}{\sum \xi_i T_i}, \text{ а } \lambda'_\Delta \text{ по формуле } \lambda'_\Delta = \frac{K^2}{i^2}.$$

Когда размерная цепь состоит только из звеньев с векторными ошибками, то следует принимать $K_0 = 0,87$, что соответствует риску $q = 0,27\%$.

Пример расчета векторной размерной цепи приведен в приложении В.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Изучить методическое указание к практической работе.

3.2. Получить у преподавателя сборочный чертеж изделия.

3.3. Составить и описать размерную цепь, включающую в себя звено с векторной ошибкой, определить номинальные размеры составляющих звеньев.

3.4. Назначить значения допусков составляющих звеньев.

3.5. Рассчитать размеры и допуски замыкающих звеньев анализируемых размерных цепей.

3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Цель работы.

4.2. Размерные цепи анализируемого узла.

4.3. Таблица номинальных значений размеров составляющих звеньев и их допусков.

4.4. Расчеты размера и допуска замыкающего звена анализируемой размерной цепи.

4.5. Вывод по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Какие размерные цепи относятся к размерным цепям с векторными ошибками?

5.2. Порядок выявления размерных цепей векторными ошибками технологического оборудования.

5.3. Порядок расчета размерных цепей с векторными ошибками.

5.4. Последовательность расчета передаточных отношений размерных цепей с векторными ошибками.

5.5. На что оказывает существенное влияние наличие в размерной цепи звеньев с векторными ошибками?

5.6. Чему равна координата середины поля допуска, замыкающего звена размерной цепи с векторной ошибкой?

Практическая работа 4

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ И ПОДГОТОВКА ПЛАНА ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки преобразование чертежа детали для проведения размерного анализа технологического процесса.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Размерный анализ технологических процессов имеет три разновидности, которые отличаются по способу выполнения:

1) анализ вновь проектируемого технологического процесса, когда в качестве исходного документа дается только чертеж детали;

2) анализ вновь проектируемого технологического процесса, когда в качестве исходных документов имеется не только чертеж детали, но и чертеж заготовки; такой вариант возникает, если производство заготовок по какой-либо причине начинают раньше, чем разрабатывают технологию механической обработки;

3) анализ действующего технологического процесса, когда какой-либо технологический процесс не обеспечивает необходимых показателей по качеству, расходу материала или каким-то иным элементам; выявляют связи размерных параметров на различных операциях, затем путем решения размерных цепей устанавливают значения фактических припусков, удаляемых на операциях, и определяют возможные пути совершенствования процесса.

При выполнении размерного анализа должен быть осуществлен следующий комплекс работ:

- назначение обоснованных допусков на всех операциях;
- назначение необходимого и достаточного числа технических требований на операциях;
- определение минимально необходимых припусков;
- построение специальных размерных схем технологического процесса;
- выявление и фиксация взаимосвязи всех размерных параметров по мере формоизменения заготовки; выявление размерных цепей;
- проверка и установление рациональных способов простановки размеров на операциях;
- определение номинальных значений операционных размеров путем решения размерных цепей;
- расчет средних и максимальных припусков.

Размерный анализ начинается с преобразования чертежа детали (рис. 1) и его проверки. В каждой из проекции чертежа размеры распола-

гают только горизонтально. Поэтому число проекций должно быть достаточным, чтобы это условие было выполнено. Обычно для тел вращения требуются две, а для корпусных деталей - три проекции.

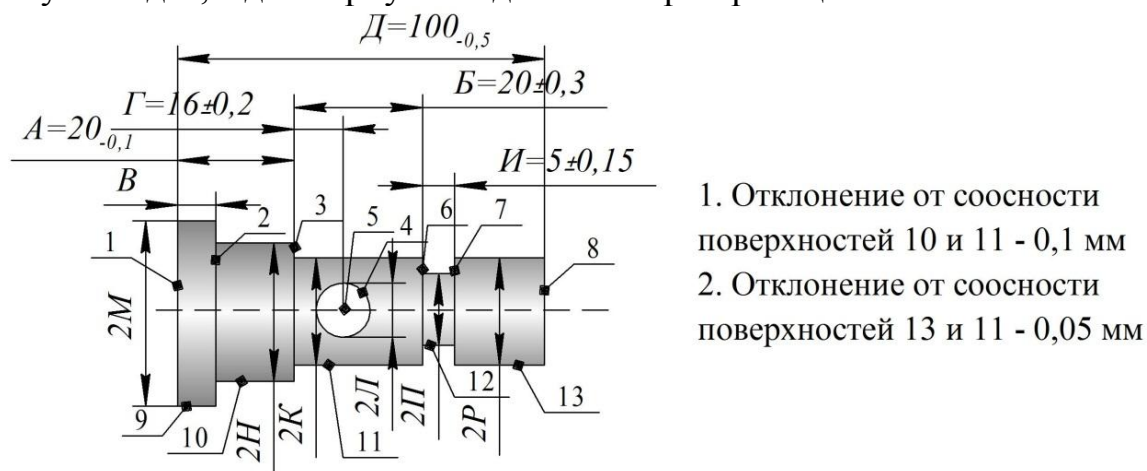


Рис. 1. Чертеж детали

Для преобразования чертежа в первой проекции (продольные размеры) вначале считают число поверхностей (и осей отверстий, если они имеются), связанных продольными размерами; в данном случае их оказалось восемь (1-8). Затем строят сетку (рис. 2), в которой должно быть восемь вертикалей и столько же горизонталей. Расстояние между вертикалями обычно принимают равным 15...20 мм, между горизонталями 5...10 мм. Вертикали слева направо нумеруют теми же цифрами, что и на чертеже детали с добавлением в конце цифры 9, т. е. если поверхность имела номер 3, то вертикаль будет иметь код 39.

Под сеткой располагают проекцию чертежа с нанесенными номерами поверхностей и соединяют их с вертикальными линиями. На горизонталях сетки располагают продольные размеры, придерживаясь такого правила. На первую верхнюю горизонталь наносится наименьший размер от крайней левой вертикали 19; до ближайшей 29, после него больший размер 19-39 и т. д. по нарастающей. Закончив построение размеров от первой вертикали, в таком же порядке наносят размеры от следующих вертикалей. В данном примере 39-59, 39-69, далее 49-59, 69-79. На продолжении этих горизонталей справа записывают все эти размеры цифровым кодом. Цифровой код состоит из двух чисел: первое - номер вертикали, от которой начинается размерная линия, вторая - номер вертикали, у которой она оканчивается. Следует указать, что число чертежных размеров всегда на единицу меньше, чем число поверхностей и осевых линий, которые этими размерами связаны. Это условие следует проверить сразу после выполнения преобразования чертежа.

