

МВССО РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ  
ИНСТИТУТ им. акад. С.П.КОРЖЕВА

Кафедра производства двигателей летательных аппаратов

И.А.Иващенко, Н.И.Потапова, Э.К.Салугин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ДОМАШНЕМУ ЗАДАНИЮ ПО КУРСУ "ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ"

Куйбышев - 1983

	Стр.
1. В в е д е н и е.....	3
2. Порядок выполнения домашнего задания.....	3
3. Технологическая проработка чертежа детали.....	4
4. Расчет диаметральных операционных размеров.....	6
4.1. Определение припусков на обработку цилиндрических поверхностей.....	6
4.2. Определение диаметральных операционных размеров... 8	
5. Расчет линейных операционных размеров.....	10
5.1. Построение размерной схемы технологического процесса.....	10
5.2. Выявление и построение размерных цепей.....	12
5.3. Определение операционных размеров.....	14
5.3.1. Назначение (выбор) допусков на линейные операционные размеры.....	14
5.3.2. Расчет размерных цепей.....	17
6. Расчет линейных операционных размеров с использованием ЭВМ.....	20
6.1. Подготовка и кодирование исходной информации.....	20
6.2. Описание карты исходной информации и порядок ее заполнения.....	22
6.3. Краткое описание укрупненной блок-схемы алгоритма расчета линейных операционных размеров.....	28
7. Приложение.....	32
8. Литература.....	40

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Домашнее задание по технологическим размерным расчетам предусмотрено разделом "Теоретические основы технологии производства двигателей летательных аппаратов". Оно предназначено для закрепления знаний, полученных при слушании лекций по разделу, приобретения навыков в построении размерных цепей и освоения методики их расчета.

Эти знания и навыки будут необходимы для выполнения заданий по второй технологической и преддипломной практик, при курсовом и дипломном проектировании по технологии механической обработки.

Кроме того, для специалистов, работающих в технологических бюро и непосредственно в производстве механических и механо-сборочных цехов, эти знания необходимы для успешного выполнения производственных заданий с точки зрения повышения качества выпускаемой продукции и сокращения сроков подготовки производства.

Авторы выражают благодарность ст. инж. Трухману И.М. за большую помощь, оказанную им, при подготовке данной работы.

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ.

Настоящее задание предусматривает расчет размерных цепей как традиционным (ручным) методом, так и с использованием ЭВМ.

Домашнее задание по расчету операционных размеров выдается студентам после того, как завершено чтение лекций по соответствующей теме. С этой целью в учебной программе раздела предусмотрено проведение практических занятий, где студенты на конкретном примере учатся выполнять технологические размерные расчеты и одновременно получают консультации по своему индивидуальному заданию.

Для выполнения работы необходимо:

1. Изучить настоящие методические указания.
2. Изучить чертеж детали с одновременной технологической проработкой и план операций с выявлением этапов обработки.
3. Произвести расчет диаметральных операционных размеров с выполнением двух схем расположения операционных размеров, полей операционных припусков и допусков на обработку для

размеров, выдерживаемых в системах вала и отверстия (по указанию преподавателя).

4. Построить размерную схему обработки детали и размерные цепи.

5. Произвести расчет 6-и - 7-и (по указанию преподавателя) операционных размеров.

6. Подготовить исходную информацию и заполнить КИИ.

7. Получить результаты расчета операционных размеров с ЭВМ.

8. Дать сравнительный анализ результатов расчета, выполненных ручным способом и полученных с ЭВМ, сделать соответствующие выводы.

9. Оформить расчетно-пояснительную записку.

10. Сдать отчет преподавателю.

### 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ.

Исходной информацией для определения операционных размеров являются чертеж детали и технология, содержащая операционные эскизы (рис. 1).

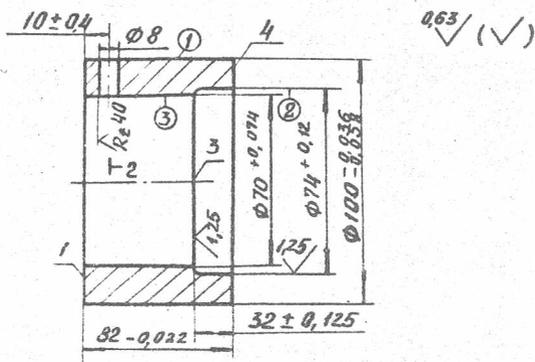
Прежде чем приступить к расчету операционных размеров, необходимо ознакомиться с системой простановки размеров, требуемой точностью, шероховатостью поверхностей, материалом детали.

Систем, проставить допуски на свободные размеры по ОСТ 100022-80 (см. П. Таблица 1).

Часть размеров в чертеже детали задаются по посадкам отличным от основной. Следует номиналы этих размеров пересчитать так, чтобы допуск на них располагался по основной системе. Например, по чертежу размер вала задан в системе отверстия  $\phi 100_{-0,036}^{-0,058}$ . Его следует представить в виде  $99,964_{-0,022}^{-0,058}$ .

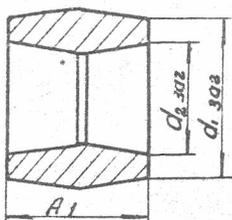
а) Упрощенный чертеж детали

5

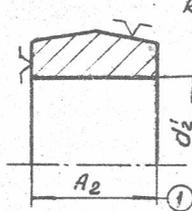


б) План операций

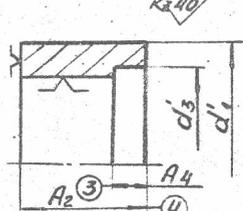
Оп5. Штамповка



Оп10 Токарная черновая  $R_{e 40}$

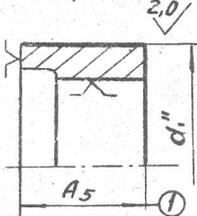


Оп15 Токарная черновая  $R_{e 40}$

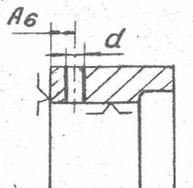


Оп25 Токарная чистовая  $2,0$

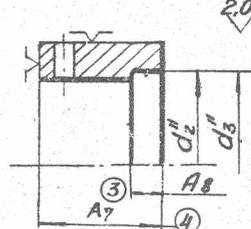
Оп20 Термообработка



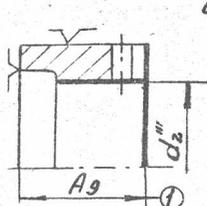
Оп30 Сверление отверстия  $R_{e 40}$



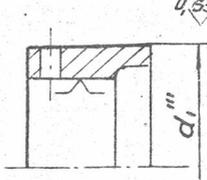
Оп35 Токарная чистовая  $2,0$



Оп40 Шлифование  $0,63$



Оп45 Шлифование  $0,53$



Оп50 Шлифование  $0,63$

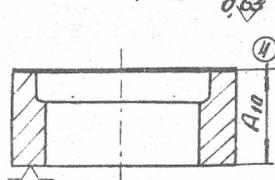


Рис. 1.

## 4. РАСЧЕТ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

## 4.1. Определение припусков на обработку цилиндрических поверхностей.

При определении операционных размеров необходимо иметь сведения об операционных припусках.

В практике используются два способа определения припусков на механическую обработку: аналитический и нормативный. При первом способе предусматривается определение составляющих операционного припуска ( $Z_{ia}, Z_{ib}, Z_{ic}$ ) и последующее их суммирование. При втором способе припуски на заданную ступень обработки выбираются из таблиц нормативов. В авиационной промышленности рекомендуется пользоваться нормативами ОЗОО-02. В приложении (II. Таблицы 2...3) даны таблицы номинальных припусков, составленные на их основе с некоторыми изменениями и сокращениями, учитывающие специфику конструкции деталей в домашнем задании. Припуски на заданную ступень выбираются из таблиц в зависимости от вида и варианта обработки, габаритов детали и включают все составляющие припуски для некоторых осредненных условий.

Для наглядности на рис. 2 приведена схема расположения полей операционных припусков и допусков на обработку поверхностей вала и отверстия. С помощью этой схемы осуществляется решение задачи по определению операционных размеров, максимальных и минимальных значений операционных припусков. Так, предельные значения припуска для всех ступеней обработки кроме первой, определяются следующими равенствами для вала:

$$Z_{i \max} = d_{(i-1) \max} - d_{i \min} = Z_i + T_i \dots \dots \dots (1)$$

$$Z_{i \min} = d_{(i-1) \min} - d_{i \max} = Z_i - T_{i-1} \dots \dots \dots (2)$$

для отверстия:

$$Z_{i \max} = D_{i \max} - D_{(i-1) \min} = Z_i + T_i \dots \dots \dots (3)$$

$$Z_{i \min} = D_{i \min} - D_{(i-1) \max} = Z_i - T_{i-1} \dots \dots \dots (4)$$

Припуск на первую (черновую) обработку для вала и отверстия соответственно:

$$Z_{1 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{1 \min} = Z_1 + T_1 + e_s$$

$$Z_{1 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{1 \max} = Z_1 + e_i$$

