

**РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ
ВТУЛКИ ПО ЛИНЕЙНЫМ РАЗМЕРАМ**

БНТУ, ОАО «Амкодор-Белвар», ОАО «БЗА»

Минск, Беларусь

Размерный анализ технологических процессов позволяет еще на стадии технологического проектирования решить важнейшие задачи, приводящие к значительной экономии материальных затрат на производство с улучшением качества проектируемых технологических процессов и изделия в целом. В статье рассмотрена наиболее типичная задача размерного анализа технологического процесса по линейным размерам. Приведен пример её решения с помощью теории графов.

1. Разработка размерной схемы технологического процесса и выявление технологических размерных цепей.

Строим технологическую размерную цепь рассматриваемого техпроцесса (рис. 1.).

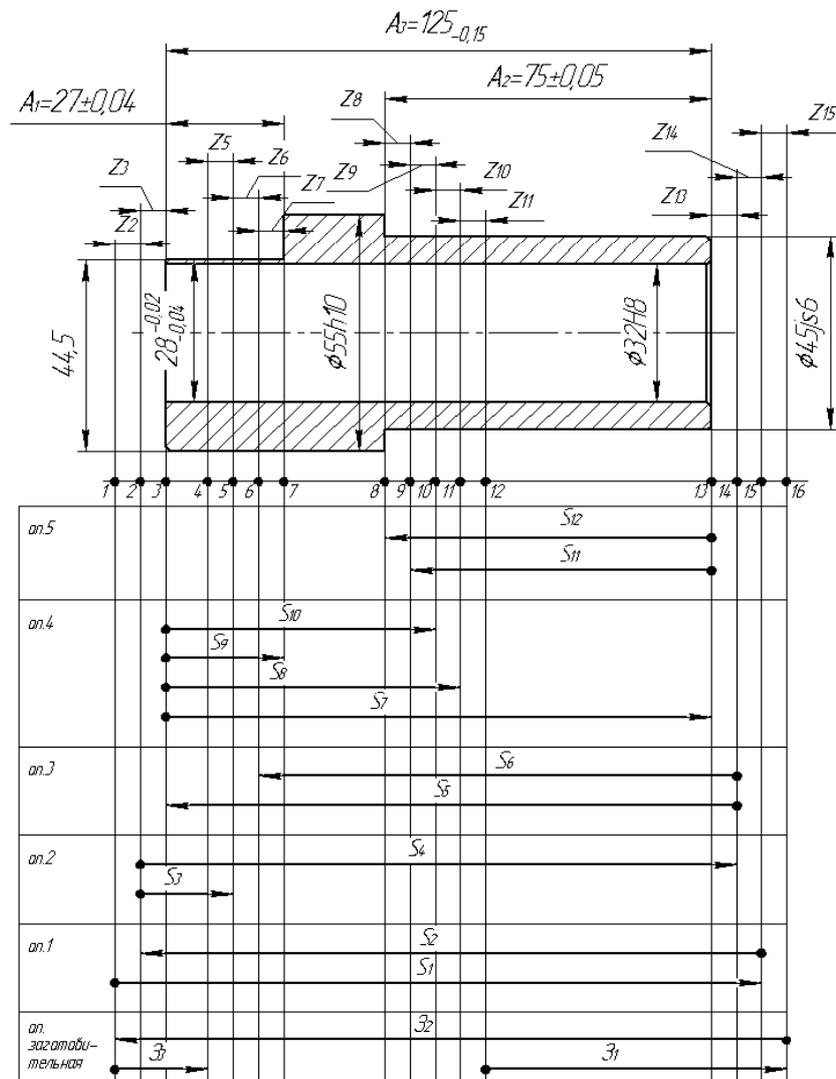


Рис. 1. Размерная схема техпроцесса

2. Выявление технологических размерных цепей с помощью теории графов.

