

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

Ярославский политехнический институт

Кафедра технологии машиностроения

Рекомендовано
научно-методическим
советом института

АВТОМАТИЗАЦИЯ
РАЗМЕРНОГО АНАЛИЗА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
С ПОМОЩЬЮ ЭС ЭВМ

Методические указания
к практическим занятиям

Ярославль
Ярославский политехнический институт
1988

УДК 621.9.014.001.24:681.3

МУ 55-02-88. Автоматизация размерного анализа технологических процессов с помощью ЕС ЭВМ: Методические указания к практическим занятиям / Сост.: О.Н.Калачев, В.Т.Сивидин, А.М.Шапошников / Ярослав. политехн. ин-т, 1987.- 35 с.

Приводится описание методики построения и решения осевых технологических размерных цепей с использованием понятий теории графов вручную и на ЭВМ. Рассматриваются примеры решения реальных задач. Предназначены для студентов спец. 0501, 0577, 0516 0511.

Ил. II. Табл.15. Библиогр.4.

Рецензенты: кафедра технологии машиностроения Костромского технологического института; Г.М.Савельев, зав.кафедрой новой техники и технологии Ярославского ФНПК Митвавтопрома, канд. техн. наук.

Редактор Л.П. Дзюба

Технический редактор О.А. Кузнецова

Подписано в печать 10.12.87. формат бумаги 60x84¹/₁₆. Бумага газетная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2.

Тираж 150. Заказ 2484. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел

Ярославского политехнического института

Ярославль, Московский пр., 88

Типография Ярославского политехнического института

Ярославль, ул. Советская, 14а

© Ярославский политехнический институт. 1988

1. ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим этапом проектирования технологического процесса (ТП) механической обработки деталей является расчет операционных (технологических) размеров, допусков, припусков, допустимых отклонений формы и положения поверхностей. Такого рода расчеты получили наименование размерных расчетов. Однако обеспечение требуемой чертежом точности размерных связей (расстояний и поворотов) не может быть достигнуто только размерными расчетами - требуется размерный анализ ТП. Задачи по размерному анализу механической обработки должны решаться в комплексе работ по технологической подготовке производства (ТПП). В результате размерного анализа выбирается такой вариант ТП, который обеспечивает выполнение технических требований чертежа с наибольшей эффективностью.

Наиболее плодотворные теоретические подходы к размерному анализу ТП изложены в работах Б.С. Мордвинова и И.А. Ивашенко [1,2]. Однако идеи указанных авторов не доведены до практической реализации на ЭВМ.

Поскольку ГОСТ 16319-80 выделяет лишь линейные и угловые размерные цепи (РЦ), то для того, чтобы различать РЦ с линейными размерами и диаметральными размерами поверхностей вращения, следуя работе [1], первые РЦ будем называть осевыми, а вторые - диаметральными. В данной работе рассматриваются осевые технологические РЦ.

2. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Размерная цепь — совокупность размеров (звеньев), образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Технологическими называются РЦ, звеньями которых являются операционные размеры и припуски, а также чертежные размеры детали.

Каждое из составляющих звеньев цепи может изменяться в пределах своего допуска. Это колебание составляющих звеньев влечет за собой изменение величины замыкающего звена. Допуск замыкающего звена δ_k при расчете по методу максимума - минимума равен сумме допусков составляющих звеньев δ_i .

По характеру влияния на замыкающее звено составляющие звенья разделяются на увеличивающие и уменьшающие.

Для расчета РЦ необходимо составить ее уравнение. С этой целью в графической схеме цепи обводят точку начала и конца отсчета и, обходя цепь по контуру, записывают в уравнение все ее звенья. При этом перед увеличивающими звеньями ставят знак "+", а перед уменьшающими "-". Тогда уравнение РЦ будет иметь следующий вид:

$$A_{\Delta} = \sum_m \bar{A}_i - \sum_n \bar{A}_i, \quad (1)$$

где A_{Δ} - замыкающее звено РЦ;
 \bar{A}_i, \bar{A}_i - увеличивающее и уменьшающее звено соответственно;
 m, n - число увеличивающих и уменьшающих звеньев в цепи соответственно.

Замыкающее звено - это размер, непосредственно связывающий поверхности или оси, относительные расстояния или поворот которых необходимо определить в поставленной задаче.

Каждая РЦ имеет только одно замыкающее звено и, как правило, несколько составляющих звеньев. В технологических цепях замыкающие звенья - это конструкторские (чертежные) размеры и припуски на обработку, а составляющие звенья - технологические (операционные) размеры.

Конструкторские размеры известны из чертежа, припуски могут быть выбраны из нормативов или определены по формуле, как показано ниже.

Технологические размеры (в том числе и размеры заготовки) необходимо рассчитать путем решения РЦ. При этом возможны два варианта решения, оба они вытекают из общего уравнения РЦ (1), которое может быть записано так, чтобы учесть допуск на размер замыкающего звена:

$$A_{\Delta \max} = \sum_m \bar{A}_i \max - \sum_n \bar{A}_i \min; \quad (2)$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_m \bar{A}_i \min - \sum_n \bar{A}_i \max; \quad (3)$$

где $A_{\Delta \max}$ - максимальное значение замыкающего звена;
 $A_{\Delta \min}$ - минимальное значение замыкающего звена;
 $\bar{A}_i \max, \bar{A}_i \min$ - максимальное и минимальное значения увеличивающего звена соответственно;
 $\bar{A}_i \min, \bar{A}_i \max$ - минимальное и максимальное значения уменьшающего звена соответственно.

Первый вариант: замыкающее звено - конструкторский размер.

При этом рассчитываются предельные значения неизвестного в данной цепи технологического размера (звена), используя (2), (3).

Для увеличивающего звена

$$\bar{A}_{i \max} = A_{\Delta \max} + \sum_n \bar{A}_{i \min} - \sum_{m=1}^n \bar{A}_{i \max}; \quad (4)$$

$$\bar{A}_{i \min} = A_{\Delta \min} + \sum_n \bar{A}_{i \max} - \sum_{m=1}^n \bar{A}_{i \min}. \quad (5)$$

Для уменьшающего звена

$$\bar{A}_{i \max} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - A_{\Delta \min} - \sum_{n=1}^m \bar{A}_{i \max}; \quad (6)$$

$$\bar{A}_{i \min} = \sum_m \bar{A}_{i \max} - A_{\Delta \max} - \sum_{n=1}^m \bar{A}_{i \min}. \quad (7)$$

Затем определяется расчетный допуск.

$$\delta_p = A_{i \max} - A_{i \min}. \quad (8)$$

Далее расчетный допуск δ_p сравнивается с допуском δ_T , соответствующим экономической точности используемого метода обработки [3, табл. 5, 10, 24, 25, 27, с. 181-190]. В первую очередь проверяется условие $\delta_p > \delta_T$. Если оно выполняется, то технологический допуск на размер искомого звена принимается равным экономическому допуску, то есть $\delta_i = \delta_T$. Такое ужесточение допуска δ_i не приводит к увеличению стоимости операции. Если это условие не выполняется, то проверяется второе условие

$\delta_p > \frac{1}{2} \delta_T$. Если оно выполняется, то технологический допуск на искомый размер принимается равным расчетному, т.е. $\delta_i = \delta_p$.

При этом следует иметь в виду, что такое уменьшение допуска δ_i уже влечет за собой увеличение времени на обработку и ее стоимости. Особенно значительно растет стоимость операции при работе с допусками, соответствующими области технически достижимой точности применяемого метода обработки.

Если эти условия не выполняются или $\delta_p < 0$, то требуется либо уменьшать допуски на другие составляющие размеры цепи, либо перестроить ЦП.

второй вариант замыкающее звено - припуск, оставаемый для последующего перехода, Z_i . В этом случае сначала необходимо определить его минимальную величину $Z_{i \min}$. Приблизительно она определяется по нормативным данным [3, табл. 8-19]. Точно она находится расчетно-аналитическим методом по формуле

$$Z_{i \min} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta z_{(i-1)} + \varepsilon_i, \quad (9)$$

где $f_{z(i-1)}$ - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

$h_{(i-1)}$ - толщина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероживший или отбеленный слой);

$\Delta z_{(i-1)}$ - суммарное отклонение расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей) на предшествующем переходе;

ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Значения R_z , h , Δz , ε приведены в соответствующих таблицах [3, с. 180-182].

Определив $Z_{i \min}$, составляют исходное уравнение ПЧ относительно $Z_{i \min}$, используя (3).

$$Z_{i \min} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - \sum_n \bar{A}_{i \max}. \quad (10)$$

Если исконый размер - уменьшающееся звено,

$$\bar{A}_{i \max} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - \sum_n \bar{A}_{i \max} - Z_{i \min}. \quad (11)$$

Если исконый размер - увеличивающееся звено,

$$\bar{A}_{i \min} = Z_{i \min} + \sum_n \bar{A}_{i \max} - \sum_m \bar{A}_{i \min}. \quad (12)$$

После этого на размер A_i устанавливается допуск δ_r , соответствующий экономической точности используемого на данном переходе метода обработки [3, табл. I-32, с. 180-192].

Затем для обоих вариантов необходимо рассчитать номинальный размер и предельные отклонения.