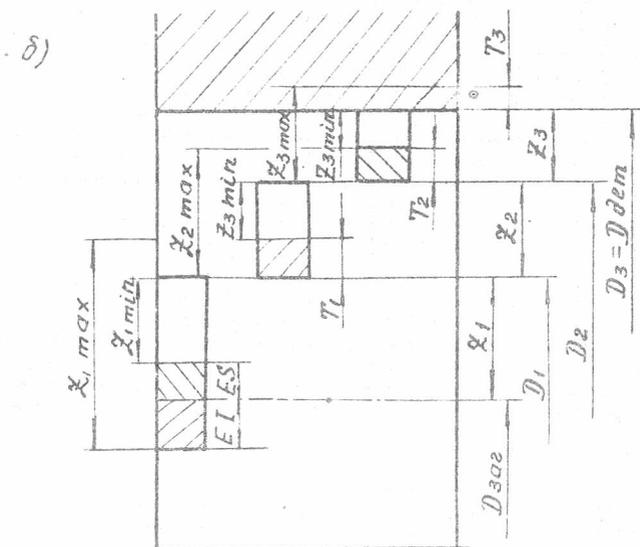
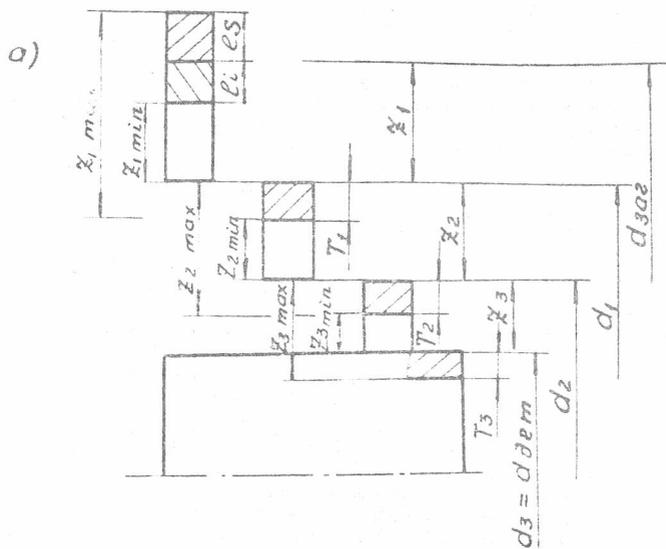


Рис. 2. Схема расположения полей операционных припусков и допусков на обработку вала (а), отверстия (б).

$$Z_{i \max} = D_{i \max} - D_{3a2 \min} = Z_i + T_i + E_i$$

$$Z_{i \min} = D_{i \min} - D_{3a2 \max} = Z_i - E_i$$

#### 4.2. Определение диаметральных операционных размеров.

Расчет операционных размеров цилиндрических поверхностей при использовании номинальных значений припусков выполняется по следующим уравнениям:

$$d_{i-1} = d_i - Z_i \dots \dots \dots (5) \text{ - для вала}$$

$$D_{i-1} = D_i - Z_i \dots \dots \dots (6) \text{ - для отверстия}$$

где  $d_i, D_i$  — операционные размеры на данной ступени обработки (соответственно вала и отверстия);  
 $d_{i-1}, D_{i-1}$  — операционные размеры предшествующей ступени обработки;  
 $Z_i$  — номинальный припуск на данную ступень обработки.

Расчет начинается с установления размера, припуска и допуска для операции окончательной обработки поверхности, для которой размер и допуск равны чертежным. Затем, путем постепенного наслаивания припусков от готовой детали к исходной заготовке вычисляются операционные размеры и заканчивается расчет определением размеров исходной заготовки.

Расчет удобно вести по форме, указанной в таблице 1.

Таблица 1.

Таблица расчета операционных размеров на поверхность с размерами

$$d = 100 \begin{matrix} -0,036 \\ -0,058 \end{matrix}; \quad \ell = 82 \begin{matrix} -0,022. \end{matrix}$$

№п/п	Наименование операции	Операционный размер			Операционный допуск	Припуски				
		Обозначение	Расчетный	Принятый		Обозначение	Номинальный	Наим	Наиб	З <sub>мин</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
45	Шлифовальная	$d_3 = d_g$	99964	99964	-0,022	$Z_3$	0,5	0,536	0,316	0,558
25	Токарная чистовая	$d_2$	100464	100,5	-0,22	$Z_2$	1,8	1,8	1,260	2,02
20	Термообработка	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	Токарная черновая	$d_1$	102,3	102,3	-0,54	$Z_1$	3,0	3,2	2,5	4,84
5	Штамповка	$d_{3a2}$	105,3	105,5	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,7 \end{matrix}$					

Подобные таблицы составляются для каждой цилиндрической поверхности детали.

В таблицу 1 (колонки 1, 2) вносят все операции (начиная с последней), в которых обрабатывается рассматриваемая поверхность. Такими операциями являются 45, 25, 20, 10, 5 (рис. 16). В колонках 4 и 6 первой строки проставляются соответственно размер, заданный конструктором (пересчитанный на технологический) и допуск. Затем из таблицы (П. Таблица 7) выбирается нормативный (номинальный) припуск на шлифование  $Z_3$ . Данная поверхность ( $d=100$ ;  $l=82$ ) подвергается однократному шлифованию после термообработки, что соответствует 1-му варианту. Выбранный припуск  $Z_3=0,5$  мм заносится в колонку 5, далее по формуле 1 рассчитывается операционный размер -  $d_2$  на токарную чистовую обработку.

$$d_2 = d_3 + Z_3 = 99,964 + 0,5 = 100,464.$$

Прежде чем перейти к расчету последующего размера ( $d_1$ ) проводится округление данного -  $d_2$  до технологического окончания (П. Таблица 8) в сторону увеличения припуска; т.е. если допуск на размер поставлен по основной системе: для вала - по системе вала ( $ES=0$ ) - в сторону увеличения размера, для отверстия - по системе отверстия ( $EJ=0$ ) - в сторону уменьшения размера. В случае незначительного отклонения размера от технологического окончания (например  $\phi 52,0$  2мм) можно для вала принять меньшее значения размера, для отверстия - большее. Результат округления помещается в 5-ю колонку второй строки. Затем корректируется значение припуска на шлифование. Для этого вычисляется разность между округленной и расчетной величиной операционного размера  $d_2$ .

$$100,5 - 100,464 = 0,036.$$

Эта разность прибавляется к нормативному значению припуска:

$$Z_{корр} = 0,5 + 0,036 = 0,536.$$

и заносится в колонку 9 первой строки. В колонке 6 проставляются операционные допуски. Величины их выбираются в соответствии с экономической точностью метода обработки, используемого в данной операции. Средне-экономическую точность принято выражать качествами. В таблице (см. П. Таблица 10) даны рекомендации по их выбору, в табл. 11 - величины допусков. Чистовой обработке соответствует 11 качество т.е. операционный допуск для операции 25 принимаем равным  $0,22$  мм. Припуск  $Z_2$

на токарную чистовую обработку выбирается из таблицы (см. П. Таблица 3), а на токарную черновую обработку из таблицы (см. П. Таблица 2) и допуски  $T_2$  и  $T_1$  (соответственно на чистовую и черновую операции) из таблицы (см. П. Таблица 11) и заполняются колонки 4, 5, 6, 7, 8.

Допуски на размеры исходной заготовки назначаются из таблицы 15 Приложения в зависимости от взаимного расположения размера и линии разреза штампа.

Конечным этапом расчета является определение максимальных и минимальных значений припуска по схеме (рис. 2) и формулам (1, 2)

$$Z_{3max} = Z_3 + T_3 = 0,536 + 0,022 = 0,558$$

$$Z_{2max} = Z_2 + T_2 = 1,8 + 0,22 = 2,02$$

$$Z_{1max} = Z_1 + T_1 + e_s = 3,2 + 0,54 + 1,1 = 4,84$$

$$Z_{3min} = Z_3 - T_2 = 0,536 - 0,22 = 0,316$$

$$Z_{2min} = Z_2 - T_1 = 1,8 - 0,54 = 1,26$$

$$Z_{1min} = Z_1 - e_i = 3,2 - 0,7 = 2,5$$

Здесь  $e_s$  и  $e_i$  соответственно верхнее и нижнее отклонения размера заготовки.

Результаты вычисления предельных значений припусков указываются в колонках 10 и 11.

## 5. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ ТРАДИЦИОННЫМ (РУЧНЫМ) СПОСОБОМ.

### 5.1. Построение размерной схемы технологического процесса.

Для определения операционных линейных размеров строится размерная схема обработки (рис. 3а). Вычерчивается эскиз детали с чертежными размерами, которые помещаются в верхней части эскиза (над деталью). Для удобства составления размерных цепей и последующего машинного расчета поверхностям детали присваиваются номера слева направо в порядке возрастания: пов. 1, 2, 3, 4 (на рис. 3а номера обведены кружками), конструкторские размеры обозначаются буквами  $KR$ . Номер размера проставляется сначала от поверхности 1 в порядке увеличения размеров затем от пов. 2, 3 и т.д. Так, размеру  $10 \pm 0,4$  присвоено

