

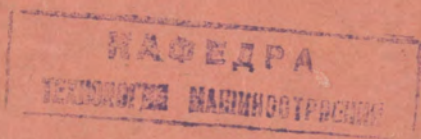
Министерство высшего и среднего специального  
образования БССР  
БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Кафедра «Технология машиностроения»

И - ЦПУ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к практическим занятиям по курсу «Технология  
машиностроения» для студентов специальности  
0501 — «Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты»



Минск 1987

Министерство высшего и среднего специального  
образования БССР  
БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

---

Кафедра "Технология машиностроения"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к практическим занятиям по курсу "Технология  
машиностроения" для студентов специальности  
0501 - "Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты"

М и н с к 1 9 8 7

В данных методических указаниях помещено пять практических работ, в которых рассматриваются вопросы, относящиеся к первой и второй частям курса "Технология машиностроения", изучаемого студентами специальности 0501.

Рассматриваются методы выявления, построения и анализа технологических размерных цепей; экономического обоснования выбора заготовок, получаемых горячей штамповкой и отливкой; проектирования группового технологического процесса механической обработки; определения области применения стандартных систем отсечных приспособлений.

Работы 1, 2 разработаны М.М.Кане, 3 - В.А.Шкредом,  
4 - А.А.Яршевичем, 5 - А.А.Саковичем и В.А.Шкредом.

Составили:

М.М.Кане, А.А.Сакович,  
В.А.Шкред, А.А.Яршевич

Рецензенты:

М.А.Школьник, В.В. Аневский

## Практическая работа I

### ВЫЯВЛЕНИЕ, ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

1. Цель работы - практическое освоение методов расчетов линейных размеров деталей на различных операциях их обработки для обоснованного выбора технологии их изготовления с помощью технологических размерных цепей.

Работа рассчитана на четыре-шесть академических часов

#### 2. Методические указания

##### 2.1. Технологические размерные цепи. Их выявление и построение

Технологические размерные цепи в зависимости от решаемых задач можно подразделить на размерные цепи технологической системы (ТС) и операционные цепи.

Размерные цепи ТС применяются для установления взаимосвязей размерных параметров деталей, приспособлений, инструментов и станков в процессе выполнения отдельно взятых технологических операций. Операционные размерные цепи служат для выявления взаимосвязей между операционными размерами (или иными размерными параметрами), допусками и припусками на всех стадиях технологического процесса изготовления деталей машин. При этом могут определяться линейные или диаметральные операционные размеры деталей, а также требования к точности расположения различных поверхностей. В данной работе рассматривается применение операционных размерных цепей для выбора линейных размеров между различными поверхностями деталей, допусков и припусков на них. В дальнейшем под размерной цепью мы будем понимать технологическую операционную размерную цепь.

Анализ технологических размерных цепей является одним из важных этапов проектирования технологических процессов изготовления машин.

Для построения технологической размерной цепи необходимо иметь операционные эскизы на все формоизменяющие операции (позиции, переходы) технологического процесса с указанием баз и режущего инструмента (рис. I а). В некоторых случаях для простой

по форме детали и при небольшом числе операционных размеров технологические размерные цепи можно построить непосредственно по указанным эскизам. В общем же случае необходимо исходную информацию преобразовать, т.е. целесообразно построить размерную схему технологического процесса (рис. I б). Для этого на эскизе готовой детали наносят припуски на обработку поверхностей и получают контур заготовки. Поверхности детали нумеруют в порядке обработки цифрами 1, 2, 3 и т.д., поверхности заготовки нумеруют теми же цифрами с соответствующими индексами. Например, если поверхность детали имела номер 1, то номер этой же поверхности заготовки будет 1', если припуск снимается за один переход, и 1'', если припуск снимается за два перехода и т.д. Контур детали может изображаться в произвольном масштабе. Для удобства работы со схемой расстояния между поверхностями детали должны быть не менее 15-20 мм, а между поверхностями детали и соответствующими им поверхностями заготовки - не менее 5-7 мм. Если расстояния между поверхностями детали меньше 15-20 мм, то размерную схему строят не на продолжении размерных линий, ограничивая их контур детали, как это показано на рис. I б, а в увеличенном масштабе по сравнению с масштабом детали с указанием номеров всех поверхностей, как это показано на рис. I в.