Зная допуск на размер ($\delta_i = \delta_r$ или $\beta_i = \delta_r$) и его расположение относительно этого размера (система отверстия - поле допуска H , система вала - поле допуска h , система ось - поле допуска Js) определяют номинальный размер A_i и предельные отклонения по одной из следующих формул.

Для первого варианта:

$$1. \text{ Система отверстия: } A_i = A_{i \min}; \Delta a = +\delta_i; \Delta n = 0. \quad (13)$$

$$2. \text{ Система вала: } A_i = A_{i \max}; \Delta a = 0; \Delta n = -\delta_i. \quad (14)$$

$$3. \text{ Система ось: } A_i = \frac{A_{i \max} + A_{i \min}}{2}; \Delta B_i = \frac{\delta_i}{2}; \Delta H_i = \frac{\delta_i}{2} \quad (15)$$

Для второго варианта:

$$1. \text{ Система отверстия: } A_i = A_{i \max} - \delta_i; \Delta B_i = \delta_i; \Delta H_i = 0. \quad (16)$$

$$2. \text{ Система вала: } A_i = A_{i \min} + \delta_i; \Delta B_i = 0; \Delta H_i = -\delta_i. \quad (17)$$

$$3. \text{ Система ось: } A_i = \frac{A_{i \max} - A_{i \min}}{2}; \Delta B_i = \frac{\delta_i}{2}; \Delta H_i = \frac{\delta_i}{2}. \quad (18)$$

где ΔB_i и ΔH_i - верхнее и нижнее предельные отклонения.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

3.1. Составление маршрута обработки

Последовательность проведения размерных расчетов рассмотрим на примере расчета операционных размеров и припусков на механическую обработку детали "Палец МР1" (рис. 1).

Исходной информацией для выявления и решения ПЦ являются чертежи детали и заготовки, а также эскизы на все операции механической обработки.

Маршрут обработки детали "Палец МР1" показан на рис. 3 (приводятся только те операции ТП, на которых получают осевые размеры заготовки и детали).

3.2. Построение размерной схемы

Второй этап решения ПЦ заключается в построении размерной схемы ТП. Для этого изображают эскиз готовой детали и на него наносят последовательно все припуски на обработку поверхностей, которые ограничивают технологические размеры. В итоге получается контур заготовки с промежуточными поверхностями.

Пример построения размерной схемы показан на рис. 2. Для тела вращения можно изображать одну проекцию, на которой указывается только половина детали по оси симметрии.

Над деталью указываются конструкторские (чертежные) размеры P_i , которые нумеруются произвольно, и допуски на них. Все поверхности заготовки, получаемые после очередной операции (перехода), и поверхности детали нумеруются слева направо. Через нумеро-

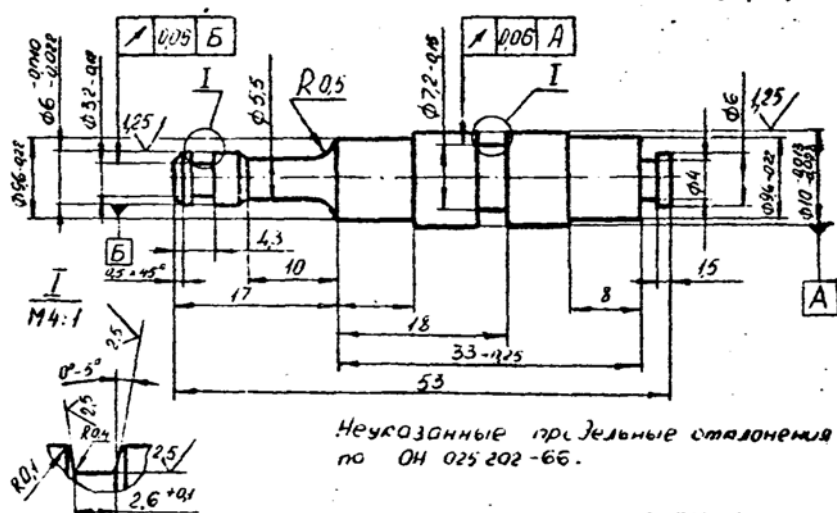


Рис. 1. Чертеж детали "Палец МРЛ"

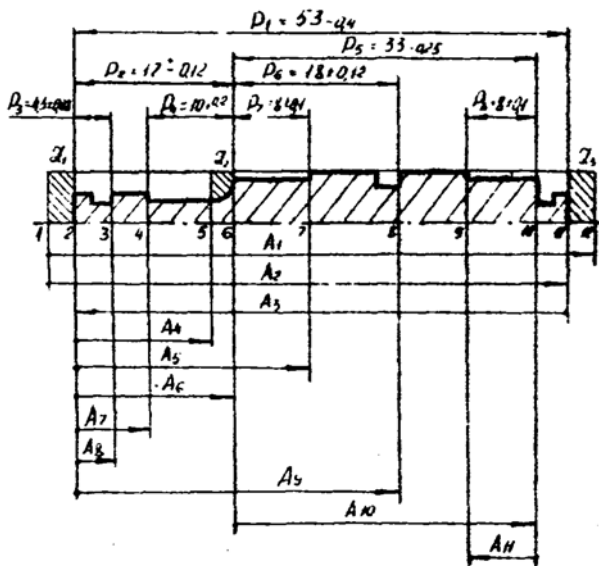
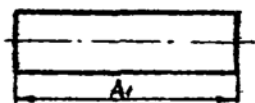
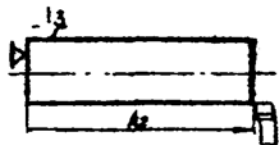


Рис. 2. Размерная схема обработки детали "Палец МРЛ"

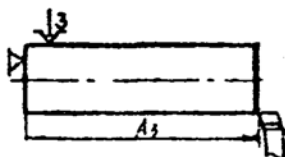
Прокат горячекатаный
повышенной точности



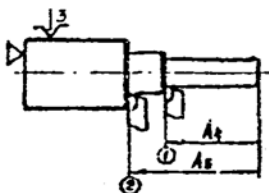
01. Токарно-револьверная.
Подрезать торцы



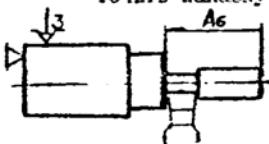
02. Токарно-револьверная.
Подрезать торцы



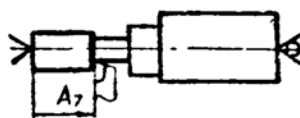
03. Токарно-револьверная.
Точить поверхность ① ②



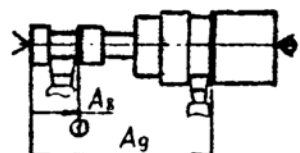
04. Токарно-револьверная.
Точить канавку



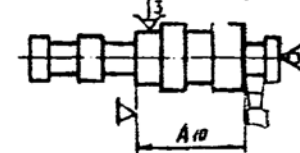
05. Токарно-винторезная.
Расточить канавку



06. Токарно-винторезная.
Точить поверхность ① ②



07. Токарно-винторезная.
Точить канавку



08. Токарно-винторезная.
Точить поверхность ①

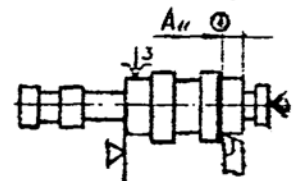


Рис. 3. Маршрут обработки
детали "Палец МРД"

ванные поверхности проводятся вертикальные линии. Между вертикальными линиями указываются размеры заготовки и технологические размеры, участвующие в результате выполнения каждого технологического перехода. Технологические размеры, в том числе и размеры заготовки обозначаются буквой A_i , где i - порядковый номер размера.

Технологические размеры изображаются на схеме вектором, который направлен от базовой поверхности к обрабатываемой на данном переходе.

Поскольку каждая ПЦ имеет только одно замыкающее звено, то на размерной схеме должно быть представлено столько ПЦ, сколько у детали конструкторских размеров + припусков (в схеме на рис.2 их, например, должно быть 11). Выявление всех ПЦ непосредственно по размерной схеме в ряде случаев может оказаться весьма трудоемкой задачей, так как технологические ПЦ часто бывают "связанными", то есть такими, у которых одни и те же составляющие звенья входят в разные ПЦ.

Процесс выявления технологических ПЦ можно значительно упростить и облегчить, используя для этой цели теорию графов.

3.3. Выявление технологических ПЦ

Деталь в процессе ее изготовления можно рассматривать как геометрическую структуру, состоящую из множества поверхностей (условно обозначаемых на графе окружностью) и связей (размеров) между ними (на графе изображаются отрезками между окружностями). Особое значение в размерных расчетах имеет граф типа дерева. Дерево - это граф без контуров, у которого между любой парой вершин существует только один путь.

Дерево с величинами припусков и конструкторскими размерами называется исходным, а дерево с технологическими размерами - технологическим.

Если эти деревья совмещены вместе, то получается совмещенный граф. В нем все технологические ПЦ из неявных превращаются в явные: любой замкнутый контур на совмещенном графе, состоящий из ребер исходного и технологического деревьев, образует технологическую ПЦ. В этой цепи ребро исходного дерева является замыкающим звеном, а ребра технологического дерева - составляющими звеньями.

Сначала строится дерево технологических размеров (с составляющими звеньями). Номера поверхностей заготовки и детали, взятые с размерной схемы, присваиваются за вершины графа и помещаются в окружности. Вершины соединяются между собой ориентированными реб-

II

рами - технологическими размерами, которые соединяют эти поверхности на размерной схеме. После соединения всех вершин соответствующими ребрами технологическое дерево построено (рис. 4).