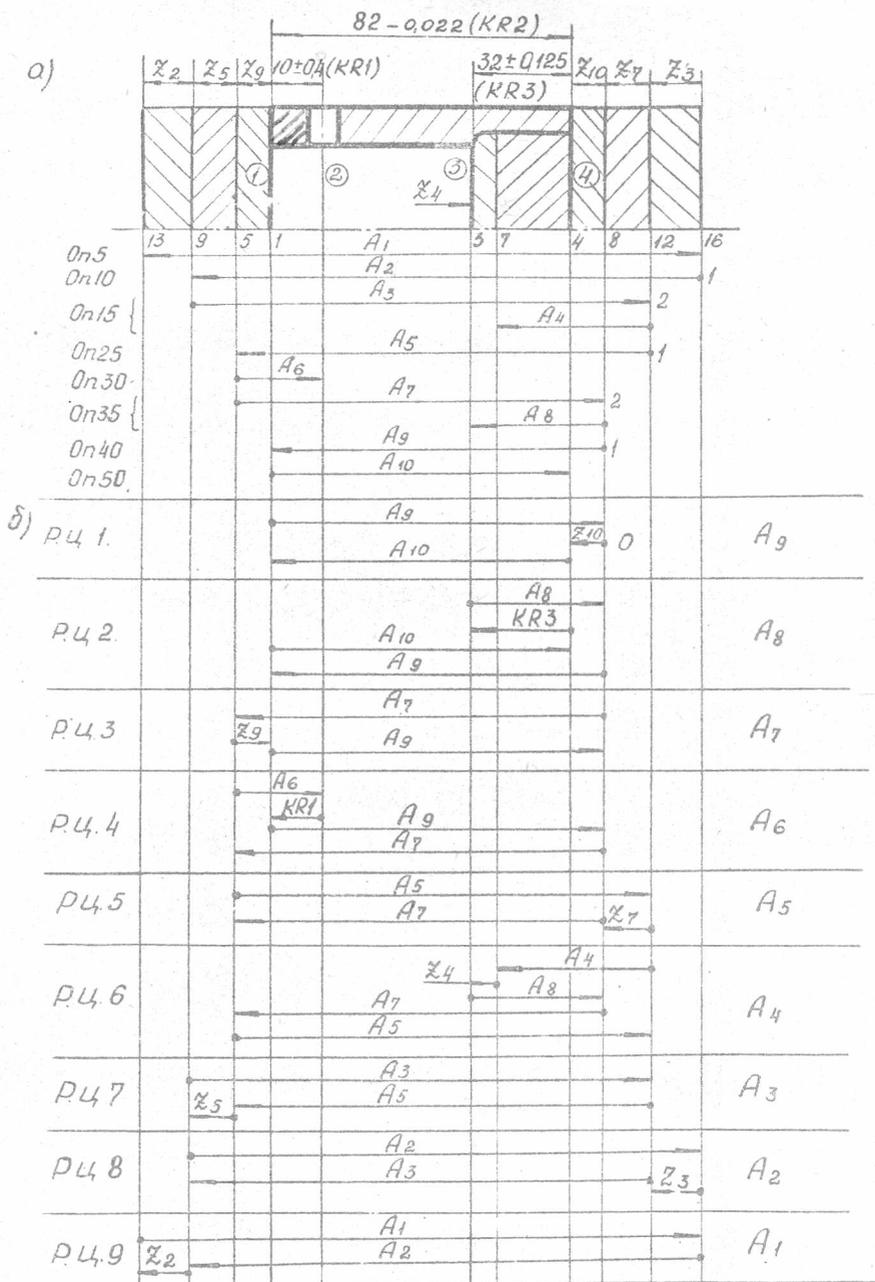


Рис 3. Размерная схема обработки детали (а), размерные цепи (б).

обозначение  $KR_1$ , размеру  $82_{-0,22}^{+0,22}KR_2$ , размеру заданному от торца  $32_{+0,125}^{+0,125} - KR_3$ . На торцевые поверхности детали условно наносятся припуски  $X_i$ . Для этого просматриваются все операционные эскизы и подсчитывается количество припусков на каждую торцевую поверхность. Например, торец 1 обрабатывается в операциях 10, 25 и 40. Следовательно, на поверхность 1 наносятся три припуска: на шлифование, чистовую и черновую токарные обработки. Припускам присваиваются номера операционных размеров, при выдерживании которых они снимаются. Торцевые поверхности заготовки, получаемые при обработке и поверхности исходной заготовки нумеруются по следующей системе: к номеру поверхности детали прибавляется цифра, равная числу торцевых поверхностей детали и осевых линий отверстий по данной координате. (В нашем примере — по оси X). У детали (рис. 3а) три торцевые поверхности 1, 3, 4 и осевая линия 2. Следовательно, к номерам поверхностей 1, 3, 4 прибавляется цифра 4. Так, для поверхности 1 границы припусков обозначаются цифрами 5, 9, 13. Через пронумерованные поверхности проводятся вертикальные линии. Между ними (под эскизом) — операционные размеры в порядке их выполнения, начиная с размеров исходной заготовки и кончая размерами окончательной обработки. Операционные размеры изображаются в виде вектора (—) с направлением стрелки к обрабатываемой поверхности и обозначаются буквами с индексом, соответствующим порядку их выдерживания. Например,  $A_1$  — размер исходной заготовки,  $A_2$  — первый операционный размер, получаемый при черновой обработке поверхности 1 и т.д. В карту информации детали размеры заносятся с индексом 01, 02, т.е.  $A_{01}, A_{02} \dots A_{10}$ .

### 5.2. Выявление и построение размерных цепей.

Построение размерных цепей начинается от конца технологического процесса. При выявлении звеньев, входящих в размерную цепь, следует помнить, что цепь должна быть замкнутой. В каждую размерную цепь входит одно замыкающее звено, одно неизвестное составляющее и  $m+n-1$  известных составляющих звеньев ( $m$  и  $n$  соответственно увеличивающие и уменьшающие составляющие звенья). Замыкающим звеном технологической размерной цепи является звено, которое при обработке непосредственно не выдерживается, а получается в результате выполнения

составляющих звеньев (операционных размеров). Замыкающими звеньями при расчете операционных размеров являются припуск на обработку или чертежный размер, непосредственно не выполняемый по технологическому процессу. Замыкающее звено может входить только в одну размерную цепь.

Построение размерных цепей начинают с выявления конструкторских размеров, совпадающих с операционными (ограниченными одними и теми же вертикальными линиями). В нашем примере размер  $KR2$  выполняется непосредственно. Ему соответствует операционный размер  $A_{10}$ . Поэтому принимаем  $A_{10} = 82_{-0,022}$ .

Размер  $A_9$  определяется из условия обеспечения минимального необходимого припуска при шлифовании торца 4. Для этого строится размерная цепь, в которой припуск  $X_{10}$  будет замыкающим звеном, поскольку он при обработке непосредственно не выдерживается. Припуск  $X_{10}$  находится между вертикальными 4 и 8, являющимися границами размеров  $A_{10}$  и  $A_9$ . Вторая граница этих размеров располагается на одной вертикали 1, т.е. образовался замкнутый контур-размерная цепь, состоящая из трех звеньев:  $X_{10}$ ,  $A_{10}$  и  $A_9$ . Звенья размерной цепи также изображаются в виде векторов. Направление стрелок представляется по ходу проверки замкнутости цепи и может не совпадать с направлением стрелок размерной схемы (рис. 3а). Обход размерной цепи можно производить с любого размера, в любом направлении (по или против хода часовой стрелки). Например, из точки 0 откладываем припуск  $X_{10} \longleftarrow$ , затем размер  $A_{10} \longleftarrow$  и  $A_9 \longleftarrow$  (не отрывая руки обводится контур размерной цепи).

Операционный размер  $A_8$  определяется, исходя из условия обеспечения заданного, но непосредственно не выдерживаемого конструкторского размера  $KR3 = 82_{-0,125}$ . Для построения цепи выявляются размеры, прилегающие к замыкающему звену  $KR3$  т.е. к вертикальным линиям 4 и 3.

Таковыми размерами являются: определяемый операционный размер  $A_8$  и размер  $A_{10}$ , совпадающий с конструкторским  $KR2$  (т.е. уже известный). Далее необходимо выявить и нанести размер (или размеры) известные, которые позволили бы перейти с вертикали 1 на 8 кратчайшим путем. К вертикали 8 прилегают два размера:  $A_9$  и  $A_7$ . Из двух звеньев  $A_9$  и  $A_7$  в размерную цепь следует включить размер  $A_9$ , ибо он примыкает к вертикали 1, являющейся общей с размером  $A_{10}$ . Размер  $A_7$

примыкает к вертикали 5, к которой подходят размеры  $A_6$  и  $A_5$ , не обеспечивающие переход на вертикаль 8. Следовательно в размерную цепь 2 входят звенья  $KR3, A_8, A_9$  и  $A_{10}$ .

Аналогично проводится построение остальных размерных цепей.

### 5.3. Определение операционных размеров.

Линейные операционные размеры определяются на основе решения технологических размерных цепей. Эта общая задача подразделяется на ряд частных задач, решаемых в определенной последовательности.

#### 5.3.1. Назначение (выбор) допусков на линейные операционные размеры.

Допуски на линейные операционные размеры проставляются в соответствии с экономической точностью используемых методов обработки.

В таблице 12 Приложения указывается среднеэкономическая точность (выраженная качествами) различных методов обработки. Числовые значения допусков приводятся в табл. 11 Приложения. При выборе операционных допусков следует учитывать состояние исходной базы-поверхности, относительно которой координируется положение обрабатываемой поверхности. В таблице 12 Приложения предусматривается простановка операционных размеров по трем схемам.

1. схема. Операционный размер отсчитывается от еще необработанной поверхности или обработанной в предшествующих операциях на ступень (или несколько ступеней) ниже рассматриваемой поверхности. Такими размерами являются  $A_2, A_5, A_9$ . На эти размеры допуски проставляются по более грубым качествам (например, для размера  $A_5$  по 14 качеству).

II схема. Исходная база и обрабатываемая в данной операции поверхность одного ранга, но обработаны с разных установок. Сюда относятся размеры  $A_3, A_7, A_{10}$ . Допуски на данные размеры проставляются на качество выше. Так, на размер  $A_7$  полученный (как размер  $A_5$ ) при чистовой обработке, допуск назначается не по 12 качеству, а по 11.

III схема. Исходная база и обрабатываемая поверхность

обработаны с одной установки (размеры  $A_4$ ,  $A_8$ ). В этом случае на точность размеров исключается влияние погрешности установки и допуски назначают по более высокому качеству. Для размера  $A_8$  по 10 качеству, а не по 11.