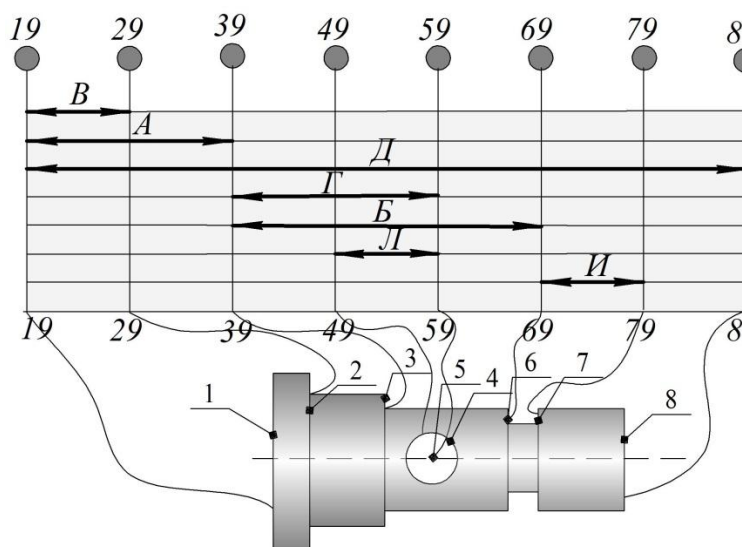


Рис. 2. Преобразованный чертеж детали (первая проекция)

По аналогии с первой проекцией строится и вторая, причем изображается только левая половина детали типа "тела вращения". В конструкторских чертежах принято номинально совпадающие оси цилиндрических поверхностей показывать одной штрихпунктирной линией (рис. 1). В преобразованном чертеже число осевых линий соответствует числу цилиндрических поверхностей, и все осевые линии наносят на сетку (рис. 3). Порядок изображения аналогичен предыдущему. Особенностью построения второй проекции является обозначение номеров цилиндрических поверхностей и их осей. После того, как показаны все номера цилиндрических поверхностей 9-13, к каждому из них дописывают номера осей, которые могут быть произвольными, но удобнее если они будут продолжением последовательной нумерации 14- 19. На сетке коды вертикалей 99, 109, 119 и т. д. имитируют цилиндрические поверхности и их оси 149, 159, 169 и т. д. Радиусы M , $Я$, и т.д. проводят от вертикали, имитирующей данную поверхность до оси этой поверхности (например, 99-149, 109-159 и т.д.).

Следует обратить внимание, что номер 4 поверхности отверстия сохранен, как и в первой проекции, но ось отверстия может координироваться в первой проекции линейным размером, а во второй - каким-либо техническим требованием по смещению оси от номинала. При дальнейших расчетах погрешности положения оси будут оцениваться по двум взаимно перпендикулярным направлениям. На рис. 1 конструктором заданы только два технических требования по отклонению от соосности ($E_{159-169} = 0 \pm \pm 0,1$; $E_{169-199} = 0 + 0,05$). Видимо, отклонения от соосности остальных цилиндрических поверхностей не имеют решающего значения для сборки и работы данного вала и конструктор считает, что эти требования могут быть выдержаны по усмотрению технолога.

Не заданные на чертеже отклонения соосности предусматриваются технологом в экономически разумных пределах и ограничиваются какими-

либо заводскими или отраслевыми нормами. Число всех связей должно оказаться таким, чтобы, их было на единицу меньше, чем число осей на сетке преобразованного чертежа. Преобразование чертежа заготовки выполняется аналогично.

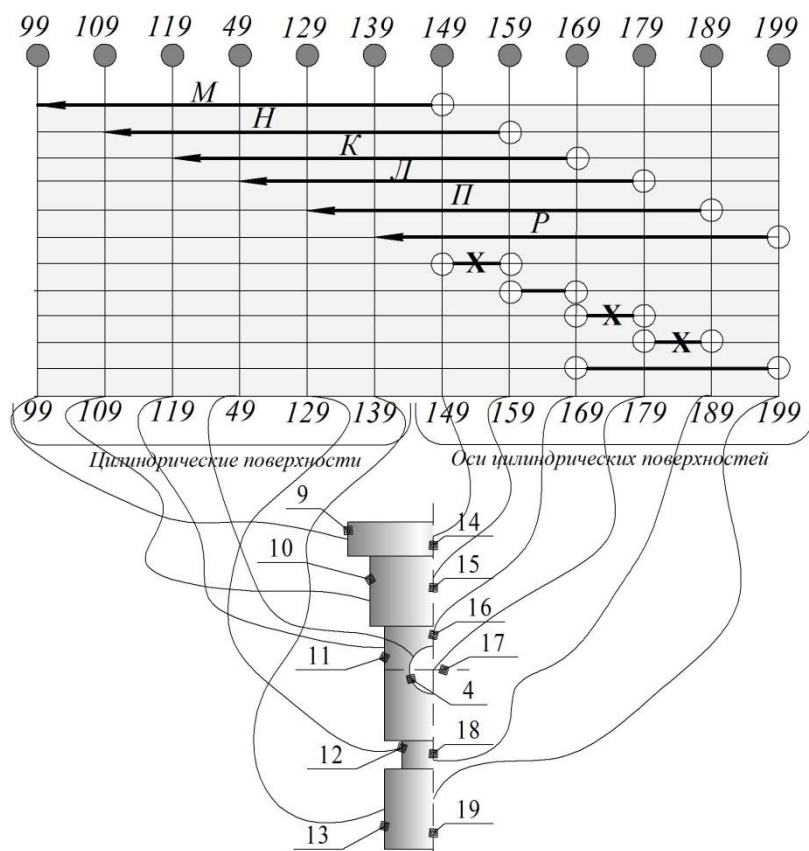


Рис. 3. Преобразованный чертеж детали (вторая проекция)

Кроме преобразования чертежей, для обрабатываемой детали (рис. 4) необходимо подготовить план операций технологического процесса (табл. 1). В каждой операции плана должны быть указаны базы, размерные линии и в кодированной записи допуски на размеры и допуски расположения. В связи с тем, что коды поверхностей в преобразованных чертежах готовой детали и заготовки, а также в размерных схемах отличаются от обозначений, принятых в операционных картах технологического процесса, необходимо, чтобы в плане операций эти отличия были учтены. Обработанным в каждом переходе поверхностям, присваивают номер, по следующему правилу- к номеру поверхности чертежа добавляют цифру, показывающую который раз данная поверхность обработана. Так, например, если какая-либо поверхность имела в чертеже номер 5 и ее обрабатывают первый раз, то ее код 51, при повторной обработке код станет 52 и т.д. Код этой поверхности у заготовки представлялся путем приписывания нуля (т. е. 50), а код этой поверхности готовой детали образовывался путем приписывания цифры 9, т. е. он будет 59.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое указание к практической работе.
- 3.2. Получить у преподавателя чертеж детали, пронумеровать поверхности детали.
- 3.3. Построить сетки и преобразованные чертежи детали (первая и вторая проекции).
- 3.4. Выполнить анализ построенных сеток с преобразованными чертежами.
- 3.5. Разработать план операций технологического процесса
- 3.6. Сформулировать выводы по работе

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы
- 4.2. Сетка и преобразованный чертеж детали (первая проекция).
- 4.3. Сетка и преобразованный чертеж детали (вторая проекция).
- 4.4. План операций технологического процесса.
- 4.5. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Какие задачи решаются при выполнении преобразования чертежа детали?
- 5.2. Назовите три разновидности размерного анализа технологических процессов, которые отличаются по способу выполнения.
- 5.3. Порядок построения сетки и преобразованного чертежа детали (первая проекция).
- 5.4. Порядок построения сетки и преобразованного чертежа детали (вторая проекция).
- 5.5. Перечислите комплекс работ, который должен быть осуществлен при выполнении размерного анализа.
- 5.6. Чему соответствует число осевых линий в преобразованном чертеже детали?
- 5.7. Сколько должно быть всех связей на сетке преобразованного чертежа детали?
- 5.8. Поясните цель разработки плана технологического процесса.
- 5.9. Что указывается в каждой операции плана технологического процесса?
- 5.10. В чем заключается правило присвоения номеров поверхностей, обработанных на каждом переходе.
- 5.11. Последовательность разработки плана технологического процесса.
- 5.12. Как в кодированном виде указываются допуски на размеры и допуски расположения.