При построении исходного дерева (с замыкающими звеньями) вершинами его являются те же самые поверхности, что и на технологическом дереве. Ребра - притуски обозначаются зигзагами, а ребра-конструкторские размеры - дугами (рис. 5).

После построения фактического дерева производится проверка правильности их построения, которая фактически является проверкой правильности построения размерной схемы ТП.

В ходе проверки контролируется соблюдение следующих условий:

- 1) число вершин у каждого дерева должно быть равно числу поверхностей на размерной схеме;
- 2) число ребер у каждого дерева должно быть одинаковым и равным числу вершин без единицы;
- 3) к каждой вершине дерева с составляющими звеньями, кроме корневой (с которой начинается построение), должна подходить только одна стрелка ориентированного ребра, а к корневой вершине - ни одной стрелки;

4) деревья не должны иметь разрывов и замкнутых контуров.

После проверки оба дерева совмещают так, чтобы вершины с одинаковыми номерами совпали (рис. 6). В результате получается совмещенный граф технологических ПД. Практически два дерева отдельно не строят, а поступают так: сначала строят технологическое дерево, а затем на нем же строят исходное дерево, в результате чего замыкающие деревья совпадают сами собой.

Замкнутый контур совмещенного графа образует ПД, у которой ребро исходного дерева является замыкающим звеном, а ребра технологического дерева - составляющими звеньями. Например, на рис. 6 ребра A_1 , A_2 и Z_3 образуют замкнутый контур, т.е. ПД, у которого ребра A_1 и A_2 являются составляющими звеньями, а ребро Z_3 - замыкающим звеном. Замкнутый контур из ребер A_3 и P_1 образует контур ПД, у которой замыкающим звеном является ребро P_1 , а составляющим - A_3 .

Так как в ПД может быть только одно замыкающее звено (а в качестве такого звена в технологической ПД может быть только конструкторский размер или притуск), то при выявлении ПД по графу необходимо выбрать только такие контуры, в которых содержится только по одному ребру исходного дерева, а остальные ребра принадлежат технологическому дереву. Например, на рис. 6 ребра A_4 , A_5 , P_7 и Z_2 образуют замкнутый контур, но в нем два ребра P_7 и Z_2 принадлежат исходному дереву, поэтому такой контур не может рассматриваться в качестве технологической ПД.

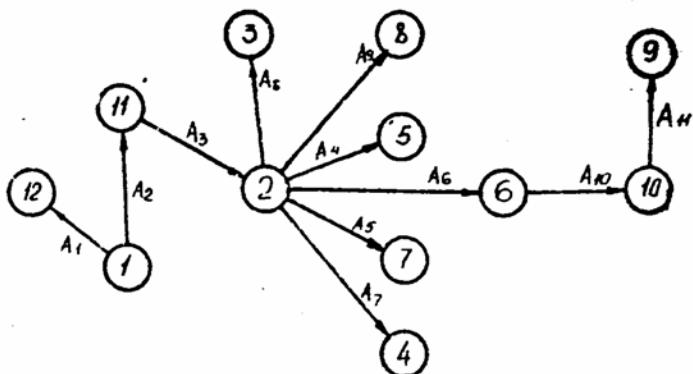


рис. 4. Дерево с технологическими (операционными) размерами A_i

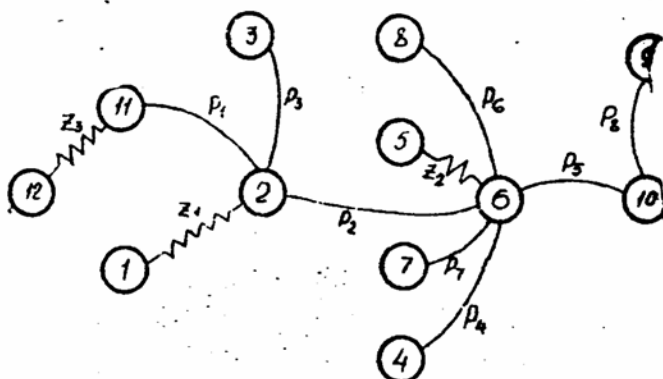


рис. 5. Дерево с конструктивными (чертежными) размерами P_i и допусками Z_i

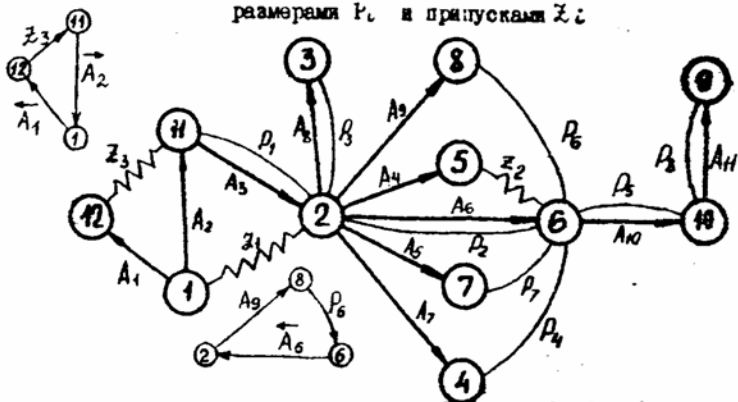


рис. 6. Совмещенный граф технологических осей РЦ детали "Палец МРЛ"

Граф ПЦ не только облегчает выявление цепей, разделение составляющих звеньев на увеличивающие и уменьшающие, но и позволяет обнаружить ошибки в технологии или в чертеже. Например, если при составлении коходного или технологического дерева обнаружатся разрыв между вершинами или появится замкнутый контур на коходном или технологическом дереве, то это указывает в первом случае на отсутствие нужных размеров в принятой технологии или на чертеже, а во втором случае - на наличие лишних размеров.

4. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЦ "ВРУЧНУЮ"

Порядок проведения "ручного" расчета ПЦ рассмотрим на примере детали "Палец МРЛ", показанной на рис. 1.

Ручной расчет начинается с тех этапов решения ПЦ, которые были рассмотрены выше: предлагается маршрут обработки, затем строится размерная схема ПЦ и граф технологических размерных цепей.

После построения составленного графа на нем выявляют все технологические ПЦ и записывают их уравнения в буквенной форме, как показано в табл. I. Затем определяется последовательность решения уравнений с учетом того, что в каждом уравнении должен быть неизвестен только один технологический размер.

Разделение составляющих звеньев на увеличивающие и уменьшающие выполняется следующим образом. Звеньями, образующими на графе замкнутый контур ПЦ, является (независимо от первоначальной ориентации) одинаковое направление (например, по часовой стрелке). На рис. 6 выделены два контура для ПЦ с замкнутыми звеньями Z_3 и P_6 . Все звенья каждой ПЦ условно делятся на "возрастающее" и "убывающее" в зависимости от того, возрастает или убывает номер вершины от основания звена к стрелке. Составляющее звено - уменьшающее, если это звено к замыкающему звено - оба "возрастающие" или оба "убывающие". Составляющее звено - увеличивающее, если это звено - "возрастающее" ("убывающее"), а замыкающее звено - "убывающее" ("возрастающее"). Например, на рис. 6 звено A_2 - "убывающее", звено Z_3 - "убывающее". Следовательно, звено A_2 - уменьшающее.

Увеличивающим звеньям в уравнении ПЦ приписывается знак "+", а уменьшающим знак "-". Результаты заносятся в табл. I.

После выявления ПЦ последние расчеты оформляются в таблицах 2 и 3 в соответствии с теорией, изложенной в главе 3.

Таблица I

Уравнения и порядок расчета РЦ детали "Палец МРГ"

Уравнение РЦ	Неизвестное звено	Номер решения
$P_1 = A_3$	A_3	I
$P_2 = A_6$	A_6	2
$P_3 = A_8$	A_8	3
$P_4 = A_6 - A_7$	A_7	6
$P_5 = A_{10}$	A_{10}	4
$P_6 = A_9 - A_6$	A_9	7
$P_7 = A_5 - A_6$	A_5	8
$P_8 = A_{11}$	A_{11}	5
$Z_1 = A_2 - A_3$	A_2	9
$Z_2 = A_6 - A_4$	A_4	10
$Z_3 = A_1 - A_2$	A_1	II

Далее приводится второй пример расчета технологических осевых РЦ. На рисунках 7-10 показаны: чертёж, размерная схема, маршрут обработки совмещенный граф технологических осевых РЦ детали "Втулка". Расчет оформлен в виде таблиц 4-6.

5. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗМЕРНЫХ РАСЧЕТОВ

Расчет ведется по программе KON77 [4], разработанной на кафедре "Технология машиностроения" ЯрПИ. Алгоритм расчета приведен в виде блок-схемы на рис. II.