Допуски на размеры, определяемые из размерных цепей с замыкающими звеном—конструкторский размер, назначаются из условия выполнения основного правила суммирования допусков составляющих звеньев технологической размерной цепи:

$$\sum_{i=1}^{m+n} T_i \leq T_{\Delta} \quad (7)$$

В первом приближении операционные допуски  $T_{A_i}$  выбираются согласно вышеприведенным рекомендациям (табл. 12П, схемы 1, Д, Д). В случае нарушения условия (7) следует провести корректировку операционных допусков, т.е. уменьшить их до значений в схеме, соответствующего метода обработки. Например; при чистовой подрезке торца на размер, выдерживаемый по 1 схеме, проставить допуск не по 12 качеству, а по 11 или 10. при черновом шлифовании не по 10, а по 9 или 8 качествам.

В приведенном примере размерными цепями с замыкающим звеном—конструкторский размер являются цепи 2 и 4 (рис. 36).

Уравнения допусков для этих цепей:

$$T_{KR3} \geq T_{A8} + T_{A9} + T_{A10}$$

$$T_{KR1} \geq T_{A6} + T_{A7} + T_{A9}$$

Из чертежа детали (рис. 1а).

$$T_{KR3} = 0,25; \quad T_{KR1} = 0,8$$

Назначение допусков рекомендуется начинать с размерной цепи с наибольшим числом звеньев и с наиболее высокой точностью замыкающего звена, В настоящем случае с размерной цепи 2.

В этой цепи  $A_{10} = KR2 = 82 - 0,022$  размер  $A_9$  выдерживается в операции 40 при шлифовании торца 1. Допуск на этот размер должен быть проставлен по 10 качеству и в случае нарушения условия (7) ужесточен до 9 или 8-го качества. Значение размера  $A_9$  еще не определено и при выборе допусков берется приближенным:  $A_9$  больше  $A_{10} = 82$  на величину припуска ( $\sim 0,3 \dots 0,5$  мм), т.е.  $A_9$  входит в интервал размеров 80,3...120 (см. табл. 10). 10 качеству в данном интервале соответствует допуск  $T_{A9} = 0,14$  мм.

Размер  $A_8$  выдерживается в операции 35 при чистовой подрезке торца 3. В соответствии с методом обработки и III-ей схемой простановки размера допуск должен быть назначен по 10 качеству ( $T_{A_8} = 0,1\text{мм}$ ). Тогда сумма допусков равна

$$0,022 + 0,14 + 0,1 = 0,262,$$

что больше допуска  $T_{KR3} = 0,25$ .

В этом случае следует провести корректировку допуска на размер  $A_9$  согласно выше приведенной рекомендации, т.е. назначить допуск не по 10, а по 9 качеству.

$$T_{A_9} = 0,087, \text{ тогда}$$

$$T_{A_{10}} + T_{A_9} + T_{A_8} = 0,022 + 0,087 + 0,1 = 0,209,$$

что меньше  $T_{KR3} = 0,25$ .

В размерной цепи 4 допуск на размер  $A_7$  проставляется аналогично.

$$T_{A_7} = 0,22.$$

Допуск на размер  $A_9$  назначен в размерной цепи 2.

Допуск на расположение оси отверстия при сверлении (размер  $A_6$ ) может быть определен из уравнения (р.ц.4)

$$T_{A_6} = T_{KR1} - (T_{A_7} + T_{A_9}) = 0,8 - (0,22 + 0,087) = 0,493$$

Среднеэкономическая точность выдерживания размера-12 качество, ему соответствует допуск  $T_{A_8} = 0,27\text{мм}$ .

$$0,493 > 0,27$$

Допуск на размер, координирующий положение оси отверстия, проставляется по двухсторонней системе и может быть принят равным  $\pm 0,2\text{мм}$ .

При последующем решении размерных цепей размеры  $A_9$ ,  $A_8$ ,  $A_7$  и  $A_6$  берутся с установленными допусками, т.е.

$$T_{A_6} = 0,4$$

$$T_{A_7} = 0,22$$

$$T_{A_8} = 0,10$$

$$T_{A_9} = 0,087$$

## 5.3.2. Расчет размерных цепей.

Расчет операционных размеров проводится последовательно от первой цепи к последней.

Из первой размерной цепи определяется размер  $A_9$ .

Составляется уравнение в общем виде. При этом размеры, направленные в одну сторону (в нашем примере вправо), записываются с одним (положительным) знаком, а направленные в другую сторону - с обратным знаком.

$$A_9 - Z_{10} - A_{10} = 0$$

Уравнение замыкающего звена

$$Z_{10} = A_9 - A_{10}$$

Уравнение минимального значения замыкающего звена

$$Z_{10 \min} = A_{9 \min} - A_{10 \max}$$

Откуда определяется  $A_{9 \min}$

$$A_{9 \min} = A_{10 \max} + Z_{10 \min}$$

Минимально необходимый припуск  $Z_{i \min}$  вычисляется по формуле

$$Z_{i \min} = (R_z + H)_{i-1} + \Delta \varphi_{i-1}$$

где  $(R_z + H)_{i-1}$  - шероховатость и дефектный слой, оставшиеся после выполнения предшествующей ступени обработки;

$\Delta \varphi_{i-1}$  - погрешность формы торца после предварительной обработки.

В данном случае  $R_z$  и  $H$  и  $\Delta \varphi$ , оставшиеся после чистой подрезки торца 4' (в оп. 35). Значения указанных составляющих  $Z_{i \min}$  приводятся в табл. 14. Приложения.

$$Z_{10 \min} = 0,03 + 0,03 + 0,12 = 0,18 \text{ мм,}$$

тогда

$$A_{9 \min} = 82 + 0,18 = 82,18 \text{ мм.}$$

Размер  $A_9$  является охватываемым, т.е. допуск на него должен быть проставлен по системе вала (допуск в металл). Этой системе номинал равен максимальному значению размера (В-т)

$$A_9 = A_{9max} = A_{9min} + T_{A_9} =$$

$$= 82,18 + 0,087 = 82,267$$

18.

Далее следует произвести округление размера. Правильное округление приводится в блок-схеме (рис. 10), и поясняется рисунком (рис. 11).

$$A_9 = 82,3 - 0,087$$

Определение размера  $A_8$  производится, исходя из условия выдерживания конструкторского размера  $KR3 = 32 \pm 0,125$  (р.ц. 2).

Составляется уравнение цепи в общем виде.

$$A_8 - A_9 + A_{10} - KR3 = 0,$$

Батем записываются уравнения замыкающего звена и его предельных значений:

$$KR3 = A_8 + A_{10} - A_9;$$

$$KR3_{max} = A_{8max} + A_{10max} - A_{9min}$$

$$KR3_{min} = A_{8min} + A_{10min} - A_{9max}$$

Далее проводится решение уравнений относительно определяемого размера

$$A_{8max} = KR3_{max} + A_{9min} - A_{10max} =$$

$$= 32,125 + 82,213 - 82 = 32,338$$

$$A_{8min} = KR3_{min} + A_{9max} - A_{10min} =$$

$$= 31,875 + 82,3 - 81,978 = 32,197$$

Размер  $A_8$ , охватывающий, т.е. допуск на него должен быть проставлен по системе отверстия ( $A^{+T}$ ). Номинальное значение размера в этой системе равно минимальному

$$A_8 = A_{8min} = 32,197$$

Округление размера (см. рис. 10) должно производиться таким образом, чтобы скорректированные (округленные) значения не выходили за пределы, найденные из размерной цепи:

$$32,197 \leq A_{8скор} \leq 32,338$$

Следовательно  $A_{8min}$  округляется до ближайшего большого числа

$$A_8 = 32,2 \text{ мм.}$$

Батем проверяется верхняя граница размера

$$A_{8max} = A_{8min} + T_{A_8} = 32,2 + 0,1 = 32,3.$$

Следовательно

$$A_8 = 32,2^{+0,1}$$

Аналогично решаются остальные размерные цепи. Последним этапом является определение размеров заготовки (р.ц.9).

$$A_1 - A_2 - Z_2 = 0$$

$$Z_2 = A_1 - A_2$$

$$Z_2 \min = A_1 \min - A_2 \max$$

$$A_1 \min = A_2 \max + Z_2 \min$$

$Z_2 \min$  припуск на черновую обработку. Он включает в себя шероховатость, дефектный слой, погрешность формы штамповки. Значения этих величин выбираются из табл.14 Приложения.

Допуски на размеры заготовок назначаются двусторонними отклонениями из табл.15 (размер  $A_1$  перпендикулярен размеру штампа и образован в двух его половинах). Для данного размера -  $\begin{matrix} +1,4 \\ -0,7 \end{matrix}$ .

Определение номинального значения размера  $A_1$  ясно из схемы расположения допусков

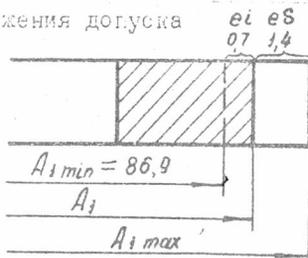


Рис.4. Схема расположения поля допуска на размер заготовки.

$$A_1 = A_1 \min + e_i = 86,9 + 0,7 = 87,6$$

Размер заготовки округляется до технологического окончания (П.Таблица 9).

$$A_1 = 87,8 \begin{matrix} +1,4 \\ -0,7 \end{matrix}$$

В методике рассмотрен один из вариантов решения размерной цепи, в состав которой входит один линейный размер заготовки.

Если в технологическую размерную цепь входят два и более линейных размеров штампованной заготовки, то расчет следует вести по методике, изложенной в работах [1,2,3].

## 6. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ.

Применение ЭВМ в технологических размерных расчетах значительно сокращает время проектирования технологических процессов, повышает надежность расчетов, качество проектирования и производительность труда инженеров-технологов.

Для моделирования размерных цепей и их расчета можно применять как специальные машины, так и ЭВМ различных поколений. Однако в зависимости от типа устройства, его технических характеристик продолжительность операции моделирования и расчета будет изменяться. Наиболее рациональными в этом отношении являются ЭВМ третьего поколения серии ЕС, которыми в настоящее время оснащаются вычислительные центры авиационной промышленности.