Практическая работа 5

ПОСТРОЕНИЕ РАЗМЕРНОЙ СХЕМЫ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки построения размерных схем операционных размеров для проведения размерного анализа технологического процесса.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

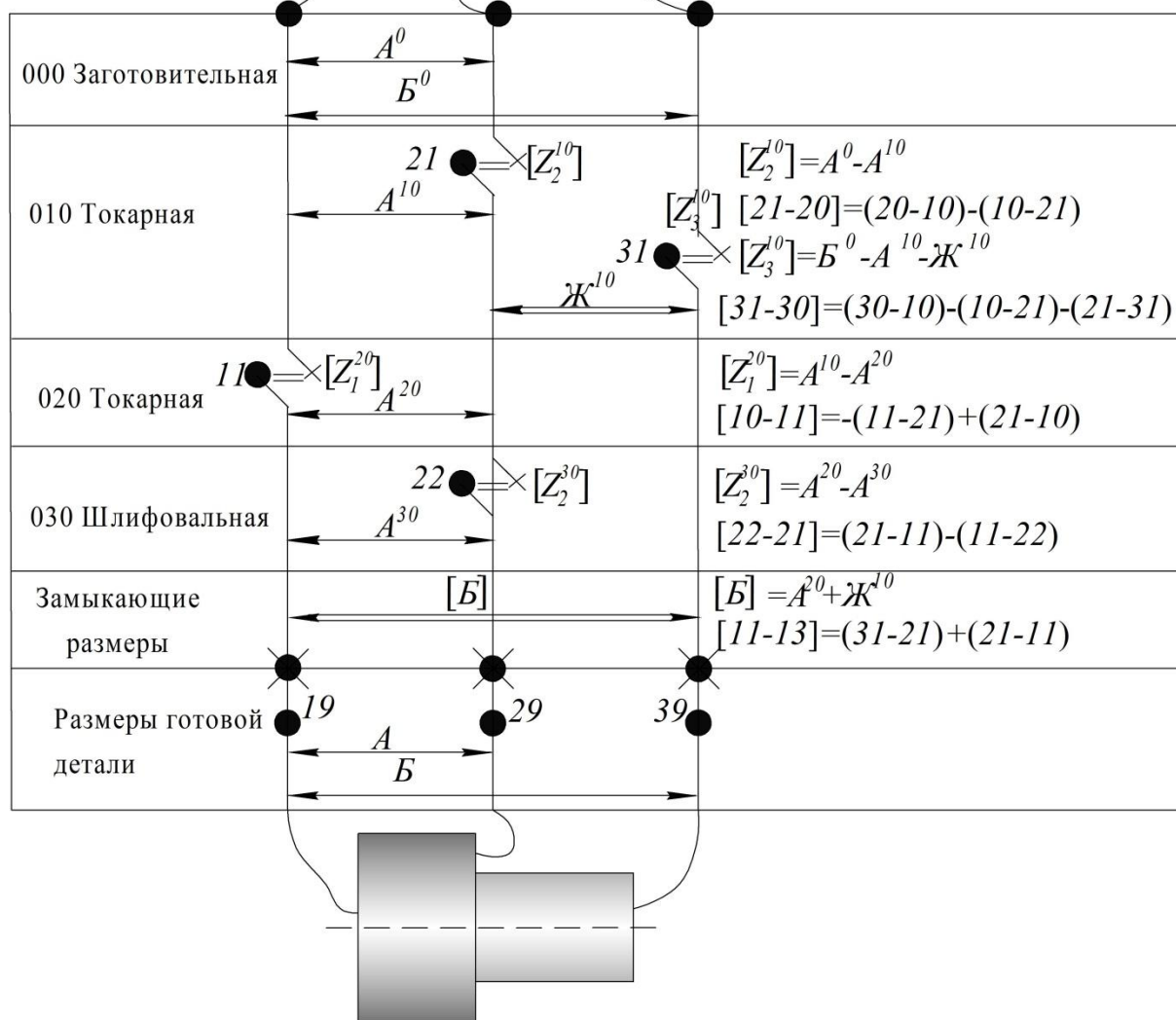
Размерные схемы представляют собой специальный технологический документ, в котором графически представляются размерные параметры детали на каждой технологической операции и иллюстрируются изменения каждого размерного параметра по мере выполнения технологического процесса. Используя размерную схему, выявляют размерные цепи, которые впоследствии подлежат решению.

Общий порядок построения размерных схем.

Наверху, посередине листа, вычерчивается преобразованный чертеж заготовки. На первую горизонтальную линию схемы выносят вертикальные линии с шагом, принятым при построении преобразованного чертежа и соответственно нумеруют. Зачерненным кружочком диаметром 2...3 мм обозначают координатные точки, существующие на заготовке. Затем на нулевой операции наносят все размерные связи на координатные точки заготовки, при этом число размеров должно быть на единицу меньше числа поверхностей которые этими размерами связаны. Ниже нулевой операции на схеме изображают первую операцию, под ней - вторую и т. д. С помощью условных обозначений, на размерную схему наносят размеры, поддерживаемые на каждой операции, снимаемые припуски и напуски. Сведения эти берутся из плана обработки.

Заполнение размерной схемы технологического процесса ведут последовательно от нулевой до последней операции. Операции одна от другой отделяются горизонтальными линиями. Все вертикали - это поверхности, существующие на заготовке, их опускают вниз до горизонтали первой операции. Вертикальные линии, имеющиеся и вновь появившиеся, опускают до второй операции и т.д. вплоть до последней операции технологического процесса. После последней операции на размерной схеме изображают замыкающие звенья, т. е. размеры чертежа, которые не выполнялись непосредственно в процессе обработки. Внизу размерной схемы помещают все размеры детали и ее преобразованный чертеж. Условные обозначения применяемые для построения размерных схем технологических процессов приведены в прил. Г.

Построение схемы линейных размеров.



22

На первой токарной операции возникли торцовые поверхности 31, 21. Возникновение этих поверхностей обозначено точками. Поверхности эти на операции возникают в результате снятия припуска с поверхности 30 (обозначение припуска 31-30) и с поверхности 20 (припуск 21-20), в результате чего появились и размеры J^{10} (в кодовом обозначении 21 31) и A^{10} (в кодах 10-21).

На операции 20 возникла поверхность 11 за счет снятия припуска Z^{10} (код 10-11). Поверхность 11 скоординирована относительно базовой поверхности 21 размером A^{20} (код 11-21). На операции 30 шлифовался торец, исчезла поверхность 21 и вновь возникла поверхность 22 (показана точкой). При этом был удален припуск 22-21.

На этом технологический процесс окончился. Схема подчеркивается горизонтальной чертой. Ниже оставляют пробел и под ним изображают преобразованный чертеж детали с продольными размерами. После этого проверяют, какие из чертежных размеров не выполнялись непосредственно на операциях.