5.1. Подготовка исходных данных

Исходные данные для автоматизированного решения оформляются в виде таблиц 7 и 8. Прежде чем заполнить табл.8, необходимо разработать маршрут обработки, построить размерную схему и граф технологических РЦ аналогично тому, как это делалось при "ручном" расчете. Необходимо отметить, что при этом все конструкторские размеры P_i , припуски Z_i и технологи-

Таблица 2

Расчет минимальных припусков детали "Палец КРУ"

Обозначение на равмерной схеме	Метод обработки на предшествующем переходе	Метод обработки на выходном переходе	Составляющие минимального припуска, мм			Величина минимального припуска, мм
			$R_z(i-1)$	$h(i-1)$	$\Delta x(i-1)$	
Z_i	$(i-1) \cdot i$	$L-i$	$R_z(i-1)$	$h(i-1)$	$\Delta x(i-1)$	Z_{imin}
Z_1	Прокат повышенной точности после отрезки на конусах	Чистовое точение	0,150	0,150	0,033	0,418
Z_2	Чистовое точение	Чистовое точение	0,032	0,030	-	0,142
Z_3	Прокат повышенной точности после отрезки на конусах	Чистовое точение	0,150	0,150	0,038	0,419

Пояснения к таблице:

1. Значения R_z и h определяются из [3, табл.3, 5, с. 180-181].

2. В расчетах принято, что $\Delta x = \Delta x_k$, где Δx_k - отклонение оси детали от прямолинейности, мм на 1 мм (в справочниках обычно называется кривизна), определяется обычно для черновой операции. При закреплении в патроне $\Delta x_k = \ell \frac{\Delta K^2 \cdot \Delta K}{\Delta K^2 + 0,25} = 55 \cdot \frac{0,2}{0,2^2 + 0,25}$

= 38 мкм, где ℓ - разрез, на котором идет кривизна, а $\Delta K = 0,2$ [3, табл.4, с. 180]

3. Значения ε_i определяются по [3, табл.12-17, с. 41-44].

Таблица 3

Расчет технологических размеров деталей "Далец МРД"

Замыкающее звено		Составляющие звенья (технологические размеры)				
Обозначение	Величина, мм	Уравнение цепи	Расчет звена A_i , мм	Расчетный допуск δ_{p_i} , мм	Технологический допуск δ_{T_i} , мм	Примечание
I	2	3	4	5	6	7
P_1	$53 \pm 0,4$	$P_1 = A_3$	$A_{3max} = A_{\Delta max}$ $A_{3min} = A_{\Delta min}$ $A_{31 \text{ эл}} = P_{1max} = 53,000$ $A_{3min} = P_{1min} = 52,600$	$\delta_p = A_{3max}$ $- A_{3min} =$ $53 - 52,6 =$ $0,400$	Допуск для чистового точения соответствует II квалитету [3, табл.5] 0,190	$A_3 = 53 \pm 0,19$
P_2	$17 \pm 0,12$	$P_2 = A_4$	$A_{4max} = A_{\Delta max}$ $A_{4min} = A_{\Delta min}$ $A_{4max} = P_{2max} = 17,120$ $A_{4min} = P_{2min} = 16,880$	0,240	0,110	$A_4 = 17 \pm 0,055$
P_3	$4,3 \pm 0,08$	$P_3 = A_4$	$A_{4max} = A_{\Delta max}$ $A_{4min} = A_{\Delta min}$ $A_{4max} = P_{3max} = 4,380$ $A_{4min} = P_{3min} = 4,220$	0,160	0,075	$A_4 = 4,3 \pm 0,038$
P_4	$10 \pm 0,2$	$P_4 = A_4 - b_0$	$A_{4max} = A_{\Delta min} - A_{\Delta min}$ $A_{4min} = A_{\Delta max} - A_{\Delta max}$ $A_{4max} = A_{\Delta min} - P_{4min} = 16,945 - 10,000 = 6,945$ $A_{4min} = A_{\Delta max} - P_{4max} = 17,055 - 10,200 = 6,855$	0,090	0,090	$A_4 = 6,945 \pm 0,09$

1	2	3	4	5	6	7
P_5	$33-0,25$	$P_5 = A_{10}$	$\begin{aligned} \bar{A}_{10max} &= A_{10max} & (4) \\ \bar{A}_{10min} &= A_{10min} & (5) \\ A_{10max} &= P_{5max} = 33,000 \\ A_{10min} &= P_{5min} = 32,750 \end{aligned}$	0,250	0,160	$A_{10} = 33-160$
P_6	$18 \pm 0,12$	$P_6 = A_3 - A_1$	$\begin{aligned} \bar{A}_{3max} &= A_{3max} + \bar{A}_{1min} & (4) \\ \bar{A}_{3min} &= A_{3min} + \bar{A}_{1max} & (5) \\ A_{3max} + P_{6min} + A_{1min} &= 18,000 + 15,945 = 33,945 \\ A_{3min} + P_{6max} + A_{1max} &= 17,880 + 17,055 = 34,935 \end{aligned}$	0,130	0,160	$A_3 = 35 \pm 0,065$
P_7	$8 \pm 0,1$	$P_7 = A_5 - A_4$	$\begin{aligned} \bar{A}_{5max} &= A_{5max} + \bar{A}_{4min} & (4) \\ \bar{A}_{5min} &= A_{5min} + \bar{A}_{4max} & (5) \\ A_{5max} + P_{7min} + A_{4min} &= 8,100 + 16,945 = 25,045 \\ A_{5min} + P_{7max} + A_{4max} &= 7,500 + 17,055 = 24,555 \end{aligned}$	0,090	0,130	$A_5 = 25 \pm 0,045$
P_8	$8 \pm 0,1$	$P_8 = A_{11}$	$\begin{aligned} \bar{A}_{11max} &= A_{11max} & (4) \\ \bar{A}_{11min} &= A_{11min} & (5) \\ A_{11max} &= P_{8max} = 8,100 \\ A_{11min} &= P_{8min} = 7,900 \end{aligned}$	0,20	0,090	$A_{11} = 8 \pm 0,045$
Z_{min}	0,418	$Z_1 = A_2 - A_6$	$\begin{aligned} \bar{A}_{2min} &= Z_{1min} + \bar{A}_{6max} & (12) \\ A_{2min} &= 0,418 + 53,000 = 53,418 \end{aligned}$	—	0,190	$A_2 = 53,608-0,19$

Окончание табл. 3

I	2	3	4	5	6	7
Z_{2min}	0,142	$Z_2 = A_6 - A_4$	$\bar{A}_{4max} = \bar{A}_{6min} - Z_{2min} \quad (11)$ $A_{4max} = 16,945 - 0,142 = 16,803$	-	0,110	$A_4 = 16,748 \pm 0,055$
Z_{3min}	0,418	$Z_3 = A_1 - A_2$	$\bar{A}_{1min} = Z_{3min} + \bar{A}_{2max} \quad (12)$ $A_{1min} = 0,418 + 53,625 = 54,043$	-	-	$A_1 = 54,043$

Таблица 4

Уравнения и порядок расчета размерных цепей детали "Втулка"

Уравнения для расчета размерных цепей		Номер решения	Неизвестное звено
$P_1 = A_6 - A_7 + A_{10}$		3	A_6
$P_2 = A_3 - A_7 + A_{10}$		4	A_3
$P_3 = A_8 - A_7 + A_{10}$		5	A_8
$P_4 = A_{10}$		10	A_{10}
$Z_1 = A_1 - A_2$		8	A_1
$Z_2 = A_3 - A_4$		6	A_3
$Z_3 = A_5 - A_6$		2	A_5
$Z_4 = A_7 - A_{10}$		7	A_7
$Z_5 = A_4 - A_5$		9	A_4
$Z_6 = A_2 - A_3$			A_2

ческие размеры, включая и размеры заготовки A_1 , должны быть, как видно из рис.2, прокумерованы (припуски думеруются слева направо, технологические размеры - по ходу их получения в ТП, а конструктивные размеры - произвольно). Чтобы результаты расчета соответствовали размерной схеме, в табл. 8 размеры занесены в той последовательности, в какой они прокумерованы.

В качестве примера в таблицах 7 и 8 занесены исходные данные для расчета размерных цепей детали "Палец МРД".

Подробное описание алгоритма программы КОМ 77 дано в работе [4].

5.2. Примеры автоматизированного расчета РЦ

Далее приведены два примера автоматизированного решения гц деталей "Палец МРД" и "Втулка". Подготовка исходных данных для этих деталей изложена в главах 4 и 5. Исходные данные, закодированные с помощью таблиц 7 и 8, оформляются на бланке заказа исходных данных, как показано в табл.9. В таблицах 10 - 12 даны распечатки исходных данных и результатов расчета РЦ детали "Палец МРД".

Экран в табл.10 позволяет визуально проверить правильность ввода исходных данных в ЭВМ. Таблица 11 содержит результаты построения РЦ и выявления порядка их решения ЭВМ. В таблице 12 даны результаты расчета РЦ.

Распечатки для второй детали "Втулка" приведены в таблицах 13 - 15. В блоке 4 выведены на печать промежуточные результаты расчета РЦ, что дает возможность сравнения хода расчетов РЦ "вручную" и на ЭВМ.