Приняв поверхности заготовки и детали за вершины, размерные связи между ними за ребра, чертеж детали с конструкторскими и технологическими размерами можно представить в виде двух деревьев. Дерево с конструкторскими размерами и припусками на обработку называется исходным (рис. 3.), а дерево с технологическими размерами и размерами заготовки – производным или технологическим (рис. 2.). Если оба дерева совместить, то такой совмещенный граф позволяет в закодированной форме представить геометрическую структуру технологического процесса обработки детали (рис. 4.). По нему выявляют технологические размерные цепи (рис. 5.), [1, с.48].

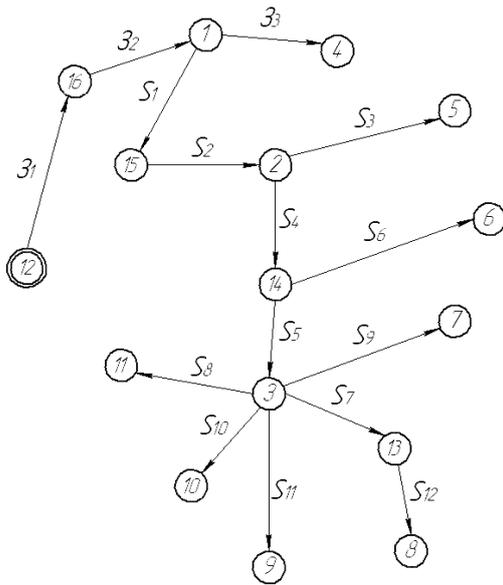


Рис. 2. Граф производного дерева

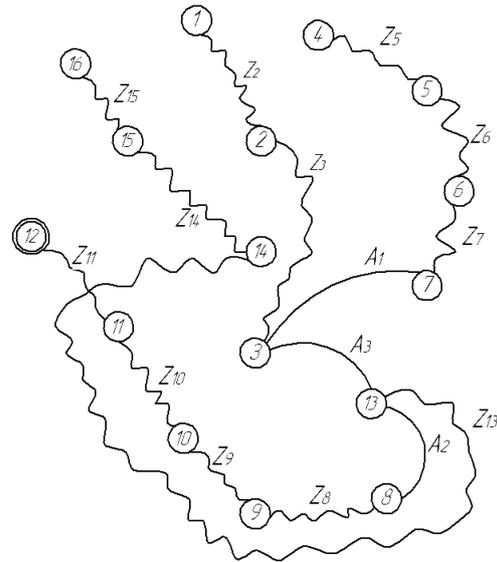


Рис. 3. Граф исходного дерева

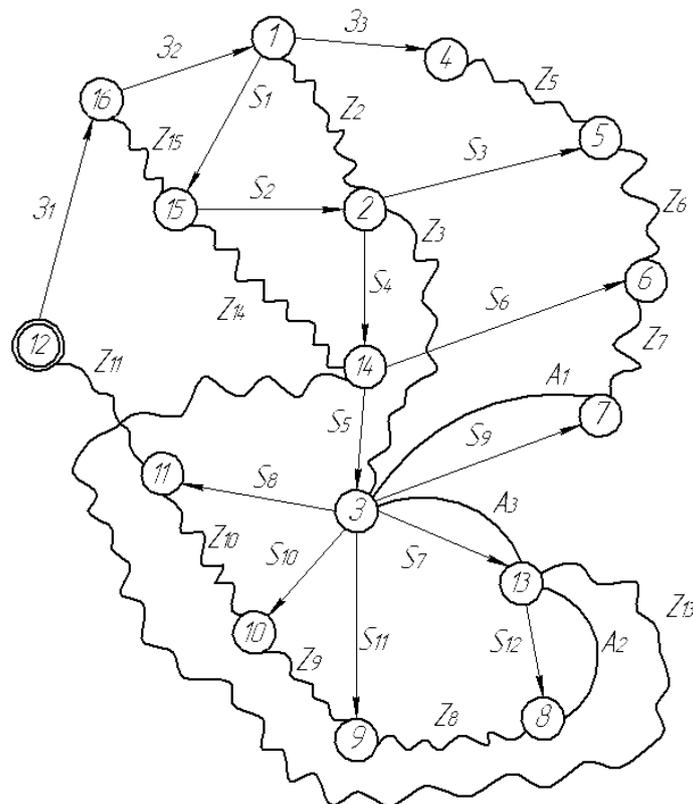


Рис. 4. Граф совмещенного дерева

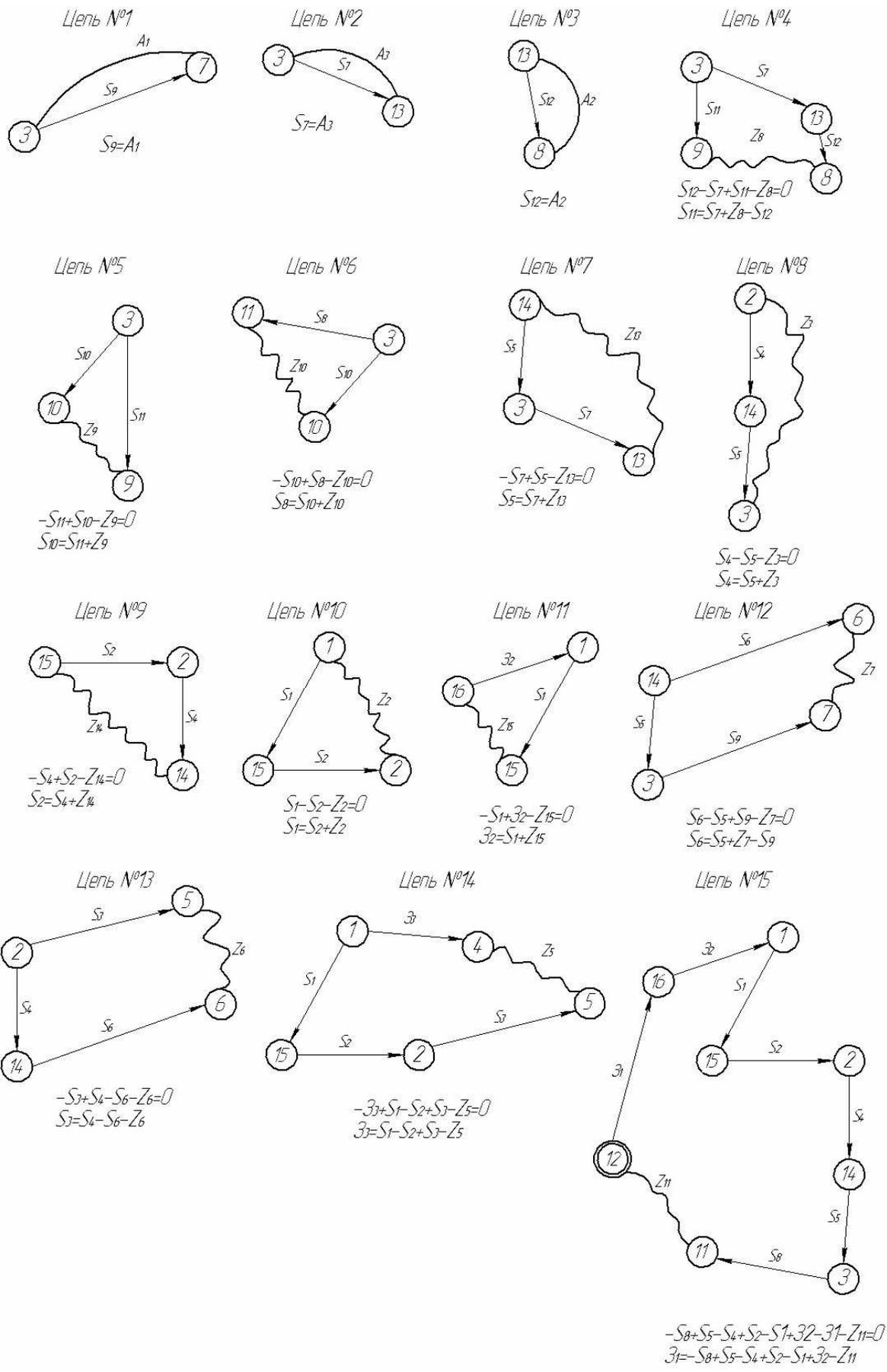


Рис. 5. Технологические размерные цепи
Составляем расчетные и исходные уравнения выявленных размерных цепей (табл.1).