Так, например, видно, что размер А (код 19-29) был выполнен на третьей операции (11-22). Размер Б (код 19-39) в предлагаемом варианте технологического процесса непосредственно не выполнялся. Следовательно, он будет получен как замыкающее звено. Его наносят двойной линией, и кроме того, буквенное обозначение берется в квадратные скобки. Слева от схемы дается графа «номер и краткое наименование операции».

Построение схемы диаметральных размеров.

Размерную схему (рис. 2) во второй проекции строят подобно первой, однако имеются и отличия. Справа от размерной схемы проводят вертикали, имитирующие оси каждой цилиндрической поверхности, а также каждой центральной фаски. Код оси образован той же цифрой, что и код цилиндрической поверхности, к которому справа приписан нуль. Например, ось поверхности, имеющей код 50, будет иметь код 500. Радиусы-звенья проводят от образующей цилиндрической поверхности до ее оси. Возникновение каждой цилиндрической поверхности отмечают на операциях жирной точкой, при этом старая ось исчезает и возникает новая, ось, которую также помечают жирной точкой. Вновь возникшая ось вместо нуля в конце кода имеет единицу (была ось 500, стала 501). Оси между собой могут быть соединены с помощью связи-отклонения от соосности (линия с кружочками на концах). Все эти связи берут из эскизов плана операций. Так, например, на операции 10 было указано техническое требование - допуск соосности, поверхностей 4 и 5 в кодовых обозначениях $E501 - 400 = 0 \pm 0,5$. На размерной схеме это требование выражено связью 400-501, которая нанесена в зоне операции 10 (токарная). При выявлении размерных контуров обход ведут по звеньям - радиусам, вертикалям и звеньям - отклонениям от соос-

ности. Если имеется замыкающее звено - отклонение от соосности, то обход ведут, только по осям и звеньям - отклонениям от соосности.

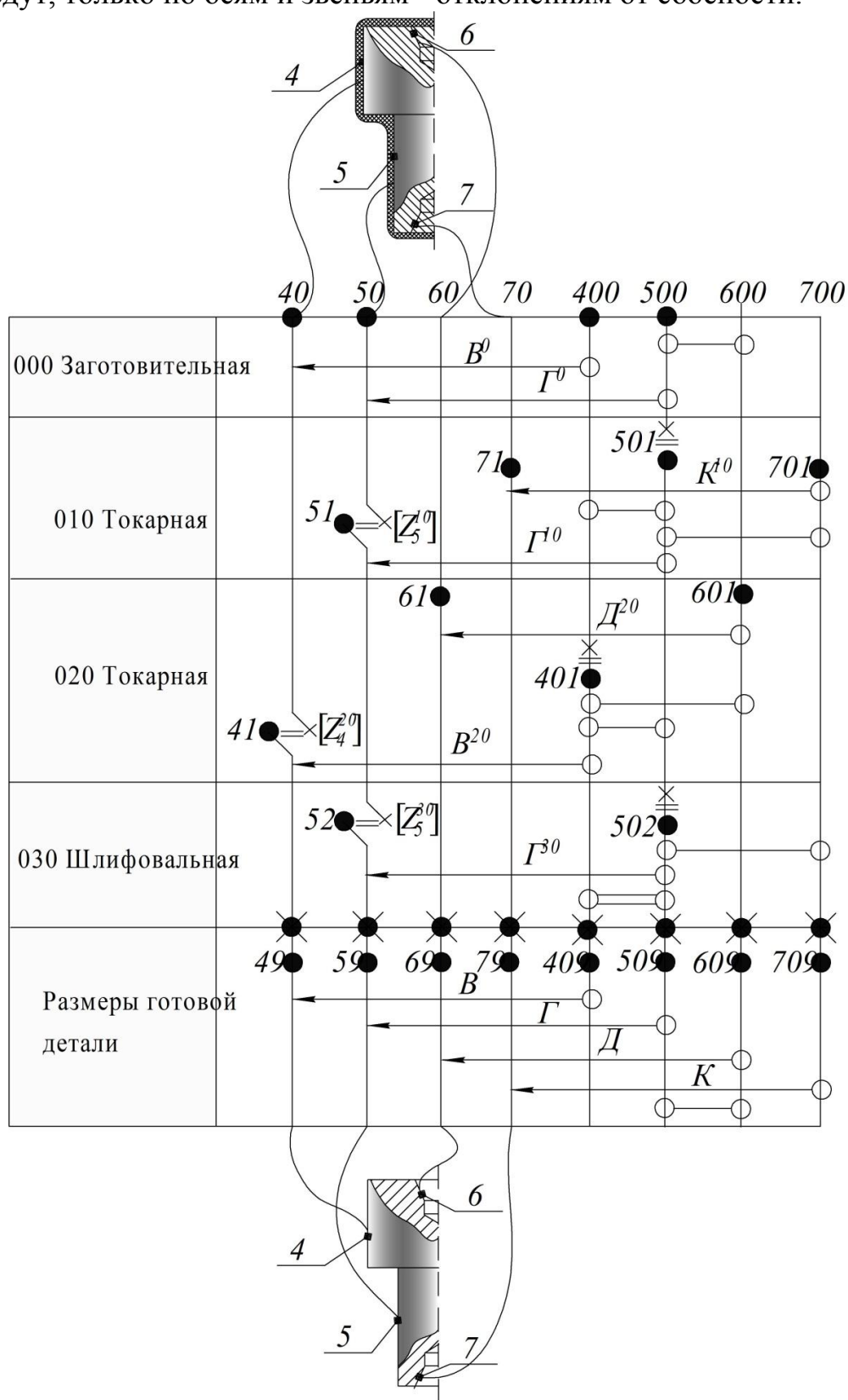


Рис. 2. Пример размерной схемы технологического процесса изготовления двухступенчатого вала (вторая проекция)

Уравнения размерных контуров схемы второй проекции:

$$\begin{aligned}- [Z_5^{10}] &= - \Gamma^{10} + (501 - 400) - (400 - 500) + \Gamma^0; \\- [50 - 51] &= - (51 - 501) + (501 - 400) - (400 - 500) + (500 - 50); \\- [Z_4^{20}] &= - B^{20} - (401 - 501) + (501 - 400) + B^0; \\- [40 - 41] &= - (41 - 401) - (401 - 501) + (501 - 400) + (400 - 40); \\- [Z_5^{30}] &= - \Gamma^{30} + (502 - 701) - (701 - 501) + \Gamma^{10}; \\- [51 - 52] &= - (52 - 502) + (502 - 701) - (701 - 501) + (501 - 51); \\- [401 - 502] &= (502 - 701) + (701 - 501) + (501 - 401).\end{aligned}$$

Построение схемы отклонений расположения.

К отклонениям расположения относятся следующие погрешности: отклонения от параллельности, соосности, перпендикулярности и др. При размерном анализе технологических процессов необходимо суммировать эти параметры друг с другом и с остальными размерными параметрами детали. При этом звенья – отклонения расположения должны быть заданы в линейных величинах.

Изображение схемы отклонений расположения (рис. 3) начинают с нанесения вертикальных линий, отстоящих одна от другой примерно на 5...10 мм. Эти линии повторяют все вертикали, которые были на размерной схеме (рис. 1). Нумерация линий берется из размерной схемы. Так, например, поверхность 1 имела кодовые номера 10 и 11, 19, поверхность

2-кодовые номера 20, 21, 22, 29 и т. д. Все эти поверхности с соответствующими кодами имеются на схеме пространственных отклонений. Однако если в схемах размеров указывались условными обозначениями припуски, например, между поверхностью 10 и 11 или 21 и 22 (рис. 1), то в данной схеме показывают только разрыв линий. Справа от этих вертикалей наносят вертикали, имитирующие горизонтальные поверхности (в данном случае оси цилиндрических поверхностей). Нумерацию осей берут из плана обработки или из схемы диаметральных размеров.