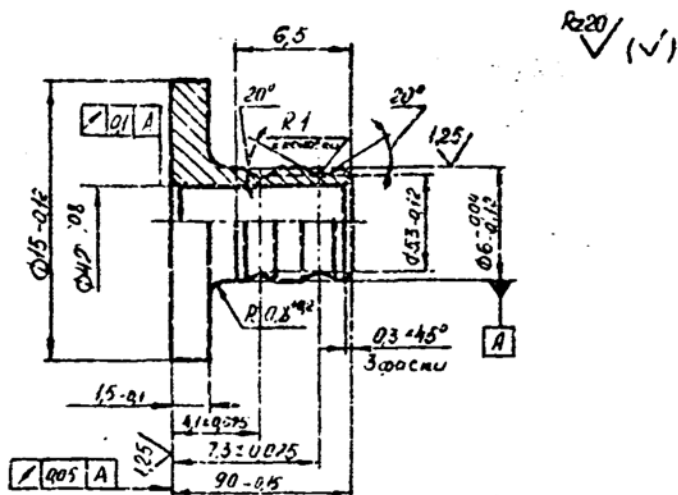


Рис. 7. Чертеж детали "Втулка"

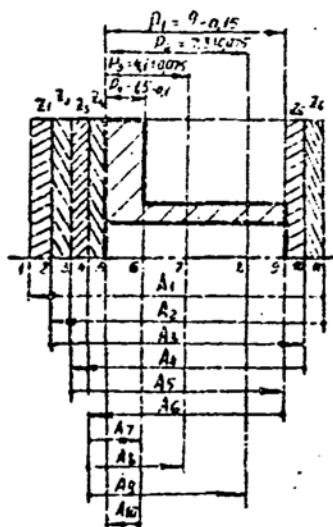
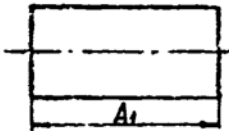
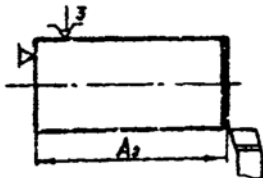


Рис. 8. Размерная схема сопряжения детали "Втулка"

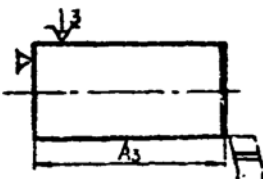
Прокат горячекатаный
обычной точности после
отрезки на волницах



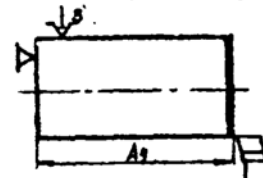
01. Токарно-револьверная.
Подрезать торец



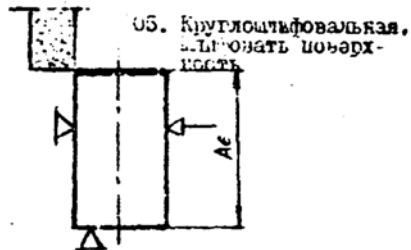
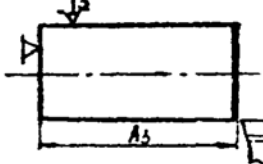
02. Токарно-револьверная.
Подрезать торец



03. Токарно-револьверная.
Подрезать торец

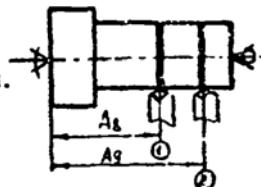
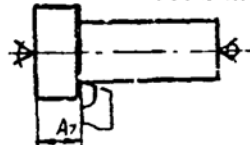


04. Токарно-револьверная.
Подрезать торец

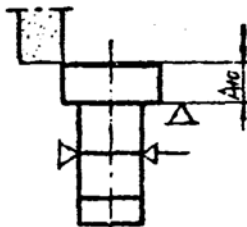


05. Круглошлифовальная.
Шлифовать поверхность

06. Токарно-винторезная.
Точить поверхность



07. Токарно-винторезная.
Точить поверхность ①②



08. Круглошлифовальная.
Шлифовать поверхность

Рис. 9. Маршрут
обработки детали "Этулка"

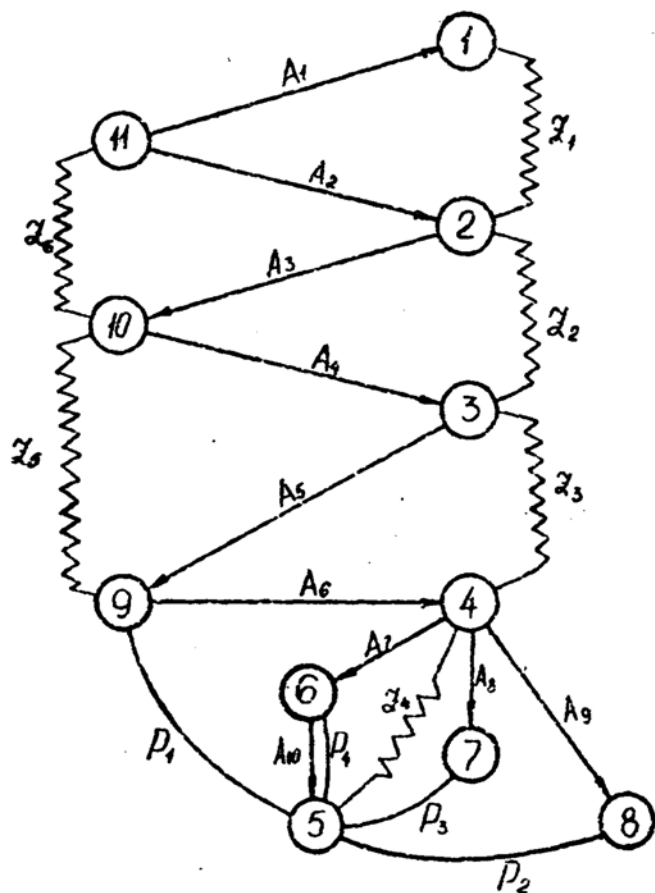


Рис. 10. Сокращенный граф технологических размерных цепей детали "Ступица"

Таблица 5

Расчет минимальных припусков деталей "Втулка"

Обозначение на разрезной схеме	Метод обработки на предыдущем переходе	Метод обработки на выполняемом переходе	Составляющие минимального припуска, мм				Величина минимального припуска, мм
			$R_z(i-1)$	$h(i-1)$	$\Delta x(i-1)$	ξi	
Z_i	$(i-1) \cdot i$	$i \cdot i$				Z_{imin}	
Z_1	Прокат обочной точности после отрезки на ножницах	Черновое точение	0,150	0,150	0,012	0,10	0,442
Z_2	Черновое точение	Чистовое точение	0,050	0,050	-	0,130	0,260
Z_3	Чистовое точение	Предварительное шлифование	0,032	0,030	-	-	0,062
Z_4	Предварительное шлифование	Окончательное шлифование	0,010	-	-	-	0,010
Z_5	Черновое точение	Чистовое точение	0,050	0,050	-	0,130	0,260
Z_6	Прокат обочной точности после отрезки на ножницах	Черновое точение	0,150	0,150	0,012	0,130	0,442

Таблица 6

Расчет технологических размеров деталей "Втулка"

Обозначение	Замыкающее звено	Величина, мм	Уравнение цепи	Составляющие звенья (технологические размеры)			Принятая технологическая размер, мм
				Расчет значения замыкающего звена A_i , мм	Расчетные допуски δ_i , мм	Технологические допуски δ_i , мм	
I		2	3		5	6	7
P ₁		9-0,15	$P = A_2 + A_3 + A_{10}$	$A_{2max} = A_{2max} + A_{3min} + A_{10min}$ (4) $A_{2min} = A_{2min} + A_{3max} + A_{10max}$ (5) $A_{2max} = 9,00 + 0,15 + 0,01$ $A_{2min} = 9,00 + 0,15 + 0,01$	$\delta_P = A_{2max} - A_{2min} = 0,084$	Допуск при сборке вольного значения по критерию О.Г.С. [3, табл. 5]	$A_2 = 9,01 \pm 0,015$
P ₂		7,3±0,075	$P_2 = A_1 + A_7 + A_{10}$	$A_{7max} = A_{7max} + A_{1min} + A_{10max}$ (6) $A_{7min} = A_{7min} + A_{1max} + A_{10min}$ (5) $A_{7max} = 7,35 + 0,15 + 0,01 = 7,51$ $A_{7min} = 7,35 + 0,15 + 0,01 = 7,51$	$\delta_{P_2} = 0,090$		$A_7 = 7,343 \pm 0,042$
P ₃		4,1±0,075	$P_3 = A_4 + A_7 + A_{10}$	$A_{4max} = A_{4max} + A_{7min} + A_{10max}$ (4) $A_{4min} = A_{4min} + A_{7max} + A_{10min}$ (5) $A_{4max} = 4,15 + 0,15 + 0,01 = 4,31$ $A_{4min} = 4,15 + 0,15 + 0,01 = 4,31$	$\delta_{P_3} = 0,090$		$A_4 = 4,243 \pm 0,038$