Таблица 1 - Расчетные зависимости для определения размерных параметров составляющих звеньев технологических размерных цепей

№ п/п	Расчетное уравнение	Исходное уравнение	Определяемый размер
1	$-A_1+S_9=0$	$A_1=S_9$	S_9
2	$-A_3+S_7=0$	$A_3=S_7$	S_7
3	$-A_2+S_{12}=0$	$A_2=S_{12}$	S_{12}
4	$S_{12}-S_7+S_{11}-Z_8=0$	$Z_8=S_{12}-S_7+S_{11}$	S_{11}
5	$-S_{11}+S_{10}-Z_9=0$	$Z_9=S_{10}-S_{11}$	S_{10}
6	$-S_{10}+S_8-Z_{10}=0$	$Z_{10}=S_8-S_{10}$	S_8
7	$-S_7+S_5-Z_{13}=0$	$Z_{13}=S_5-S_7$	S_5
8	$S_4-S_5-Z_3=0$	$Z_3=S_4-S_5$	S_4
9	$-S_4+S_2-Z_{14}=0$	$Z_{14}=S_2-S_4$	S_2
10	$S_1-S_2-Z_2=0$	$Z_2=S_1-S_2$	S_1
11	$-S_1+3Z_2-Z_{15}=0$	$Z_{15}=3Z_2-S_1$	Z_2
12	$S_6-S_5+S_9-Z_7=0$	$Z_7=S_6-S_5+S_9$	S_6
13	$-S_3+S_4-S_6-Z_6=0$	$Z_6=S_4-S_6$	S_3
14	$-3Z_3+S_1-S_2+S_3-Z_5=0$	$Z_5=S_1-3Z_3-S_2+S_3$	Z_3
15	$-S_8+S_5-S_4+S_2-S_1+3Z_2-Z_{11}=0$	$Z_{11}=S_5-S_8-S_4+S_2-S_1+3Z_2-Z_{11}$	Z_{11}

3. Расчет технологических размерных цепей.

Методика расчета технологических размерных цепей зависит от того, что является замыкающим звеном размерной цепи – припуск или конструкторский размер. В первом случае расчеты значительно сложнее.

Конструкторские размеры по чертежу детали:

$$A_1=27\pm 0,04 \text{ мм}; A_2=75\pm 0,05 \text{ мм}; A_3=125_{-0,15} \text{ мм}.$$

Назначаем припуски на механическую обработку:

$$Z_{2min}=Z_{5min}=Z_{11min}=Z_{15min}=2,3 \text{ мм}; Z_{3min}=Z_{6min}=Z_{10min}=Z_{14min}=0,8 \text{ мм};$$

$$Z_{7min}=Z_{9min}=Z_{13min}=0,5 \text{ мм}; Z_{8min}=0,3 \text{ мм}.$$

Цепь №1: $-A_1+S_9=0$; $S_9=A_1=27\pm 0,04 \text{ мм}$.

Цепь №2: $-A_3+S_7=0$; $S_7=A_3=125_{-0,15} \text{ мм}$.

Цепь №3: $-A_2+S_{12}=0$; $S_{12}=A_2=75\pm 0,05 \text{ мм}$.

Цепь №4: $S_{12}-S_7+S_{11}-Z_8=0$; $Z_{8min}=S_{12min}-S_{7max}+S_{11min}$;

$$S_{11min}=S_{7max}+Z_{8min}-S_{12min}=125+0,3-74,95=50,35 \text{ мм}.$$

Назначаем допуск на размер S_{11min} по 11 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{11min}=0,19 \text{ мм}, ES=0 \text{ мм}; EI=-0,19 \text{ мм}.$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_{11}=50,35+0,19=50,54_{-0,19} \text{ мм}$.