В промежутке между двумя группами вертикалей указывают знаком, что группы этих поверхностей и осей номинально перпендикулярны.

Соединяя между собой вертикали, графически показывают пространственные отклонения. Так, например, на операции 10 плана обработки (см. табл. 1, практическое занятие 4) было указано пространственное отклонение E501-400, смещение осей 400 и 501 на операции 10. Оно изображается путем соединения линий 400-501. В схеме диаметральных размеров допуск соосности (например, E400-501) рассматривался как допуск параллельного смещения осей. В этих же

пределах может иметь место и перекося осей (P400-501), что и изображено на схеме отклонений расположения.

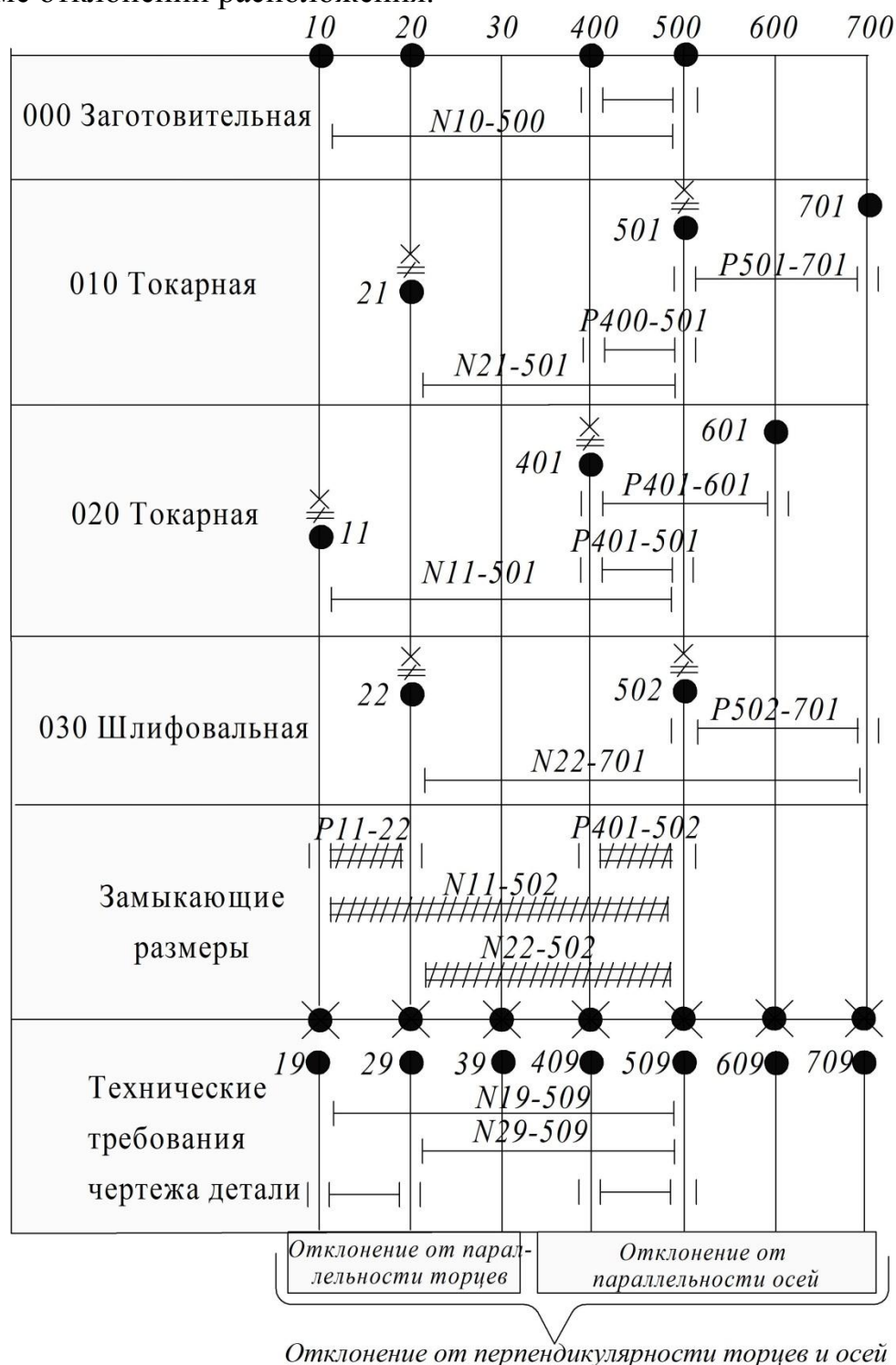


Рис. 3. Схема отклонений расположения (вал)

Аналогично изображаются все пространственные отклонения, имеющие отношение к указанным на схеме поверхностям и осям. Линии, соединяющие вертикали, лежащие по одну сторону среднего промежутка,

будут иллюстрировать пространственные отклонения между параллельными поверхностями (т.е. величины отклонений от параллельностей). Линии, соединяющие вертикали, лежащие по обе стороны промежутка, иллюстрируют величины отклонений от перпендикулярности поверхностей и осей.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Изучить методическое указание к практической работе.

3.2. Используя план операций технологического процесса, разработанный при выполнении практической работы 4 разработать размерную схему технологического процесса механической обработки детали (первая и вторая проекции).

3.3. Сформулировать выводы по работе

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Цель работы

4.2. Размерные схемы технологического процесса механической обработки детали (первая и вторая проекции).

4.3. Вывод по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Поясните термин «Размерная схема технологического процесса»

5.2. Какие задачи решаются с использованием размерных схем технологических процессов?

5.3. Назовите последовательность построения размерных схем технологических процессов.

5.4. Методика заполнения размерной схемы технологического процесса.

5.5. Поясните правило изменения кодов поверхностей на размерной схеме технологического процесса.

5.6. Какие размеры указываются на нулевой операции технологического процесса?

5.6. В чем состоят отличия при построении размерных схем диаметральных и линейных размеров?

5.7. По каким признакам проверяют размерные схемы технологических процессов?

Практическая работа 6

ВЫДЕЛЕНИЕ И РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки выделения и расчета операционных размерных цепей при проведении размерного анализа технологического процесса.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

После построения схемы приступают к выявлению размерных цепей. Для этого необходимо выявить операционные размерные цепи. Для выявления операционной размерной цепи начинают обход слева направо по замыкающему звену и двигаются по вертикалям схемы и составляющим звеньям до тех пор, пока не придут к исходной точке, т. е. к началу замыкающего звена. Все звенья записывают в уравнение. В левой части уравнения записывается замыкающее звено, а в правой - составляющие со своими знаками (увеличивающие - плюс, уменьшающие - минус). Число уравнений в результате всех обходов должно оказаться равным числу замыкающих звеньев. Операционные размерные цепи целесообразно изображать отдельно (рис. 1).