### 6.1. Подготовка и кодирование исходной информации.

Всю информацию, необходимую для расчета операционных размеров с использованием ЭВМ, можно разделить на два вида: постоянную и переменную.

Постоянная информация содержит многократно используемые для технологических размерных расчетов данные. Применительно к поставленной в настоящей работе задаче - выполнение домашнего задания по расчету технологических размерных цепей - постоянная информация включает в себя следующее:

- наименования методов обработки;
- наименования материалов, применяемых для изготовления деталей;
- справочно-нормативные данные для расчетно-аналитического метода определения минимально-необходимых припусков на механическую обработку поверхностей;
- справочно-нормативные данные для назначения допусков на операционные размеры.

Для ввода в ЭВМ эта информация представляется в буквенно-цифровом виде. Кодирование этой информации представлено в таблицах (см. П., таблицы 11...15).

Переменная информация включает данные чертежа детали и план операций. Она представляется в виде бланка задания,



выдаваемого каждому студенту.

Для расчета технологических размерных цепей на ЭВМ необходимо подготовить переменную информацию и занести ее в карту исходной информации (КИИ). На стр. 21 приведена форма КИИ, заполнения применительно к чертежу и плану операций, помещенному на стр. 5.

Для ввода во внешнее устройство ЭВМ информацию КИИ необходимо перенести на перфокарты. Перфорирование производится на специальных устройствах операторами вычислительного центра.

## 6.2. Описание карты исходной информации и порядок ее заполнения.

Карта исходной информации состоит из семи зон (см. рис. 5).

Зона 1 содержит Ф.И.О. студента, номер учебной группы; Ф.И.О. преподавателя, номер варианта, дату заполнения КИИ, код группы материала, количество линейных конструкторских размеров, количество диаметральных конструкторских размеров, количество линейных операционных размеров и коды поверхностей на заготовке.

Здесь необходимо пояснить заполнение кодов поверхностей на заготовке. Если линия разреза штампов параллельна линейным операционным размерам, то позиции с 60 по 80 не заполняются. В случае, если линия разреза перпендикулярна линейным операционным размерам, то в позициях 60...80 размещаются коды поверхностей детали на заготовке. Причем в позициях 60...70 указываются коды поверхностей, расположенных в левой половине штампа, а в позициях 71...80 - в правой. На код каждой поверхности отведено по две позиции.

Промиллюстрируем вышеописанное на примере (см. рис. 6).

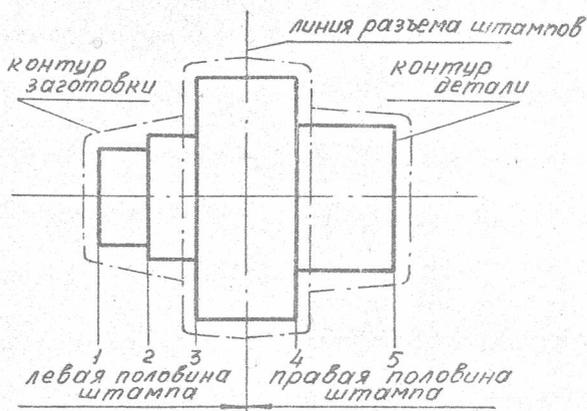


Рис. 6. Схема расположения поверхностей детали и заготовки

В этом примере поверхности заготовки содержат следующие коды поверхностей детали 1, 3, 4 и 5. Причем в левой половине штампа расположены поверхности с кодами  $\phi 1$  и  $\phi 3$ , а в правой  $\phi 4$  и  $\phi 5$ . Поверхность детали 2 на заготовке отсутствует. Код материала выбирается по кодировочной таблице (см. П. Таблица 13).

Количество линейных и диаметральных конструкторских размеров берется из чертежа детали, а количество линейных операционных размеров — из плана операций.

В зоне II содержатся сведения о направлении, в котором ведется расчет операционных размеров ( X либо Y , либо Z ) и конструкторских размерах, расположенных в том же направлении.

Для записи кода границ конструкторских размеров предусмотрено две позиции. Если код границы содержит один знак, то он заполняется во второй позиции, а первая остается незаполненной. В случае двузначного кода границы заполняются обе позиции.

Номинальное значение размеров (зона II) записывается в пяти позициях, причем первые три позиции (с 5-ой по 7-ю) отведены для целой части числа, а две последующие — для дробной. Если целая часть размера состоит из двузначного числа, то 5-ая позиция не заполняется, а если — из однозначного, то

не заполняются 5-ая и 6-ая позиции. Отсутствующие цифры дробной части размера заполняются нулями. Как верхнему так и нижнему отклонениям размера отведено по пять позиций с 10-й по 14-ю и с 15-й по 19-ю, соответственно. Для целой части числа отведены позиции 11 и 16. Если целой части числа верхнего отклонения нет, то позиции не заполняются, отсутствующие элементы дробной части заполняются нулями.

В первой позиции, отведенной для записи нижнего отклонения, ставится знак минус "-". Если целая часть нижнего отклонения отсутствует, то позиция 16 заполняется знаком  $\emptyset$ . Если размер не содержит верхнего или нижнего отклонения, то последняя позиция, отведенная для соответствующего отклонения заполняется  $\emptyset$ .

Зона III предназначена для занесения информации о диаметральных конструкторских размерах и в основном необходима для расчета диаметральных размеров. Однако, для расчетно-аналитического метода определения минимально-необходимого припуска на обработку необходима информация о номинальном значении диаметральных размеров. По ним, в зависимости от размера диаметра торца, по специальной стандартной программе из таблицы (см. П. Таблица 14) выбирается составляющая припуска-погрешность формы ( $\Delta\phi$ ). Эти размеры являются габаритными для соответствующих торцев.

Например:

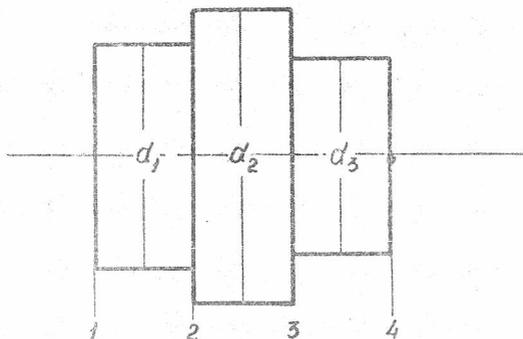


Рис. 7. К назначению габаритных размеров для торцев.

Диаметры  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d_3$  являются габаритными для торцов 1, 2 и 4, соответственно. Поэтому для расчета линейных операционных размеров заполняются позиции 46 и 47, в которых указываются номера (коды) торцов для соответствующих диаметральных размеров.

Если для какого-то торца нет указаний (т.е. не заполнены позиции 46 и 47), то за габаритный принимается максимальный диаметр. В нашем примере для торца 3 габаритным будет диаметр  $d_2$ . Под самой диаметральной поверхности заполняется в позициях 20 и 21. Причем, если код поверхности однозначный, то заполняется только лишь позиция 21, а позиция 20 остается пустой.

Позиция 22 предназначена для размещения кода принадлежности размера к системам "вал" или "отверстие". Если размер относится к системе отверстия, то ему присваивается код 1, если к системе вала - код 2.

Номинальное значение размеров записывается с 25-й по 29-ю позиции. Правила заполнения такие же, как и для номинальных значений линейных размеров.

Зону 1У необходимо заполнять после У-ой зоны. Зона У содержит границы линейных операционных размеров, которые расположены по строкам в порядке их выполнения в технологическом процессе. Позиции 55 и 56 предназначены для кода границы соответствующей обрабатываемой поверхности (ОП), а позиции 57 и 58 - исходной базы (ИБ). Если коды границ состоят из одного знака, то допускается первую позицию соответствующего кода не заполнять.

Первая строка зоны У не заполняется.

Заполнение зоны 1У производится только лишь в тех строках, где расположены коды операционных размеров (зона У), при выполнении которых получается основная поверхность (поверхность детали).

В графе "Принадлежность стороне" (позиция 53) размещается буквенный код "П" либо "Л". Если поверхности детали находятся справа, то пишется код "П", если слева, то - "Л". Код, расположенный в графе "Направление снятия  $\approx$ " (позиция 54), отражает направление снятия припуска при выдерживании размера, код границ которого размещен в той же строке зоны У. Если припуск снимается справа на лево, то заносится код "Л", если в противоположном направлении, то заносится код "П".

Проиллюстрируем описанное выше на примере пример

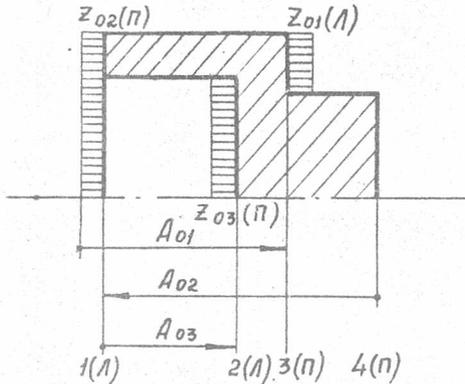


Рис. 8. К определению принадлежности стороне поверхности детали и направления снятия припуска.

Поверхности 1 и 2 находятся слева и в соответствии с вышеотмеченным им присваивается код "Л", а поверхности 3 и 4 находятся справа, поэтому их кодом является "П".

Припуски  $Z_{02}$  и  $Z_{03}$  снимаются слева на право, поэтому им присваивается код направления снятия припуска "П", а припуску  $Z_{01}$  - "Л".

Если обрабатывается отверстие с осью, перпендикулярной направлению линейных операционных размеров по рассматриваемой оси, (см.рис.9) то позиция 54 не заполняется.