Номинальный размер и предельные отклонения припуска:

$$Z_8=S_{12}-S_7+S_{11}=75\pm 0,05-125_{-0,15}+50,54_{-0,19}=0,54_{-0,24}^{+0,2} \text{ мм}.$$

Цепь №5.

$$-S_{11}+S_{10}-Z_9=0; Z_{9min}=S_{10min}-S_{11max}; S_{10min}=S_{11max}+Z_{9min}=50,54+0,5=51,04 \text{ мм}.$$

Назначаем допуск на размер S_{10min} по 12 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{10min}=0,3 \text{ мм}, ES=0 \text{ мм}; EI=-0,3 \text{ мм}.$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_{10}=51,04+0,3=51,34_{-0,3} \text{ мм}$.

Номинальный размер и предельные отклонения припуска:

$$Z_9=S_{10}-S_{11}=51,34_{-0,3}-50,54_{-0,19}=0,8_{-0,3}^{+0,19} \text{ мм}.$$

Цепь №6.

$$-S_{10}+S_8-Z_{10}=0; Z_{10min}=S_{8min}-S_{10max}; S_{8min}=S_{10max}+Z_{10min}=51,34+0,8=52,14 \text{ мм}.$$

Назначаем допуск на размер S_{8min} по 13 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{8min}=0,46 \text{ мм}, ES=0 \text{ мм}; EI=-0,46 \text{ мм}.$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_8=52,14+0,46=52,6_{-0,46} \text{ мм}$.

Номинальный размер и предельные отклонения припуска:

$$Z_{10}=S_8-S_{10}=52,6_{-0,46}-51,34_{-0,3}=1,26_{-0,46}^{+0,3} \text{ мм.}$$

Цепь №7. $-S_7+S_5-Z_{13}=0$; $Z_{13min}=S_{5min}-S_{7max}$; $S_{5min}=S_{7max}+Z_{13min}=125+0,5=125,5 \text{ мм.}$

Назначаем допуск на размер S_{5min} по 11 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{5min}=0,25 \text{ мм, } ES=0 \text{ мм; } EI=-0,25 \text{ мм.}$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_5=125,5+0,25=125,75_{-0,25} \text{ мм.}$

Номинальный размер и предельные отклонения припуска:

$$Z_{13}=S_5-S_7=125,75_{-0,25}-125_{-0,15}=0,75_{-0,25}^{+0,15} \text{ мм.}$$

Цепь №8. $S_4-S_5-Z_3=0$; $Z_{3min}=S_{4min}-S_{5max}$; $S_{4min}=S_{5max}+Z_{3min}=125,75+0,8=126,55 \text{ мм.}$

Назначаем допуск на размер S_{4min} по 12 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{4min}=0,4 \text{ мм, } ES=0 \text{ мм; } EI=-0,4 \text{ мм.}$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_4=126,55+0,4=126,95_{-0,4} \text{ мм.}$

Номинальный размер и предельные отклонения припуска:

$$Z_3=S_4-S_5=126,95_{-0,4}-125,75_{-0,25}=1,2_{-0,4}^{+0,25} \text{ мм.}$$

Цепь №9.

$-S_4+S_2-Z_{14}=0$; $Z_{14min}=S_{2min}-S_{4max}$; $S_{2min}=S_{4max}+Z_{14min}=126,95+0,8=127,75 \text{ мм.}$

Назначаем допуск на размер S_{2min} по 13 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{2min}=0,63 \text{ мм, } ES=0 \text{ мм; } EI=-0,63 \text{ мм.}$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_2=127,75+0,63=128,38_{-0,63} \text{ мм.}$