Размеры чертежа, которые получены в ходе выполнения технологического процесса непосредственно на той или иной операции, наносятся более жирными размерными линиями (например, размерная линия A^{30} на операции 30). Технологические размеры (например, A^0 , A^{10} на операциях 0, 10, размер $Ж^{10}$ на операции 10) наносят тонкими линиями. Те и другие размерные линии желательно отличать, так как первые относятся к группе размеров 8 + изо (известный окончательный размер), а вторые - к группе 6 - опр (промежуточный операционный размер с неизвестным номиналом, который необходимо определить).

Правила обхода контуров:

1) обход допустим только по одному замыкающему звену (слева направо), с которого он начат; проход через другие замыкающие звенья недопустим и должен быть осуществлен только через составляющие звенья;

2) при обходе нельзя проходить по размерным линиям преобразованного чертежа;

3) обход недопустим через разрывы осевых линий. При правильном построении размерных схем всегда имеется только один возможный маршрут обхода.

Если оказалось, что маршрутов более одного, это свидетельствует о наличии излишних размеров или технических требований по отклонениям от соосности.

Выявленные операционные размерные цепи рассчитывают методом максимума-минимума. Значения операционных допусков составляющих звеньев принимают по [6], величины минимальных межоперационных припусков по прил. Д, табл. Д.1, Д.2, Д.3 или по [8].

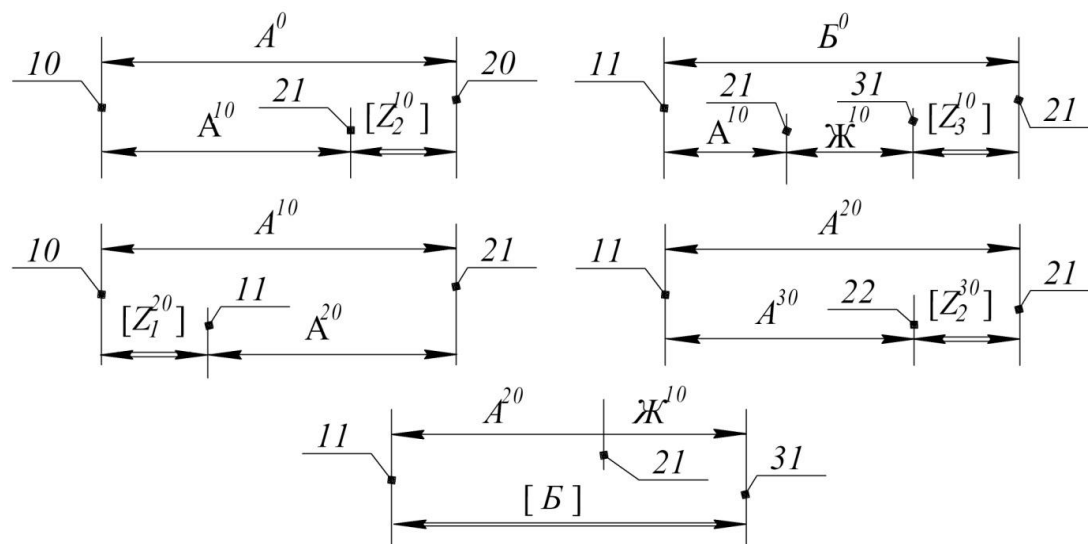


Рис. 1. Операционные размерные цепи размерной схемы технологического процесса изготовления двухступенчатого вала (первая проекция)

В операционных размерных цепях решается задача по определению номиналов размеров и отклонений, при которых в результате выполнения всего технологического процесса деталь будет полностью соответствовать чертежу по всем точностным параметрам. Звеньями операционных цепей являются размеры, или иные точностные параметры детали на различных стадиях ее изготовления: припуски; биение, отклонения от соосности, параллельности, перпендикулярности, изогнутость оси, а так же толщины покрытий. Операционные размерные цепи представляют собой совокупность размеров, образующих замкнутый контур и определяющих связь между операционными размерами на различных стадиях обработки

Размеры обрабатываемой детали, которые операционной карте предписаны к обязательному исполнению в пределах заданных допусков, являются составляющими звеньями операционной размерной цепи.

Размер обрабатываемой детали, который получается в результате выполнения составляющих звеньев, называется замыкающим звеном операционной размерной цепи. На операционных эскизах технологического процесса должны указываться только составляющие звенья.

При расчете операционных, размерных цепей, решают проектные и проверочные задачи. Решая проектные задачи при размерном анализе проектируемых технологических процессов, исходя из окончательных размеров детали, определяют промежуточные операционные размеры и размеры заготовки.

Решение проверочных задач при размерном анализе действующих или спроектированных технологических процессов позволяет по известным характеристикам составляющих звеньев определять характеристики замыкающих звеньев, например наибольшее и наименьшее значение операционных припусков или чертежных размеров непосредственно не выполняемых при обработке.

Пример постановки проектной задачи. Дана операционная размерная цепь (рис. 2), состоящая из трех составляющих звеньев A_1 , A_2 , A_3 и замыкающего звена A_0 . Звенья A_1 и A_2 являются известными окончательными размерами, они имеют известный номинал и предельные отклонения.

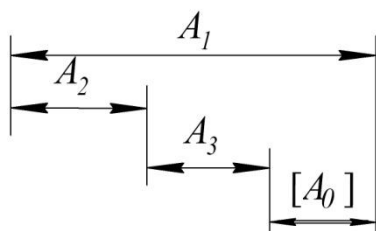


Рис. 2. Операционная размерная цепь

Звено A_3 - определяемое, заданы его предельные отклонения, а номинал не известен. У замыкающего звена A_0 заданы предельные и исходное значения. Исходным значением в данном примере является наименьшее предельное значение. При решении проектной задачи следует рассчитать величину номинала определяемого звена A_3 , при необходимости произвести округление полученного результата и проверить, не выходят ли расчетные предельные значения замыкающего звена A_0 за его регламентированные значения.

Пример постановки проверочной задачи.

Дана операционная размерная цепь (рис. 2), состоящая из трех составляющих звеньев A_1 , A_2 , A_3 и замыкающего звена A_0 . У всех составляющих звеньев известны номиналы и предельные отклонения, звенья A_1 и A_2 являются окончательными размерами, A_3 - промежуточный операционный размер. У замыкающего звена A_0 регламентированы предельные значения. При решении проверочной задачи следует, исходя из заданных значений составляющих звеньев, рассчитать предельные значения замыкающего звена и сравнить их с регламентированными предельными значениями.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое указание к практической работе.
- 3.2. Используя размерную схему технологического процесса механической обработки детали (первая проекция) полученную при выполнении практической работы 5 составить операционные размерные цепи.
- 3.3. Определить номинальные размеры составляющих звеньев.
- 3.4. Определить значения допусков составляющих звеньев.

3.5. Рассчитать размер и допуск замыкающего звена анализируемых размерных цепей.

3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Цель работы

4.2. Операционные размерные цепи размерной схемы технологического процесса механической обработки детали.

4.3. Расчет номинальных размеров составляющих звеньев.

4.4. Значения допусков составляющих звеньев.

4.5. Расчет размеров и допусков замыкающих звеньев анализируемых размерных цепей.

4.6. Вывод по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Поясните понятие – «операционные размерные цепи».

5.2. Приведите примеры особых звеньев операционных размерных цепей.

5.3. Назовите правила обхода контуров при выявлении операционных размерных цепей.

5.4. Каким методом рассчитывают операционные размерные цепи?

5.5. Какие размеры являются звеньями операционных размерных цепей?

5.6. Цели постановки проектных задачи при размерном анализе x технологических процессов?