1	2	3	4	5	6	7
P ₄	1,5-0,1	P ₄ = A ₁₀	$\bar{A}_{10max} = A_{10max} \quad (4)$ $A_{10min} = A_{10min} \quad (5)$ $A_{10max} = P_{10max} = 1,500$ $A_{10min} = P_{10min} = 1,400$	0,100	0,006	A ₁₀ = 1,5-0,006
Z _{1min}	0,442	Z ₁ = A ₁ - A ₂	$\bar{A}_{1min} = Z_{1min} + \bar{A}_{2max} \quad (12)$ $A_{1min} = 0,442 + 10,794 = 11,236$	-	-	A ₁ = 11,236
Z _{2min}	0,260	Z ₂ = A ₃ - A ₄	$\bar{A}_{3min} = Z_{2min} + \bar{A}_{4max} \quad (12)$ $A_{3min} = 0,260 + 9,512 = 9,772$	-	0,150	A ₃ = 9,922-0,15
Z _{3min}	0,062	Z ₃ = A ₅ - A ₆	$\bar{A}_{5min} = Z_{3min} + \bar{A}_{6max} \quad (12)$ $A_{5min} = 0,062 + 9,010 = 9,072$	-	0,090	A ₅ = 9,162-0,09
Z _{4min}	0,010	Z ₄ = A ₇ - A ₁₀	$\bar{A}_{7min} = Z_{4min} + \bar{A}_{10max} \quad (12)$ $A_{7min} = 0,010 + 1,500 = 1,510$	-	0,060	A ₇ = 1,57-0,06
Z _{5min}	0,260	Z ₅ = A ₄ - A ₅	$\bar{A}_{4min} = Z_{5min} + \bar{A}_{5max} \quad (12)$ $A_{4min} = 0,260 + 9,162 = 9,422$	-	0,090	A ₄ = 9,512-0,09
Z _{6min}	0,442	Z ₆ = A ₂ - A ₃	$\bar{A}_{2min} = Z_{6min} + \bar{A}_{3max} \quad (12)$ $A_{2min} = 0,442 + 9,922 = 10,364$	-	0,430	A ₂ = 10,794-0,43

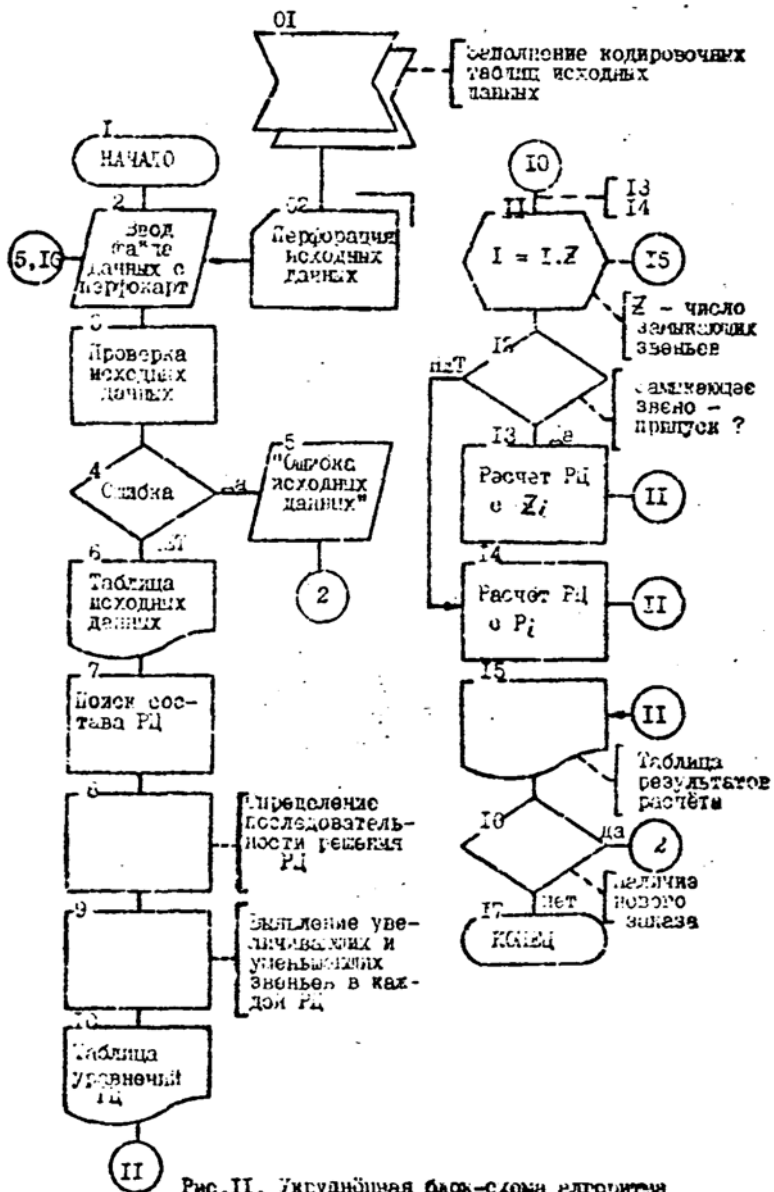


Рис. II. Блок-схема алгоритма расчета осей P_i

Таблица 7

Содержание, последовательность и форма записок исходных данных на первую ст. л. кс

Типст пользо-вателя	Код материала на заготовках	Код, уточняющий метод получения заготовки	Форма детали	Число за-мыкающих звеньев (равно числу составля-ющих...), но не более 75!	Наибольшая габаритная размер, мм не более 500 мм!	
ИТМ-55	I	I (1) сталь II (2) алюминий и сплавы III (3) чугуны	I (1) для отливки из стали или чугуна - класс точности: I - (1), 2 - (1), 3 - (2)	Цилиндри-ческая (1) Призматиче-ская (1)	53, С точка!	
			I (1)			II (1)
			I (1) для проката - способ резки: на ножницах - (1) дисковыми пилами - (2) отрезными резцами - (3) на прессах - (4)			I (1)
ИТМ-55	I	I	∅	II	53, С точка!	
ИТМ-55	I	I	∅	II	53, С точка!	
	40	45	50	55	59 60 61	70

Таблица 6

Содержание, последовательность и форма записи исходных данных на второй и последующих строках

Замыкающие звенья		Составляющие звенья																					
Левая гра-ница	Правая гра-ница	Пределные размеры, мм (для припуска - нуль)		Левая гра-ница	Правая граница (обрабо-танный на данной операции поверх-ность)	Мод метода получения заготовки для меха-нической обработки	Система цусета-новки допуска	Габаритный размер в поперечном сечении обработан-ной повер-хности, мм															
		МАХ	МИН						Вал \varnothing	Отверстие $\begin{matrix} \textcircled{1} \\ \textcircled{2} \end{matrix}$													
2	11	53,0	52,6	I	I2	I2		14,0															
\varnothing	2	точка!	точка!	\varnothing	1 2	\varnothing 1 2		точка!															
1	2 3 4	53,0	2,6	\varnothing	1 2	\varnothing 1 2		14,0															
	1 2 3 4 5 6	15 16	25 26	27	28 29	30 31	32	33 34	35 36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Исходные данные

Название Резерв РИ Штур КНН77 Кол.п/к лист 1 листов 1

ИД ПИД
ЭС ЭИМ
ФОРТРАП
П/И

Метка	Оператор	Идентифик.
02001	01112	01112
02002	01112	01112
02003	01112	01112
02004	01112	01112
02005	01112	01112
02006	01112	01112
02007	01112	01112
02008	01112	01112
02009	01112	01112
02010	01112	01112
02011	01112	01112
02012	01112	01112
02013	01112	01112
02014	01112	01112
02015	01112	01112
02016	01112	01112
02017	01112	01112
02018	01112	01112
02019	01112	01112
02020	01112	01112
02021	01112	01112
02022	01112	01112
02023	01112	01112
02024	01112	01112
02025	01112	01112
02026	01112	01112
02027	01112	01112
02028	01112	01112
02029	01112	01112
02030	01112	01112
02031	01112	01112
02032	01112	01112
02033	01112	01112
02034	01112	01112
02035	01112	01112
02036	01112	01112
02037	01112	01112
02038	01112	01112
02039	01112	01112
02040	01112	01112
02041	01112	01112
02042	01112	01112
02043	01112	01112
02044	01112	01112
02045	01112	01112
02046	01112	01112
02047	01112	01112
02048	01112	01112
02049	01112	01112
02050	01112	01112
02051	01112	01112
02052	01112	01112
02053	01112	01112
02054	01112	01112
02055	01112	01112
02056	01112	01112
02057	01112	01112
02058	01112	01112
02059	01112	01112
02060	01112	01112
02061	01112	01112
02062	01112	01112
02063	01112	01112
02064	01112	01112
02065	01112	01112
02066	01112	01112
02067	01112	01112
02068	01112	01112
02069	01112	01112
02070	01112	01112
02071	01112	01112
02072	01112	01112
02073	01112	01112
02074	01112	01112
02075	01112	01112
02076	01112	01112
02077	01112	01112
02078	01112	01112
02079	01112	01112
02080	01112	01112
02081	01112	01112
02082	01112	01112
02083	01112	01112
02084	01112	01112
02085	01112	01112
02086	01112	01112
02087	01112	01112
02088	01112	01112
02089	01112	01112
02090	01112	01112
02091	01112	01112
02092	01112	01112
02093	01112	01112
02094	01112	01112
02095	01112	01112
02096	01112	01112
02097	01112	01112
02098	01112	01112
02099	01112	01112
02100	01112	01112
02101	01112	01112
02102	01112	01112
02103	01112	01112
02104	01112	01112
02105	01112	01112
02106	01112	01112
02107	01112	01112
02108	01112	01112
02109	01112	01112
02110	01112	01112
02111	01112	01112
02112	01112	01112
02113	01112	01112
02114	01112	01112
02115	01112	01112
02116	01112	01112
02117	01112	01112
02118	01112	01112
02119	01112	01112
02120	01112	01112
02121	01112	01112
02122	01112	01112
02123	01112	01112
02124	01112	01112
02125	01112	01112
02126	01112	01112
02127	01112	01112
02128	01112	01112
02129	01112	01112
02130	01112	01112
02131	01112	01112
02132	01112	01112
02133	01112	01112
02134	01112	01112
02135	01112	01112
02136	01112	01112
02137	01112	01112
02138	01112	01112
02139	01112	01112
02140	01112	01112
02141	01112	01112
02142	01112	01112
02143	01112	01112
02144	01112	01112
02145	01112	01112
02146	01112	01112
02147	01112	01112
02148	01112	01112
02149	01112	01112
02150	01112	01112
02151	01112	01112
02152	01112	01112
02153	01112	01112
02154	01112	01112
02155	01112	01112
02156	01112	01112
02157	01112	01112
02158	01112	01112
02159	01112	01112
02160	01112	01112
02161	01112	01112
02162	01112	01112
02163	01112	01112
02164	01112	01112
02165	01112	01112
02166	01112	01112
02167	01112	01112
02168	01112	01112
02169	01112	01112
02170	01112	01112
02171	01112	01112
02172	01112	01112
02173	01112	01112
02174	01112	01112
02175	01112	01112
02176	01112	01112
02177	01112	01112
02178	01112	01112
02179	01112	01112
02180	01112	01112
02181	01112	01112
02182	01112	01112
02183	01112	01112
02184	01112	01112
02185	01112	01112
02186	01112	01112
02187	01112	01112
02188	01112	01112
02189	01112	01112
02190	01112	01112
02191	01112	01112
02192	01112	01112
02193	01112	01112
02194	01112	01112
02195	01112	01112
02196	01112	01112
02197	01112	01112
02198	01112	01112
02199	01112	01112
02200	01112	01112