Номинальный размер и предельные отклонения припуска

$$Z_{14}=S_2-S_4=128,38_{-0,63}-126,95_{-0,4}=1,43_{-0,63}^{+0,4} \text{ мм.}$$

Цепь №10. $S_1-S_2-Z_2=0$; $Z_{2min}=S_{1min}-S_{2max}$; $S_{1min}=S_{2max}+Z_{2min}=128,38+2,3=130,68 \text{ мм.}$

Назначаем допуск на размер S_{1min} по 14 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{1min}=1,0 \text{ мм, } ES=0 \text{ мм; } EI=-1,0 \text{ мм.}$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_1=130,68+1,0=131,68_{-1,0} \text{ мм.}$

Номинальный размер и предельные отклонения припуска

$$Z_2=S_1-S_2=131,68_{-1,0}-128,38_{-0,63}=3,3_{-1,0}^{+0,63} \text{ мм.}$$

Цепь №11.

$-S_1+3Z_2-Z_{15}=0$; $Z_{15min}=3Z_{2min}-S_{1max}$; $3Z_{2min}=Z_{15min}+S_{1max}=2,3+131,68=133,98 \text{ мм.}$

Принимаем допуск и предельные отклонения на размер заготовки по ГОСТ 2590-88

$$TZ_{2min}=2,6 \text{ мм, } ES_{32}=+0,6 \text{ мм; } EI_{32}=-2,0 \text{ мм.}$$

Номинальный размер: $3Z_2=3Z_{2min}-EI_{32}=133,98-(-2,0)=135,98$.

На эскизе заготовки будет проставлен размер: $3Z_2=135,98_{-2,0}^{+0,6} \text{ мм.}$

Номинальный размер и предельные отклонения припуска:

$$Z_{15}=3Z_2-S_1=135,98_{-2,0}^{+0,6}-131,68_{-1,0}=4,3_{-2,0}^{+1,6} \text{ мм.}$$

Цепь №12.

$S_6-S_5+S_9-Z_7=0$; $Z_{7min}=S_{6min}-S_{5max}+S_{9min}$; $S_{6min}=S_{5max}+Z_{7min}-S_{9min}=125,75+0,5-26,96=99,29 \text{ мм.}$

Назначаем допуск на размер S_{6min} по 12 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{6min}=0,35 \text{ мм, } ES=0 \text{ мм; } EI=-0,35 \text{ мм.}$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_6=99,29+0,35=99,64_{-0,35} \text{ мм.}$

Номинальный размер и предельные отклонения припуска

$$Z_7=S_6-S_5+S_9=99,64_{-0,35}-125,75_{-0,25}+27\pm 0,04=0,89_{-0,39}^{+0,29} \text{ мм.}$$

Цепь №13. $-S_3+S_4-S_6-Z_6=0$; $Z_{6min}=-S_{3max}+S_{4min}-S_{6max}$;

$$S_{3max}=S_{4min}-S_{6max}-Z_{6min}=126,55-99,64-0,8=26,11 \text{ мм.}$$

Назначаем допуск на размер S_{3max} по 12 качеству по посадке h , т.е.:

$$TS_{3max}=0,21 \text{ мм, } ES=0 \text{ мм; } EI=-0,21 \text{ мм.}$$

Номинальный размер и предельные отклонения звена: $S_3=26,11-0=26,11_{-0,21} \text{ мм.}$

Номинальный размер и предельные отклонения припуска

$$Z_6=-S_3+S_4-S_6=-26,11_{-0,21}+126,95_{-0,4}-99,64_{-0,35}=1,2_{-0,4}^{+0,56} \text{ мм.}$$

Цепь №14. $-3Z_3+S_1-S_2+S_3-Z_5=0$; $Z_{5min}=S_{1min}-3Z_{3max}-S_{2max}+S_{3min}$;

$$Z_{3max} = S_{1min} - S_{2max} + S_{3min} - Z_{5min} = 130,68 - 128,38 + 25,9 - 2,3 = 25,9 \text{ мм.}$$

Принимаем допуск и предельные отклонения на размер заготовки по ГОСТ 2590-88

$$TZ_{3max} = 0,5 \text{ мм, } ES_{32} = +0,1 \text{ мм; } EI_{32} = -0,4 \text{ мм.}$$

$$\text{Номинальный размер: } Z_3 = Z_{3max} - ES_{33} = 25,9 - 0,1 = 25,8 \text{ мм.}$$

На эскизе заготовки будет проставлен размер: $Z_3 = 25,8^{+0,1}_{-0,4}$ мм.