5.7. Какие размеры являются замыкающими звеньями операционных размерных цепей?

5.8. Цели постановки проверочных задач при размерном анализе технологических процессов?

5.9. Какие размеры являются составляющими звеньями операционной размерной цепи?

5.10. Назовите звенья, которые должны указываться на операционных эскизах технологического процесса.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Мухин В.С. Расчет технологических размеров: учеб. пособие. – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2004. – 205 с.
2. Размерно-точностное проектирование технологических процессов обработки на основе расчета технологических размерных цепей: учеб. пособие. Компьютерная версия. – 2-е изд., перер. и доп. / С.Н. Корчак и др. Под общ. ред. В.И. Гузеева. – Челябинск: ЮУрГУ, 2006. – 101 с.
3. РД 50-635-87. Методические указания цепи размерные основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей. – Издательство стандартов, 1987.
4. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
5. Солонин И.С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей./ И.С. Солонин, С.И. Солонин. – М.: Машиностроение, 1980 – 110 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
7. Шамин В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Компьютерная версия учебного пособия. – 4-е изд., перер. / В.Ю. Шамин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 530 с.
8. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога / А.Г.Косилова и др. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
9. Размерный анализ технологических процессов обработки / И.Г. Финдлендер и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 141 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Пример расчета к практической работе 1

Для плоскостной размерной цепи, представленной на рис. 1, определить номинальный размер A_0 и допуск δ_0 замыкающего звена. Дано: $A_1=30\pm0,05\text{мм}$, $A_2=60\pm0,2\text{мм}$, $A_3=60\pm0,2\text{мм}$, $A_4=88\pm0,3\text{мм}$, $A_5=40\pm0,1\text{мм}$, $\beta=30^\circ$.

Из схемы размерной цепи следует, что звенья A_3 и A_4 являются увеличивающими, а звенья A_1 , A_2 и A_5 – уменьшающими.

$$A_0 = (A_3 \cos 60^\circ + A_4 \cos 30^\circ) - (A_1 \cos 0^\circ + A_2 \cos 30^\circ + A_5 \cos 60^\circ);$$

$$A_0 = (60 \cdot 0,5 + 88 \cdot 0,87) - (30 + 60 \cdot 0,87 + 40 \cdot 0,5) = 3,8\text{мм}.$$

При расчете по методу максимума и минимума допуск замыкающего звена:

$$TA_0 = 0,1 + 0,4 \cdot 0,87 + 0,4 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 0,87 + 0,2 \cdot 0,5 = 1,25\text{ мм}.$$

Следовательно, $A_0=3,8\pm0,63\text{мм}$

При расчете по вероятностному методу примем для всех звеньев $K_i=1.2$ и определим δ_A :

$$TA_0 = 1,2 \sqrt{0,1^2 + 0,4^2 \cdot 0,87^2 + 0,4^2 \cdot 0,5^2 + 0,6^2 \cdot 0,87^2 + 0,2^2 \cdot 0,5^2} = \\ = 1,2 \cdot \sqrt{0,45} = 0,8\text{мм}.$$

Следовательно, $A_0=3,8\pm0,4\text{мм}$.

Если на угол β задан допуск, например, $\beta=30^\circ\pm6'$, т.е. допуск $\delta_\beta^\circ=0,2^\circ$, то величина допуска замыкающего звена и будет равна:

- при расчете по методу максимума и минимума

$$TA_0 = \sum_{i=1}^n T_i' + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_\beta^\circ}{57} A_i \sin \beta_i.$$

Вычислим второе слагаемое этого уравнения:

$$\frac{\delta_\beta^\circ}{57} \sum (A_2 \sin 30^\circ + A_3 \sin 60^\circ + A_4 \sin 30^\circ + A_5 \sin 60^\circ) = \frac{0,2}{57} (30 + 52 + 44 + 34,6) = 0,58\text{мм}.$$

Следовательно, $TA_0=1,25+0,58=1,83\text{мм}$ и $A_0=3,8\pm0,92\text{мм}$;

- при расчете по вероятностному методу

$$T_0 = K_i \sqrt{\sum_{i=1}^n T_i^2 \cos^2 \beta_i + \sum_{i=1}^n (T_\beta \frac{A_i}{57} \sin \beta_i)^2},$$

Вычислим второе слагаемое под корнем:

$$\sum_{i=1}^n \frac{T_\beta^2}{57^2} A_i^2 \sin^2 \beta_i = \frac{0,2^2}{57^2} (30^2 + 52^2 + 44^2 + 34,6^2) = 0,083;$$

Следовательно, $TA_0=1,2\sqrt{0,45+0,083}=0,88\text{мм}$ и $A_0=3,8\pm0,44\text{мм}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Пример расчета к практической работе 2

Для размерной цепи, представленной на рис. 1, определить допуск и предельные отклонения замыкающего звена β_0 на длине $l_0=300$ мм.

Дано $\beta_1=+0,01/100$ мм/мм, $\beta_2=-0,06/600$ мм/мм.

Приведем к базовой длине $l_0=300$ мм, β_1 и β_2 .

Передаточные отношения этих звеньев будут равны

$$\xi_1 = \frac{300}{100} = 3 \text{ и } \xi_2 = \frac{300}{600} = 0,5.$$

Соответственно получаем:

$$\beta_1 = \frac{0,01 \cdot 3}{300} = \frac{0,03}{300} \text{ мм/мм}; \quad \beta_2 = \frac{-0,06 \cdot 0,5}{300} = \frac{-0,03}{300} \text{ мм/мм}.$$

Отбросив знаменатели, будем рассматривать размерную цепь как линейную с номинальными размерами звеньев, равными нулю. Тогда допуски составляющих звеньев линейной размерной цепи будут равны: $T_1=0,03$ мм и $T_2=0,03$ мм. При расчете на максимум и минимум допуск замыкающего звена размерной цепи по) будет равен $T_0=0,03+0,03=0,06$ мм. Координаты середин полей допусков составляющих звеньев равны $\Delta_{01}=0,15$ мм и $\Delta_{02}=-0,15$ мм. Так как звенья β_1 и β_2 являются увеличивающими, то координата середины поля допуска замыкающего звена

$$\Delta_{0\Delta}=0,015+(-0,015)=0.$$

Предельные отклонения размера замыкающего звена будут равны:

$$\Delta_{\beta 0}=+0,03 \text{ мм}; \quad \Delta_{\beta 0}=-0,03 \text{ мм}.$$

Переходя от линейных размеров к угловым $\beta_0=\pm 0,03/300$ мм/мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Пример расчета к практической работе 3

Для вала (рис. 2) определить допуск и предельные отклонения размера замыкающего звена, если дано: $B_0=300$ мм; $A_3=300\pm 0,1$ мм; $l_1=600$ мм; $l_2=200$ мм.

Радиальное биение подшипников равно $0,04$ мм, следовательно, $A_1=0,04$ мм.