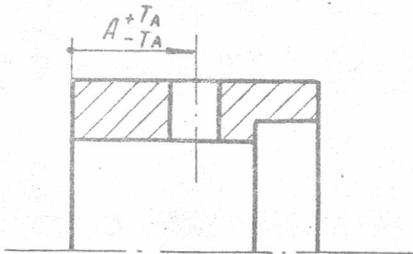


Рис. 9.

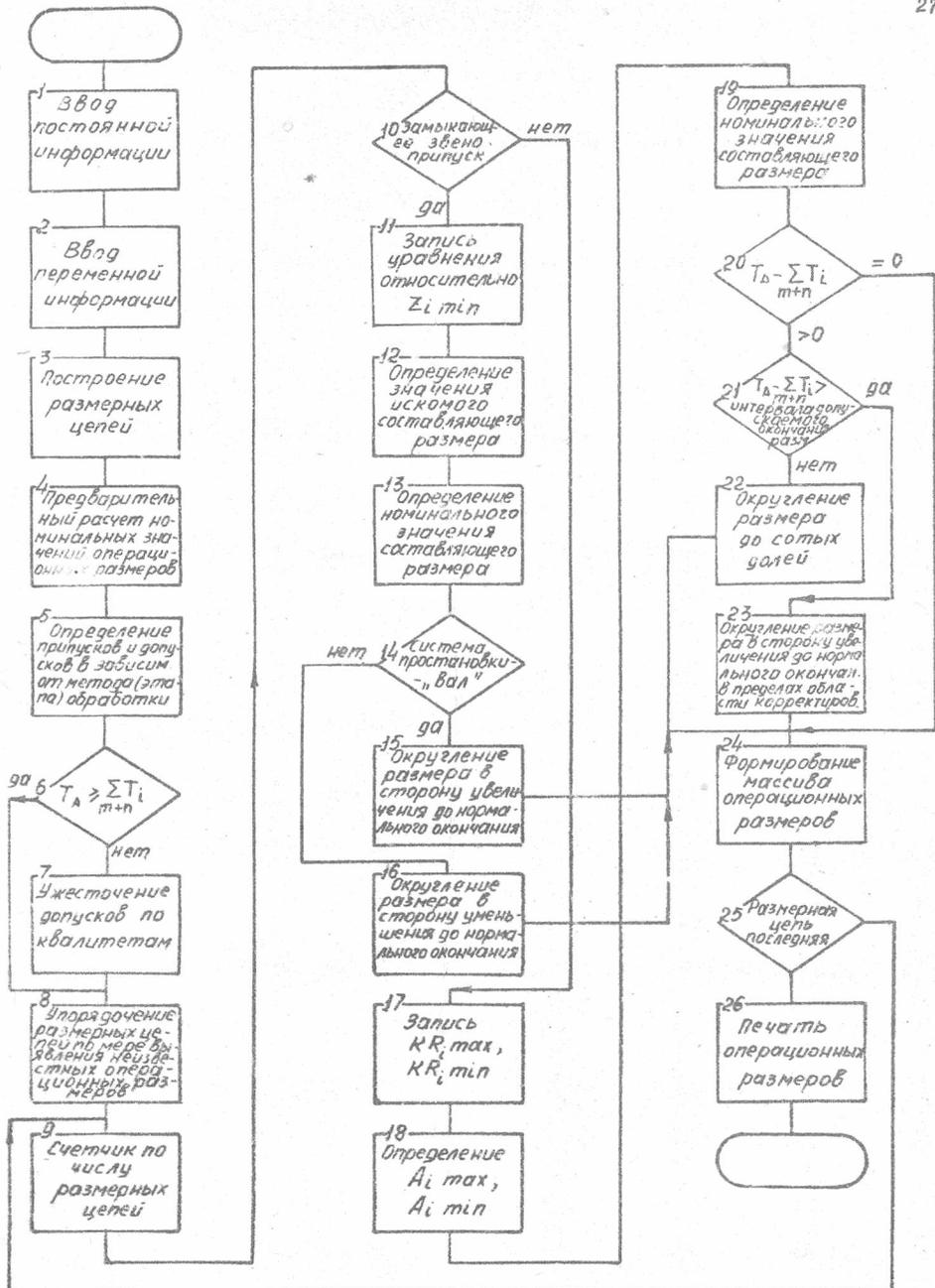


Рис. 10 Укрупненная блок-схема алгоритма расчета линейных операционных размеров.

Здесь необходимо отметить, что и принадлежность стороне операционного размера, и направление снятия припуска определяются по вышеописанным правилам по размерной схеме (рис.3а).

Графа "Установочная база" (позиция 52) в первой строке содержит координату направления, в котором производится расчет операционных размеров и код установочной базы "У" в соответствующих строках против кодов границ основных поверхностей (поверхностей детали), являющихся установочными базами при обработке.

Зона У1 необходима только для расчета диаметральных операционных размеров. Поэтому в данном случае она не заполняется.

В зоне УII размещаются коды этапов (методов) обработки (например: 2-штамповка, 21 черновое точение, 130-термообработка, 22-чистовое точение, 60-черновое (однократное шлифование) и номера операционных размеров, расположенных в графе соответствующих кодов методов обработки, в которых выполняются операционные размеры, на строке где расположены коды границ данных размеров зоны У.

Например, при чистовом точении (код 22) выполняются операционные размеры  $A_{05}, A_{06}, A_{07}$  и  $A_{08}$ , границы которых 12-5, 5-2, 5-8 и 8-3, соответственно.

Коды этапов обработки располагаются в порядке следования технологического процесса и в первой строке зоны. На каждый код этапа отводится по три позиции. Заполнение кода начинается с последней позиции.

Код номера операционного размера двузначный и располагается в описанном выше месте в первых двух позициях соответствующего кода этапа обработки.

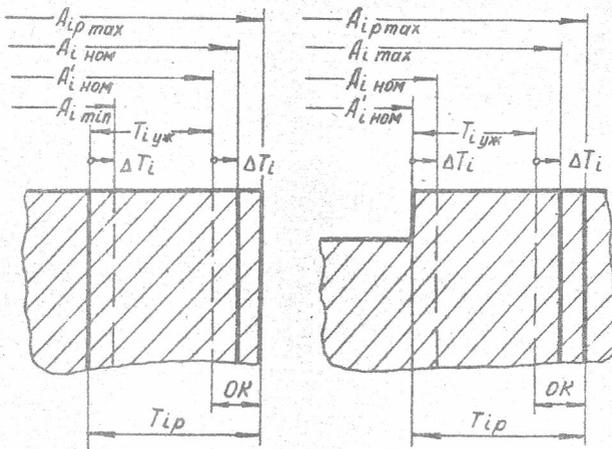
### 6.3. Краткое описание укрупненной блок-схемы алгоритма расчета линейных операционных размеров.

В основу программы расчета линейных операционных размеров с использованием ЭВМ положена блок-схема алгоритма, приведенная на рис.10, разработанная в соответствии с методикой решения технологических размерных цепей, предложенной проф. И.А.Иваденко [1, 2, 3].

Остановимся на работе программы в соответствии с блок-схемой алгоритма. Блоком 1 осуществляется ввод постоянной информации. Кроме выше отмеченной постоянной информации (5.2) к ней относится еще и управляющая программа, которая осуществляет управление ЭВМ при расчете линейных операционных размеров. Для определения операционных размеров необходимо ввести во внешнее устройство ЭВМ переменную информацию с перфокарт, заполненных по карте исходной информации. Это осуществляется блоком 2. Блок 3 производит построение размерных цепей и осуществляет проверку их на замкнутость. Предварительный расчет номинальных значений операционных размеров (блок 4) необходим для определения допусков на размеры (блок 5) и проверки выполнения основного правила суммирования допусков размерной цепи в цепях, где замыкающим размером является чертежный размер, непосредственно не выдерживаемый в процессе обработки. Если это правило выполняется ( $\sum_{m+n} T_i \leq T_\Delta$ ) то управление работой программы передается в блок 6, в противном случае в блоке 7 производится ужесточение допусков на составляющие операционные размеры. При выполнении условия  $\sum_{m+n} T_i \leq T_\Delta$  осуществляется упорядочение размерных цепей по мере выявления неизвестных операционных размеров (блок 8). Блок 9 отсылает очередную размерную цепь для расчета. Так как методика расчета линейных операционных размеров в зависимости от характера замыкающего звена различная, то в логическом блоке 10 осуществляется его проверка. Если замыкающим звеном является припуск, то управление работой программы передается блокам 11....16 и 24.....26. Порядок следования блоков (11....16) и их назначение соответствует методике расчета, приведенной в работах [1, 2, 3]. Если замыкающее звено размерной цепи - чертежный размер, то блок 10 передает управление работой программы блокам 17....26. Здесь необходимо остановиться на пояснении работы программы в блоках 20....23, которые предназначены для проверки возможности округления операционных размеров до нормального окончания и если таковая имеется, то производится округление. В логическом блоке 20 определяется область корректировки ( $T_\Delta - \sum_{m+n} T_i$ ) операционного размера. Если область корректировки отсутствует ( $T_\Delta - \sum_{m+n} T_i = 0$ ), то операционный размер без округления передается в блок формирования массива операционных размеров (блок 24). Если область корректировки имеется ( $T_\Delta - \sum_{m+n} T_i > 0$ ), то в блоке 21 опреде-

ляется ее величина и сравнивается с величиной соответствующего интервала допускаемых окончаний размера. Если область корректировки меньше этого интервала, то в блоке 22 осуществляется округление размера до сотых долей (второго знака после запятой) и пересылка его в блок 24. В случае, если область корректировки больше интервала нормального окончания размеров, то управление передается блоку 23, где и производится округление размера.