Номинальный размер и предельные отклонения припуска

$$Z_5 = S_1 - Z_3 - S_2 + S_3 = 131,68_{-1,0} - 25,8^{+0,1}_{-0,4} - 128,38_{-0,63} + 26,11_{-0,21} = 3,61^{+1,03}_{-1,31} \text{ мм.}$$

Цепь №15.

$$-S_8 + S_5 - S_4 + S_2 - S_1 + Z_2 - Z_1 - Z_{11} = 0 = 0; \quad Z_{11min} = S_{5min} - S_{8max} - S_{4max} + S_{2min} - S_{1max} + Z_{2min} - Z_{1max};$$

$$Z_{1max} = -S_{8max} + S_{5min} - S_{4max} + S_{2min} - S_{1max} + Z_{2min} - Z_{11min} = -52,6 + 125,5 - 126,95 + 127,75 -$$

$$-131,68 + 133,98 - 2,3 = 73,7 \text{ мм.}$$

Принимаем допуск и предельные отклонения на размер заготовки по ГОСТ 2590-88

$$TZ_{1max} = 1,0 \text{ мм, } ES_{31} = +0,1 \text{ мм; } EI_{31} = -0,9 \text{ мм.}$$

$$\text{Номинальный размер: } Z_1 = Z_{1max} - ES_{31} = 73,7 - 0,1 = 73,6 \text{ мм.}$$

На эскизе заготовки будет проставлен размер: $Z_1 = 73,6^{+0,1}_{-0,9}$ мм.

Номинальный размер и предельные отклонения припуска: $Z_{11min} = S_5 - S_8 - S_4 + S_2 - S_1 + Z_2 - Z_1 =$

$$= 125,75_{-0,25} - 52,6_{-0,46} - 126,95_{-0,4} + 128,38_{-0,63} - 131,68_{-1,0} + 135,98^{+0,6}_{-2,0} - 73,6^{+0,1}_{-0,9} = 5,28^{+3,36}_{-2,98} \text{ мм.}$$

После определения номинальных размеров и предельных отклонений всех звеньев технологических размерных цепей все расчетные данные сводят в таблицу [1, с.61].

ЛИТЕРАТУРА

1. Размерный анализ технологических процессов: сборник практических работ/ сост.: Г.Я.Беляев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2010.–351 с.

УДК 6.21.81:658.512

Беляев Г.Я., Ошурек М.П., Лаптева Ю.П., Зуенок О.П.

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВАЛА ПО ЭКСЦЕНТРИСИТЕТАМ

БНТУ, ОАО «БЗА», ОАО «Амкодор-Белвар»

Беларусь

Целью статьи является рассмотрение основных положений теории размерного анализа технологического процесса по эксцентриситетам. Приведен пример расчета эксцентриситетов с помощью теории графов. Несмотря на свою сложность и трудоемкость, размерный анализ технологического процесса позволяет еще на стадии технологического проектирования решить весьма обширный круг технических задач и позволяет значительно снизить затраты на внедрение технологических разработок в производство.

Технологические задачи и их особенности.

Для поверхностей вращения необходимо рассчитать:

1. Величину допусков и диаметральных размеров на всех переходах обработки и для заготовок.

2. Величину допустимых радиальных биений – в соответствии с техническими, условиями, заданными в чертеже детали.

Решение перечисленных задач требует выявления размерных связей между осями обрабатываемых поверхностей. В качестве размерных связей выступают эксцентриситеты. Номинальная величина эксцентриситета принимается равной нулю. Собственно эксцентриситет представляет собой величину отклонения от номинального значения (удвоенная величина эксцентриситета – это радиальное биение).