Передаточные отношения для звеньев A_1 и A_2

$$\xi_1 = \frac{600 + 200}{600} = \frac{4}{3}; \quad \xi_2 = \frac{200}{600} = \frac{1}{3}.$$

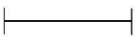
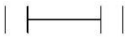
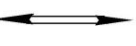
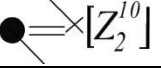
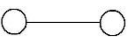
При расчете размерной цепи по вероятностному методу вычислим коэффициент K_A , приняв для всех звеньев $K_i=1,2$:

$$K_X = 1 + \frac{0,11 \sqrt{1,2^2 + \left(\frac{4}{3}\right)^2 \cdot 0,004^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot 0,04^2}}{0,2 + 0,04 \cdot \frac{4}{3} + 0,04 \cdot \frac{1}{3}} = 1,09.$$

Примем $K_X^2 = 0,65$ и получим

$$TA_0 = \frac{1}{1,09} \sqrt{1,2^2 \cdot 0,2^2 + 0,65 \cdot 0,04^2 \left(\frac{4^2}{3^2} + \frac{1^2}{3^2} \right)} = 0,23; \quad B_0 = 300 \pm 0,115.$$

Приложение Г – Графические обозначения для построения размерных схем технологических процессов

Исчезающая в операции поверхность		Вновь возникающая в операции поверхность	
Исчезающая и вновь возникающая в операции осевая линия		Исчезающая и вновь возникающая в операции поверхность	
Радиус цилиндрической поверхности		Размер между поверхностями (составляющее звено с известным номиналом)	
Отклонение от перпендикулярности поверхности		Отклонение от параллельности поверхности	
Исчезающая и вновь возникающая в операции осевая линия при её смещении (замыкающее звено используется для поиска номиналов)		Исчезающая и вновь возникающая в операции осевая линия при её смещении (замыкающее звено используемое для поиска номиналов составляющих звеньев)	
Замыкающее звено, используемое для поиска номинальных значений составляющих звеньев		Замыкающее звено, не используемое для поиска номинальных значений составляющих звеньев	
Размер между поверхностями (замыкающее звено не используемое для поиска номиналов)		Размер между поверхностями (замыкающее звено используемое для поиска номиналов)	
Припуск, удаляемый на операции 10 с поверхности 2		Отклонение от соосности поверхности	

Приложение Д. Справочные материалы к практической работе 6

Таблица Д.1 – Статистические погрешности механической обработки

Вид обработки	Оборудование и методы обработки	Проходы	Шероховатость		Точность					
			R _z	R _a	диаметров	размеров до 500, мм	геометрической формы и расположения поверхностей [мкм/мм]			
							ρ _{фп}	ρ _{фц}	ρ _{рп}	ρ _{рч}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Токарная	Токарные станки с ЧПУ	1	80	2,5	9-11	0,20-0,30	0,5-1,5	1-3	0,8-2	0,5-2
		2	-		6-8	0,12-0,20	0,1-0,2	0,2-0,5	0,05-0,2	0,3-1,5
Сверление	Сверлильные станки с ЧПУ.	-	80	-	12-13	0,1	-	0,2-1	1-2	-
	Координатно-расточные и многоцелевые станки с ЧПУ	-	80	-	12-13	0,02	-	0,2-1	1-2	-
Зенкерование	Сверлильные станки с ЧПУ.	-	80	-	12-13	0,1	-	0,15-0,8	0,8-1,5	
	Координатно-расточные и многоцелевые станки с ЧПУ.	-	80	-	12-13	0,02	-	0,15-0,8	0,8-1,5	
	То же, Зенкерование – после сверления	-	-	40	10-11	-	-	0,1-0,2	0,15-0,3	-
	То же, развертывание	-	-	2,5	6-7	-	-	0,05-0,1	-	-
Растачивание	Координатно-расточные и многоцелевые станки с ЧПУ	1	80	-	8-9	0,05	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Растачивание	Координатно-расточные и многоцелевые станки с ЧПУ	2	-	2,5	6-7	0,02	0,02-0,04	0,03-0,05	0,02-0,05	0,0-0,1
Фрезерование	Фрезерные станки с ЧПУ Многоцелевые станки с ЧПУ.	1	80	-	12-13	0,25	0,1-0,5	-	0,1-1	-
		2	-	2,5	10-11	0,15	0,05-0,1	-	0,05-0,2	-
		3	-	1,25	7-9	0,05-0,08	-	-	-	-
Шлифование	Кругло-шлифовальные станки	1	-	2,5	10	-	0,08-0,25	0,05-0,15	0,15-0,5	0,5-
		2	-	0,63	6-7	-	0,05-0,08	0,02-0,08	0,05-0,15	0,8-0,8
		3	-	0,16	5-6	-	-	-	-	-
	Внутри-шлифовальные станки	1	-	2,5	10	0,20-0,30	0,08-0,25	0,05-0,15	0,15-0,5	0,5-2
		2	-	0,63	6-7	0,12-0,20	0,06-0,08	0,02-0,08	0,05-0,15	0,5-0,8
		3	-	0,16	5-6	0,06-0,12	-	-	-	-

Примечания: 1. $r_{\text{пл}}$ - отклонения от плоскости и прямолинейности 2. $r_{\text{фц}}$ - отклонения от цилиндричности (конусообразность, бочкообразность, овальность, огранка) 3. $r_{\text{рп}}$ - отклонение от перпендикулярности торцевое биение 4. $r_{\text{рц}}$ - радиальное биение

Таблица Д.2 – Шероховатость и величина дефектного слоя поверхностей, полученных различными методами

Метод обработки	Шероховатость, мкм	Дефектный слой, мкм
Литье в песчано-глинистую форму	80...500	150...600
Литье в металлические формы	100...200	100...300
Литье в оболочковые формы	20...80	150...250
Литье по выплавляемым моделям	20...40	80...150
Литье под давлением	10...40	60...120
Ковка	300...500	400...600
Штамповка	80...250	100...300
Прокат горячекатаный	50...150	80...150
Прокат холодноотянутый	40...80	50...100
Точение черновое	80...150	50...100
Точение получистовое	30...50	40...60
Точение чистовое	15...25	20...30
Точение тонкое	6...10	10...20
Сверление	80...150	50...100
Зенкерование черновое	30...50	40...50
Зенкерование чистовое	20...30	30...40
Развертывание предварительное	10...20	15...25
Развертывание чистовое	6...10	5...10
Растачивание алмазное	3,2...6,3	4...10
Фрезерование обдирочное	80...150	80...100
Фрезерование чистовое	20...50	40...60
Фрезерование тонкое	3,2...6,3	10...30
Протягивание черновое	6...10	10...20
Протягивание чистовое	3,2...6,3	5...10
Растачивание черновое	40...80	50...100
Растачивание чистовое	10...20	15...30
Шлифование черновое	20...40	30...50
Шлифование чистовое	5...10	15...-25
Шлифование тонкое	1,5...3,5	5...10
Хонингование	1...3	3...6

Таблица Д.3 – Точность размеров заготовок

Способ получения заготовки, вид производства	Материал заготовки	Квалитет
Литье в песчано - глинистую форму. Серийное и единичное производство	Чугун, сталь, алюминиевые сплавы	14...17
Литье под давлением. Серийное производство	Алюминиевые сплавы	12...15
	Сталь	12...14
Литье в кокиль. Серийное и единичное производство.	Алюминиевые сплавы	12...15
	Чугун и сталь	14...17
Литье в оболочковые формы серийное производство	Чугун и сталь	14...16
	Алюминиевые сплавы	12...15
Литье по выплавляемым моделям. Серийное производство	Сталь	12...16
Штамповка	Сталь, цветные металлы и сплавы	12...14
Ковка		12...15
Прокат калибровочный		8...12

Зак. 100/17. Объем 2,5 п.л.

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»