Для пояснения методики округления операционного размера до нормального окончания приведем схемы расположения значений размеров для системы "вал" (рис. 11а) и системы "отверстие" (рис. 11б).



- $A_{i\ p\ max}$  — максимальный расчетный размер
- $A'_{i\ nom}$  — номинальный расчетный размер
- $A_{i\ nom}$  — округленный номинальный размер
- $T_{i\ p}$  — расчетный допуск
- $T_{i\ уж}$  — ужесточенный допуск
- $\Delta T_i$  — корректировка операционного размера
- $OK$  — область корректировки.

Рис. 11. К методике округления операционных размеров.

Таким образом, в соответствии со схемами расположения значений операционного размера, округление его номинального значения осуществляется в сторону увеличения до нормального окончания в пределах области корректировки (Оп).

Такая методика округления операционного размера позволяет уменьшить припуски на обработку.

Блоком 25 отдается команда на решение очередной размерной цепи и если определены все операционные размеры, то производится их печать (блок 26).

Выходной информацией по окончании работ программы \*)  
расчета является:

- распечатка ИИИ;
- графическое изображение размерных связей;
- матрица размерных цепей по данной координате;
- результаты расчета операционных размеров.

Распечатка ИИИ и графическое изображение размерных связей необходимы для проверки правильности заполнения исходной информации в соответствии с заданием.

---

\*Программа разработана ст. инж. Трухманом И.М., инж. Рамзеевой Е.А.  
и инж. Соколовой Е.Л.

## 7. П Р И Л О Ж Е Н И Е

Таблица 1

ДОПУСКИ НА СВОБОДНЫЕ РАЗМЕРЫ  
(по ОСТ 100022-80)

ИНТЕРВАЛ РАЗМЕРОВ								
	Предельные отклонения размеров							
	диаметров		остальных					
	отверстие	вал	отверстие	вал	уступ, впадина, гудина, желоб, бодрост и др.			
	+	-	+	-	±			
св 3 до 6	0,18	0,18	0,30	0,30	0,20			
св 6 до 10	0,22	0,22	0,36	0,36				
св 10 до 18	0,27	0,27	0,43	0,43				
св 18 до 30	0,33	0,33	0,52	0,52	0,30			
св 30 до 50	0,39	0,39	0,62	0,62				
св 50 до 80	0,48	0,46	0,74	0,74				
св 80 до 120	0,54	0,54	0,87	0,87	0,50			
св 120 до 180	0,63	0,63	1,00	1,00				
св 180 до 250	0,72	0,72	1,15	1,15				
св 250 до 315	0,81	0,81	1,30	1,30	0,80			
св 315 до 400	0,89	0,89	1,40	1,40				
св 400 до 500	0,97	0,97	1,55	1,55				
св 500 до 630	1,10	1,10	1,75	1,75				
св до								
св до								

Таблица 2  
Припуски на черновое обтачивание.

Диаметр, мм	Припуск % на диаметр при заготовке								
	Прокат черный обычной точности			горячая штам- повка обычной точности			Черновое после грубого обта- чивания.		
	длина детали, мм.								
	до 100	100- 250	250- 500	до 100	100- 250	250- 500	до 100	100- 250	250- 500
св 6 до 10	2,0	2,5	-	2,0					
св 10 до 18	2,5	2,5	3,0	2,2	2,5				
св 18 до 30	2,5	3,0	3,5	2,4	2,5	3,0	1,5	2,0	2,2
св 30 до 50	3,0	3,5	4,0	2,6	3,0	3,5	1,7	2,0	2,2
св 50 до 80	3,5	4,0	4,5	2,8	3,0	3,5	2,0	2,3	2,5
св 80 до 120	4,0	4,5	5,0	3,0	3,5	4,0	2,0	2,5	2,8
св 120 до 180	-	5,0	5,5	3,3	4,0	4,5	2,3	2,5	2,8
св 180 до 260	-	-	-	3,6	4,0	4,5	2,5	2,8	3,0
св 260 до 360	-	-	-	4,0	4,5	5,0	2,8	3,0	3,3
св 360 до 500	-	-	-	4,5	5,0	5,0	3,0	3,2	3,5

Таблица 3  
Припуски на чистовое обтачивание.

Диаметр, мм	Припуск % на диаметр					
	Чистовое обтачивание после черно- вого или калиброванного проката			Чистовое обта- чивание в одной операции с чернов.		
	термически необра- ботанных.			термически обра- ботанных.		
	длина детали, мм.					
до 200	200-400	до 200	200-400	до 200	200-400	
св 6 до 10	0,8	1,0	1,0	1,3	0,6	0,7
св 10 до 18	1,0	1,3	1,3	1,5	0,7	0,9
св 18 до 30	1,3	1,3	1,3	1,5	0,8	0,9
св 30 до 50	1,4	1,5	1,5	1,9	0,9	1,0
св 50 до 80	1,5	1,8	1,8	2,0	1,0	1,2
св 80 до 120	1,5	1,8	1,8	2,0	1,0	1,2
св 120 до 180	1,8	2,0	2,0	2,3	1,2	1,4
св 180 до 260	2,0	2,3	2,3	2,5	1,4	1,5
св 260 до 360	2,0	2,3	2,3	2,5	1,4	1,5
св 360 до 500	2,3	2,5	2,5	2,8	1,5	1,6

Примечание. При обтачивании деталей с уступами припуск назначается в зависимости от общей длины детали и наибольшего диаметра.

**Таблица 4**  
Припуски на растачивание отверстий

Диаметр отверстия, мм	Припуск $\chi$ на диаметр							
	На черновое растачивание или черновое зенкерование		Чистовое растачивание или зенкер. после чернового растач. или сверлен.	Танкое растачив. отверстий, подгото- вленных по 10к5				
	После штамповки или отлив- ки в кокиль			Алюмини- евые сплавы		Сталь		
			Пред- варит.	Окон- чат.	Пред- варит.	Окон- чат.		
св 6 90 10			0,5					
св 10 90 18	2,0	2,5	0,5					
св 18 90 30	2,2	3,0	0,8	0,2	0,1	0,2	0,1	
св 30 90 50	2,8	3,5	1,0	0,3	0,1	0,2	0,1	
св 50 90 80	3,2	4,0	1,0	0,4	0,1	0,2	0,1	
св 80 90 120	3,5	4,5	1,3	0,4	0,1	0,3	0,1	
св 120 90 180	3,8	5,0	1,5	0,5	0,1	0,3	0,1	
св 180 90 260	4,0	5,5	1,5	-	-	-	-	
св 260 90 360	4,2	6,0	1,8	-	-	-	-	

**Таблица 5**

Припуски на зенкерование и развертывание.

Диаметр отверстия, мм	Припуск $\chi$ на диаметр, для получения отверстий					
	7 качества			8, 9 качества		
	Зенкеров. или чистовое растачив.	Развертыван.		Зенкерован. или чистовое растачиван.	Развер- тывание	
Черновое		Чистовое	Чистовое		Развертывание	
3 - 4	-	-	0,1	-	-	0,10
5 - 6	-	-	0,2	-	-	0,20
св 6 90 10	-	0,16	0,04	-	-	0,20
св 10 90 15	0,85	0,10	0,05	-	-	0,20
св 15 90 18	0,85	0,10	0,05	0,05	-	0,15
св 18 90 30	1,80	0,14	0,06	1,20	-	0,20
св 30 90 50	1,75	0,18	0,07	1,75	-	0,25
св 50 90 80	4,50	0,40	0,10	4,50	-	0,50

**Таблица 6**

Припуски на протягивание отверстий.

Диаметр, мм	Для отверстий, подготовленных по 7-11 квалитетам, по 12-13 квалитетам					
	длина протягивания					
	16-25	25-45	45-120	16-25	25-45	45-120
	Припуск на диаметр					
от 10 до 18	0,5	0,5	-	0,7	0,7	-
св 18 до 30	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8
св 30 до 38	0,5	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0
св 38 до 50	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,2
св 50 до 60	-	1,0	1,0	-	1,2	1,2

Таблица 7

Припуски на наружное шлифование после чистового обтачивания

Диаметр, мм	Припуск $\lambda$ на диаметр					
	1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант	
	окончательное шлифование, термический обработанный и не обработанный	После термообработ.	Черновое	Чистовое	Черновое до термообработ.	Чистовое после термообработ.
от 3 до 6	0,2	0,15	0,05			
св 6 до 10	0,3	0,2	0,1		0,2	0,3
св 10 до 18	0,3	0,2	0,1		0,2	0,3
св 18 до 30	0,3	0,2	0,1		0,3	0,4
св 30 до 50	0,4	0,3	0,1		0,3	0,4
св 50 до 80	0,5	0,3	0,2		0,3	0,5
св 80 до 120	0,5	0,3	0,2		0,3	0,5
св 120 до 180	0,8	0,5	0,3		0,5	0,8
св 180 до 260	0,8	0,5	0,3		0,5	0,8
св 260 до 360	0,8	0,5	0,3		0,5	0,8

Таблица 8

Припуски на шлифование отверстий после чистового растачив.