З А К А Ч И К АРЕНДОВ В.В. МТМ-ЭФ ПЛЕЦ МПА 22

ТАБЛИЦА И

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ (ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ВОДА В ЭВМ)

МАТЕРИАЛ.....		СТАЛЬ		ММ - РА -		МЕТОД ОБРАБОТКИ		СИСТ.		
ГОЛОС ПОЛУЧЕНИЯ.....		ПРОКАТ ГОРЯЧКАТ		ММШ		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		ДОПУС		
КЛАСС (СТЕПЕНЬ) ТОЧНОСТИ..		ПОВЫШЕН.ТОЧНОСТРОЗН. РЕЗЦАМИ		ЗВЕНА: ЗВЕНА:		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		КА		
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕР.....		53.000		МАХ : МИН		МАМЕНОВАНИЕ		КОА		
ЗАКАЗНЫЕ ЗВЕНЫ		33.000		А 1		112		ПСКАТ ГОРЯЧКАТ		
В-ЧЕРТЕЖ. РАЗМЕР, Э-ПРИМУК		10.120		А 2		111		ПОВЫШЕН.ТОЧНОСТ		
ИМ - ПРИБЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ		4.300		А 3		112		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
ВЕС : ММШ		10.000		А 4		2 5		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
ЗВЕНА: ЗВЕНА:		32.750		А 5		2 7		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
P 1		17.000		А 6		2 0		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
P 2		8.100		А 7		2 4		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
P 3		8.100		А 8		2 3		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
Z 1		0.0		А 9		2 0		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
Z 2		0.0		А 10		0 10		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
Z 3		0.0		А 11		10 9		ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ		
P 1	211	53.000	32.000	A 1	112	ПСКАТ ГОРЯЧКАТ	12	ВАЛ	12	14.
P 2	2 0	17.120	10.000	A 2	111	ПОВЫШЕН.ТОЧНОСТ	74	ВАЛ	11	14.
P 3	2 5	4.300	4.220	A 3	112	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ВАЛ	2	14.
P 4	4 6	10.200	10.000	A 4	2 5	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ОСЬ	5	10.
P 5	6 10	33.000	32.750	A 5	2 7	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ОСЬ	7	14.
P 6	6 0	10.120	17.000	A 6	2 0	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ОСЬ	6	10.
P 7	6 7	0.100	9.000	A 7	2 4	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	76	ВАЛ	0	0.
P 8	9 10	8.100	7.950	A 8	2 3	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ОСЬ	5	6.
Z 1	1 2	0.0	0.0	A 9	2 0	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ОСЬ	0	10.
Z 2	5 6	0.0	0.0	A 10	0 10	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ВАЛ	10	10.
Z 3	11 12	0.0	0.0	A 11	10 9	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	74	ОСЬ	0	10.

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЗВЕНЫ

СПРАВОЧНИК
 НА ПОВЕРХ

РЕЗУЛЬТАТУ РАСЧЕТА : УРАВНЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕДЕА

НОМЕР : ИМЗВ : УРАВНЕНИЕ В СИМВОЛЬНОМ ФОРМЕ
 РЕВЕННИ : ЗВЕНО : УРАВНЕНИЕ В ЦИФРОВОМ ФОРМЕ

1	A 3	P 1m+A 3	211k+211
2	A 6	P 2m+A 6	2 6m+6 2
3	A 8	P 3m+A 8	2 3m+3 2
4	A10	P 5m+A10	610m+10 6
5	A11	P 6m+A11	610m+10 6
6	A 7	P 4m+A 7+A 6	4 6m+2 4m+6 2
7	A 9	P 6m+A 6+A 9	6 8m+6 2m+8 2
8	A 5	P 7m+A 6+A 5	6 7m+6 2m+7 2
9	A 2	2 1m+A 3+A 2	1 2m+210+111
10	A 4	2 2m+A 4+A 6	5 6m+2 2m+6 2
11	A 1	2 3m+A 2+A 1	1112m+111+12 1

ЗАМКНУТИЕ ЗВЕНЬ

P-ЧЕРТЕЖИ. РАЗМЕР, Z-ПРИМЛУК

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЗВЕНЬЯ

Таблица 12

ИМ-ЗВЕНА	ГРА-ЗВЕНА	ПРЕДЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ-ЗВЕНА	ГРА-ЗВЕНА	МЕТОД ОБРАБОТКИ	НОМИНАЛ	ОТКОМПЕНСИЯ	
							ВЕРХНЕЕ	НИЖНЕЕ
P 1	211	33,920	A 1	12 1	ПРОКЛ. ГОРЧЕКАТ	54,050	0,0	0,0
P 2	2 6	17,120	A 2	111	ПОВЫШ. ТОЧНОСТИ	55,250	0,0	-0,120
P 3	2 3	4,300	A 3	211	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	53,000	0,0	-0,120
P 4	4 6	10,200	A 4	2 3	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	10,774	0,004	0,0
P 5	610	33,000	A 5	7 2	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	25,000	0,042	-0,042
P 6	6 8	19,120	A 6	6 2	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	17,000	0,042	-0,042
P 7	6 7	0,100	A 7	2 4	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	6,950	0,0	-0,004
P 8	910	0,100	A 8	3 2	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	4,300	0,042	-0,042
Z 1	1 2	---	A 9	6 2	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	35,000	0,050	-0,050
Z 2	5 6	---	A10	10 6	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	33,000	0,0	-0,100
Z 3	1112	---	A11	10 9	ТОЧЕННЕ ЧИСТОБОЕ	0,000	0,042	-0,042

Э А К А З Ч И К ВТУЛКА

ИХОДНЫЕ ДАННЫЕ (ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ВВОДА В ЗНАК)

ОБЪЕМЫ О ЗАГОТОВКЕ										
МАТЕРИАЛ..... СТАЛЬ										
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ..... ПРОКАТ ГОРЯЧКАТ										
КЛАСС (СТЕПЕНЬ) ТОЧНОСТИ..... ОБЫЧНОА ТОЧНОСТНОТРЕЗН. РЕЗУЛМИ										
ГАРАНТИИВ РАЗМЕР..... 15.00R										
ЗАМКАЮЩИЕ ЗВЕНЬЯ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЗВЕНЬЯ										
Р-ЧЕРТЕЖИ, РАЗМЕР, Э-ПРИПУСК	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ	ИМ- ПРА- ПРЕДЕЛ. ЗНАЧЕНИЯ
ЗВЕНЬЯ	МАХ	МИН	ЗВЕНЬЯ	МАХ	МИН	ЗВЕНЬЯ	МАХ	МИН	ЗВЕНЬЯ	МАХ
P 1	3 9	0,000	0,000	1	11 1	ПРОКАТ ГОРЯЧКАТ	11	0A0	1	10.
P 2	3 0	7,375	7,225	2	11 2	ОБЫЧНОА ТОЧНОСТИ	71	0A0	2	10.
P 3	3 7	4,175	4,025	3	210	РОМ ОТ НЕОБР. ПОВ	72	0A0	10	10.
P 4	3 0	1,000	1,400	4	10 3	ТОЧЕННЕ ЧЕРНОВОЕ	74	0A0	3	10.
Z 1	1 2	0,0	0,0	5	3 9	ТОЧЕННЕ ЧИСТОУОЕ	74	0A0	9	10.
Z 2	2 3	0,0	0,0	6	9 4	МАНОУВ-ЧЕРНОВОЕ	112	0A0	4	10.
Z 3	3 4	0,0	0,0	7	4 0	ТОЧЕННЕ ЧИСТОУОЕ	74	0A0	6	10.
Z 4	4 5	0,0	0,0	8	4 7	ТОЧЕННЕ ЧИСТОУОЕ	74	000	7	0.
Z 5	9 10	0,0	0,0	9	4 0	ТОЧЕННЕ ЧИСТОУОЕ	74	000	0	0.
Z 6	10 11	0,0	0,0	10	0 3	МАНОУВ-ЧИСТОУОЕ	114	0A0	5	10.