Диаметр, мм	Припуск $\lambda$ на диаметр					
	1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант	
	окончательн термич. обр. и необработ.	После термообработ.	Черновое	Чистовое	Черновое до термообработ.	Чистовое после термообработ.
от 6 до 10	0,25					
св 10 до 18	0,3	0,2	0,1		0,2	0,3
св 18 до 30	0,3	0,2	0,1		0,2	0,3
св 30 до 50	0,3	0,2	0,1		0,3	0,4
св 50 до 80	0,4	0,3	0,1		0,3	0,4
св 80 до 120	0,5	0,3	0,2		0,3	0,5
св 120 до 180	0,5	0,3	0,2		0,3	0,5
св 180 до 260	0,6	0,4	0,25		0,4	0,6
св 260 до 360	0,6	0,4	0,25		0,4	0,6

Нормальные технологические размеры

Диаметры валов и другие охватываемые размеры

Интервалы размеров	Допускаемые окончания размеров, мм									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
до 30	0,0	(0,1)	0,2	0,3	-	0,5	(0,6)	0,7	0,8	-
св. 30 до 50	0,0	-	0,2	-	0,4	0,5	-	0,7	-	0,9
св. 50 до 120	0,0	-	(0,2)	0,3	-	0,5	-	(0,7)	0,8	-
св. 120 до 360	0,0	-	-	0,3	-	0,5	-	-	0,8	-

Диаметры отверстий и другие охватывающие размеры

Интервалы размеров	Допускаемые окончания размеров, мм									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
до 6	0,0	-	-	0,3	-	0,5	-	-	0,8	-
св. 6 до 50	0,0	-	0,2	0,3	-	0,5	-	0,7	0,8	-
св. 50 до 80	0,0	0,1	-	0,3	-	0,5	0,6	-	0,8	-
св. 80 до 180	0,0	-	0,2	-	-	0,5	-	0,7	-	-

Таблица 10

Операционные допуски на размеры механически обрабатываемых поверхностей и размеры заготовок.

а) при обработке валов

- Обдирочное (рубцов) обтачивание поковок и отливок из стали... h14
- Черновое обтачивание штампов горячего проката ..... h12
- Чистовое обтачивание проката и после чернового обтачивания... h11
- Чистовое обтачивание под десцентровое шлифование ..... h10
- Чистовое обтачивание базисующих поверхностей ..... h8
- Предварительное шлифование, предварительное тонкое обтачивание... h18

б) при обработке отверстий

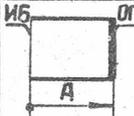
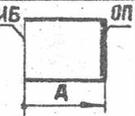
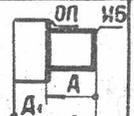
- Обдирочное обтачивание поковок и отливок из стали ..... H14
- Черновое растачивание резцом и зенкером (головкой) ..... H12
- Чистовое растачивание резцом ..... H11/h10
- Зенкерование ..... H10
- сверление ..... H12
- Развертывание после сверления ( $\phi \leq 10$  мм), зенкерования и пред. растачивания ..... H9

Таблица 11  
 значения допусков по классам точности ГОСТ и валитетам СТ СЭВ 145-75

Классы точности Интервалы размеров	B4		A1 B		A B20		A2a		A3 B3		A3a B3a		A4 B4		A5 B5		A7 B7		A8 B8		A9 B9	
	5	6	7	8	9	10	14	11	12	13	14	15	16	13	14	15	16	14	15	16	15	16
до 3	4	6	10	14	20	25	40	60	100	120	140	250	400	600	100	120	140	250	400	600	1000	1600
3-6	5	8	13	18	25	30	48	80	120	160	180	300	480	750	120	160	180	300	480	750	1200	1900
6-10	6	9	16	22	30	35	58	100	150	200	220	360	580	900	150	200	220	360	580	900	1400	2200
10-18	8	11	19	27	35	43	70	120	180	240	270	430	700	1100	180	240	270	430	700	1100	1600	2500
18-30	10	13	23	33	45	52	84	140	210	280	330	520	800	1300	210	280	330	520	800	1300	1900	2900
30-50	12	15	27	39	50	62	100	170	260	340	390	620	1000	1600	260	340	390	620	1000	1600	2300	3500
50-80	14	18	30	46	60	74	120	200	300	400	460	740	1200	1900	300	400	460	740	1200	1900	2700	4000
80-120	17	21	35	54	70	87	140	230	350	460	540	870	1400	2200	350	460	540	870	1400	2200	3000	4500
120-180	20	24	40	63	80	100	160	260	400	530	630	1000	1600	2500	400	530	630	1000	1600	2500	3300	5000
180-260	20	27	45	73	90	115	185	300	460	600	720	1150	1900	2900	460	600	720	1150	1900	2900	3800	5500
260-360	23	32	52	81	100	130	215	340	520	680	810	1300	2100	3200	520	680	810	1300	2100	3200	4200	6000
360-500	23	30-36	50-54	84	100	140	230	360	570	760	890	1400	2300	3600	570	760	890	1400	2300	3600	4800	7000
500-630	25	35	60	95	120	155	250	400	630	840	1000	1600	2500	4000	630	840	1000	1600	2500	4000	5300	7500
630-800	27	40	70	110	140	175	280	450	700	900	1100	1800	2800	4500	700	900	1100	1800	2800	4500	5800	8500
800-1000	30	45	80	120	150	200	300	500	800	1000	1250	2000	3000	5000	800	1000	1250	2000	3000	5000	6500	9500
1000-1250	35	50	90	130	170	230	350	560	900	1100	1400	2200	3300	5600	900	1100	1400	2200	3300	5600	7500	11000
	40	55	100	150	200	260	400	660	1050	1200	1650	2600	4200	6600	1050	1200	1650	2600	4200	6600	8800	13000
	45	60	105	165	220	290	450	750	1200	1400	1900	3000	5000	7500	1200	1400	1900	3000	5000	7500	10000	15000

Таблица 12  
Кодирование способа получения заготовки, методов обработки и соответствующие им классы точности и качества

Способ получения заготовки	Код	Класс точности
Штамповка	1	4
	2	5
	3	6

Метод обработки		Код	Линейные операционные размеры			Диаметральные операционные размеры	
			Схемы выдерживания *)			система "отверстие"	система "вал"
			I	II	III		
							
<b>К в а л и т е т ы</b>							
Точение растачивание	грубое	20	14	14	14	14	14
	черновое	21	14	13	12	13	12
	чистовое	22	12	11	10	11	10
	тонкое	23	9	8	7	8	7
сверление		31					
Фрезерование торцовой цилиндрич.	черновое	50	14	13	12		
	чистовое	51	12	11	10		
	тонкое	52	9	8	7		
	черновое	53	14	13	12		
	чистовое	54	11	10	9		
	тонкое	55	8	7	6		
Шлифовальные	черновое	60	10	9	8	9	8
	чистовое	61	8	7	6	7	6
	тонкое	62	6	5	4	5	4
Термообработка		130	-	-	-	-	-

\*) I

# Кадирование материалов

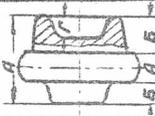
Таблица 13

№ п/п	Наименование	Код	№ п/п	Наименование	Код	№ п/п	Наименование	Код
1	Чугун	1	3	Титановые сплавы	3	5	Сталь высоколегированная жаропрочная	5
2	Цветные сплавы	2	4	Сталь конструкционная низколегированная	4			

Таблица 14  
Составляющие минимально-необходимого припуска на обработку

Код метода обработки	Rz (мм)	T (мм) код материала				Наличие требований (код)	Δφ (мм)							
		4, 5	1	2	торца при D (мм)			плоскости при Lmax						
					≤30		≤120	≤260	≤120	≤260	≤500			
1, 2, 3	Максимальный размер штамповки ≤ 50	0,15	0,20	-	0,10									
	≤ 120	0,20	0,25	-	0,12	0,20	0,30	0,50	0,30	0,50	0,70			
	≤ 260	0,30	0,30	-	0,15									
20	0,12	0,12	0,08	0,06	-	0,06	0,12	0,20	0,12	0,20	0,30			
21, 31, 50, 53	0,06	0,06	-	-	130	0,10	0,15	0,30	0,20	0,30	0,50			
22, 51, 54	0,03	0,03	-	-	-	0,04	0,08	0,12	0,08	0,15	0,20			
					130	0,05	0,12	0,25	0,12	0,25	0,35			
23, 52, 55, 60, 61, 62	0,01	0,02	-	-		0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04			

Таблица 15  
Допуски на размеры штампованных заготовок

Код способа получения заготовки	1, 2, 3												
	Код материала	2						3, 4, 5					
		Размеры, перпендикулярные линии раз'ема штампов				Размеры, параллельные линии раз'ема штампов		Размеры, перпендикулярные линии раз'ема штампов				Размеры, параллельные линии раз'ема штампов	
		Б, Г		А		Штампов		Б, Г		А		Штампов	
	В.0	Н.0	В.0	Н.0	В.0	Н.0	В.0	Н.0	В.0	Н.0	В.0	Н.0	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
до 16	0,15	0,15	0,50	0,30	0,40	0,20	0,15	0,20	0,60	0,30	0,50	0,30	
16 - 25	0,15	0,20	0,60	0,30	0,60	0,30	0,20	0,25	0,70	0,40	0,60	0,40	
25 - 40	0,20	0,25	0,70	0,40	0,70	0,40	0,20	0,30	0,90	0,40	0,70	0,50	
40 - 80	0,25	0,30	0,90	0,50	0,90	0,60	0,30	0,40	1,10	0,60	1,10	0,70	
80 - 160	0,30	0,40	1,10	0,60	1,10	0,70	0,35	0,50	1,40	0,70	1,30	0,90	
180 - 250	0,35	0,50	1,40	0,70	1,40	0,90	0,45	0,60	1,80	0,90	1,60	1,10	

## 8. Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. М., Машиностроение, 1975.
2. Иващенко И.А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. М., Машиностроение, 1981.
3. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты. Куйбышев, КуАИ, 1968.

Подписано в печать 28.10.83г

Формат 60x84 1/16. Бумага оберточная, белая. Оперативная печать. Усл.п.л. 2,3. Уч.изд.л. 2,2. Тираж 200 экз.  
Заказ 516 Бесплатно.

Офсетный участок Куйбышевского авиационного института.  
Г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.