800K 1

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА : УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ЦЕНЕВ

Таблица 14

НОМЕР НЕРАЗВ. УРАВНЕНИЕ В СФЕРИЧЕСКОМ ФОРМЕ

УРАВНЕНИЕ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФОРМЕ

НОМЕР НЕРАЗВ. УРАВНЕНИЯ	УРАВНЕНИЕ В СФЕРИЧЕСКОМ ФОРМЕ	УРАВНЕНИЕ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФОРМЕ
1	A15 P 400A1C	B 00 5 6
2	A 7 Z 400A100A 7	4 50- 5 60 4 4
3	A 6 P 100A 70A 00A10	5 00- 6 40 4 0 5 6
4	A 0 P 200A 70A 00A10	5 00- 6 40 0 0 5 6
5	A 0 P 300A 70A 00A10	5 70- 6 40 7 00 5 6
6	A 5 Z 300A 00A 5	5 40- 4 00 5 7
7	A 4 Z 500A 50A 4	5100- 3 00 3 3
8	A 3 Z 200A 40A 3	5 30-10 50 212
9	A 2 Z 600A 30A 2	10110- 2100 3 2
10	A 1 Z 100A 20A 1	4 20-11 20 1 1

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗНЕРНЫХ ЦЕНЕВ

Таблица 10

П-ЧЕРТЕЖН. РАЗЧЕР. Э-ПРИПУСК	ЗНАЧЕНИЯ ЗЕМЛЯ		СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЗЕМЛЯ		МОДУЛЬ	ОТКАЛОМЕТРА	ДЕПРИНЕ : МИКРО	
	ГРА : ПРИБЛ. ЗНАЧЕНИЯ	МУ-ЗЕМЛЯ : ЗЕМЛЯ	МЕТРОВ ОБРАБОТКИ	НОММЕНА				
P 1	3 9	0,000	0,000	A 1 11 1	ПРОНАТ ГОРЮЧАТА	11,750	0,0	0,0
P 2	5 6	7,375	7,205	A 2 11 2	ОБЪЕМ-ОД ТОЧНОСТИ	30,720	0,0	-0,520
P 3	5 7	4,175	4,025	A 3 210	РАС ДУ МКОСР. ПОР	0,920	0,0	-0,200
P 4	5 6	1,200	1,000	A 4 10 3	ТОЧНОСТИ ЧИСТОБОЕ	0,460	0,0	-0,004
Z 1	1 4	---	1,010	A 5 3 9	ТОЧНОСТИ ЧИСТОБОЕ	0,200	0,0	-0,004
Z 2	2 3	---	0,100	A 6 4 9	МАКОСР-ЕЧЕРНОБОЕ	0,100	0,0	-0,003
Z 3	3 4	---	0,100	A 7 6 4	ТОЧНОСТИ ЧИСТОБОЕ	1,004	0,0	-0,004
Z 4	4 5	---	0,100	A 8 7 4	ТОЧНОСТИ ЧИСТОБОЕ	4,250	0,022	-0,022
Z 5	016	---	0,100	A 9 6 4	ТОЧНОСТИ ЧИСТОБОЕ	7,432	0,022	-0,022
Z 6	101	---	0,200	A10 5 6	МАКОСР-ЕЧЕРНОБОЕ	1,500	0,0	-0,021

Семиклассно зрелая

Д-Чиртуха, размер, 7-Плещик
 ЛН : ЛРБ : ПЛОДОМ ЗНАЧЕНИЯ : ЛН : ЛРБ : СОСТАВЛЯЮЩЕ ЗРЕВЬЯ : ОТКЛОНЕНИЯ
 ЛЕКС : НАИЗ : МАХ : МИМ : ЛЕКС : НАИЗ : МЕТОД : ОБРАБОТКА : НОЖИЦА : ВЕРНУЕ : НАЖНОЕ
 ЗРЕВЬЯ ЗРЕВЬЯ : ЗРЕВЬЯ ЗРЕВЬЯ :

НОМЕР РЕЧЕНИЙ	1	МЕМЗВ, ЗВЕНЧА 110	КОД МЕТОДА	114					
Л	0.0	0.0							
С	1.50000	1.40000							
МЗ	0.0	0.0	ДМ	1.00000	СХ	0.0	FR	0.0	ДХ 137
МЗ	10	ЛХ	1.900	АН	1.400				1.00000
МЗ	0.2100	0.0	0.02100						
МЗ	10	ЛМ	1.5000	0.0	-0.02100	АН	1.5000	АН	1.4790
НОМЕР РЕЧЕНИЙ	2	МЕМЗВ, ЗВЕНЧА 7	КОД МЕТОДА	74					
Л	7.7	0.10000	0.24000	0.0					
С	1.50000	1.47900							
МЗ	0.0	0.0							
С	1.50000	1.47900							
МЗ	7	ЛМ	1.6500	0.0	-0.00400	АН	1.60400	АН	1.0000
НОМЕР РЕЧЕНИЙ	3	МЕМЗВ, ЗВЕНЧА 6	КОД МЕТОДА	112					
Л	1.00400	1.00000							
С	0.0	0.0							
МЗ	1.50000	1.47900							
С	0.00000	0.00000							
МЗ	1.47900	1.00400	ДМ	0.00000	СХ	1.50000	FR	1.00000	ДХ 137
МЗ	6	ЛХ	0.100	АН	0.000				0.00000
МЗ	0.4500	0.0	0.45000						
МЗ	6	ЛМ	0.1000	0.0	-0.24500	АН	0.1000	АН	0.0000
НОМЕР РЕЧЕНИЙ	4	МЕМЗВ, ЗВЕНЧА 9	КОД МЕТОДА	74					
Л	1.00400	1.00000							
С	0.0	0.0							
МЗ	1.50000	1.47900							
С	0.00000	0.00000							
МЗ	1.47900	1.00400	ДМ	7.22500	СХ	1.50000	FR	1.00000	ДХ 137
МЗ	9	ЛХ	7.475	АН	7.000				0.00000
МЗ	0.00400	0.0	0.00400						
МЗ	9	ЛМ	7.0000	0.0	-0.00000	АН	7.0000	АН	7.4000

MONEY PERMITS 5 MEM38, 38MCH=A 8 KCA METOJAE 74
 7 1.60482
 8 0.2
 18 1.50880
 5 4.17582
 CNE 1.47989 FX 1.60482 ZNE 4.82588 CNE 1.98888 FX 1.60482 4.17588
 M33- 6 AXK 4.275 ANK 4.238

 4.09488 0.0 4.06488
 M33- 5 AHI 8.2545 8.0225 -8.2229AK 4.2758AN 4.2380

 MONEY PERMITS 6 MEM38, 38MCH=A 3 KCA METOJAE 74
 M33- 5 ZNE 8.18889FX 8.58288KT 8.06888
 6 9.18889 9.25588
 5 0.0
 CNE 2.8 FX 9.18888 ZNE 8.18888
 5.68488 0.8 8.06488
 M33- 5 AHI 9.2548 8.0 -8.6848AK 9.2848AN 9.2888

 MONEY PERMITS 7 MEM38, 38MCH=A 4 KCA METOJAE 74
 M33- 4 ZNE 8.18889FX 8.28888KT 8.06888
 5 9.28488 9.28888
 4 0.0
 CNE 8.8 FX 9.28488 ZNE 8.18888
 8.08488 2.0 8.06488
 M33- 4 AHI 9.4688 8.0 -8.2848AN 9.4888AN 9.3888

 MONEY PERMITS 8 MEM38, 38MCH=A 3 KCA METOJAE 72
 M33- 3 ZNE 8.18889FX 8.28888KT 8.12888
 4 9.46888 9.38488
 3 8.8
 CNE 2.8 FX 9.46888 ZNE 8.18888
 2.28888 2.2 8.25888
 M33- 3 AHI 9.9288 8.0 -8.2888AN 9.9288AN 9.6488

 MONEY PERMITS 9 MEM38, 38MCH=A 2 KCA METOJAE 71
 M33- 2 ZNE 8.38889FX 8.88888KT 8.24888
 3 9.92888 9.64788
 2 8.8
 CNE 8.8 FX 9.92888 ZNE 8.38888
 8.28888 8.0 8.52888
 M33- 2 AHI 12.7488 8.8 -8.5288AN 12.7488AN 10.2288

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ивашченко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизация. - М.: Машиностроение, 1975. - 222 с.
2. Мордвинов Б.С., Огурцов В.С. Расчет технологических размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки: Учеб. пособие. - 2-е изд. Омский политехн. ин-т. - Омск, 1975. - 160 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мазарякова. - 4-е изд., перераб. и доп.: В 2 т. - М.: Машиностроение, 1985. - Т. I. - 656 с.
4. Калачев О.Н., Савицкий Б.Т. Применение вычислительной техники при курсовом и дипломном проектировании по технологии машиностроения: Учеб. пособие / Ярослав. политехн. ин-т. - Ярославль, 1982. - 83 с.