Операционные размеры как на технологических эскизах, так и на размерной схеме показывают ориентированными с направлением каждого от базовой к обрабатываемой поверхности (размеры  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  - на рис. I а и I б).

Кроме операционных размеров, выдерживаемых на каждой операции, на размерной схеме указывают номера и названия операций. На рис. I б показана размерная схема, построенная для трех операций токарной обработки ступенчатого вала, эскизы обработки которого приведены на рис. I а.

После построения размерной схемы технологического процесса приступают к построению операционных размерных цепей с целью определения линейных операционных размеров. Эти размеры находят в определенной последовательности, начиная с окончательных размеров, получаемых на конечных операциях, и кончая размерами заготовки. Достоинством такой последовательности расчета операционных размеров является то, что в каждой размерной цепи при ее решении будет только один неизвестный составляющий размер. При этом отпадает

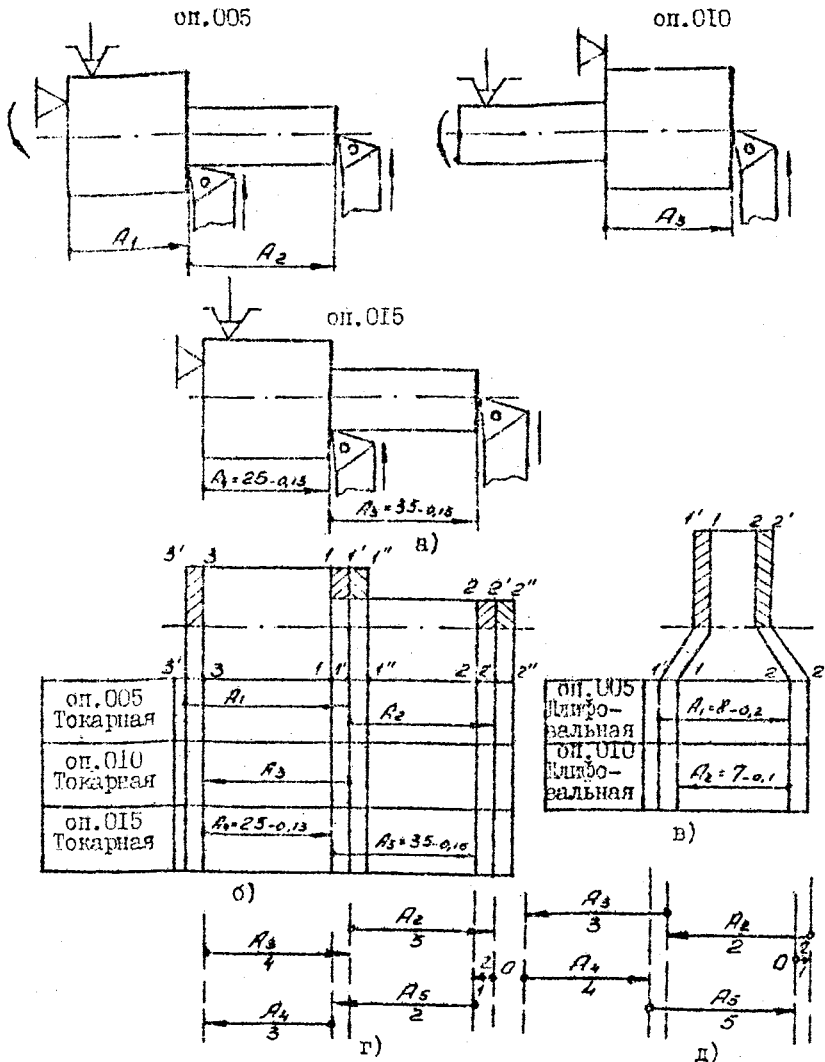


Рис. I. Схема выявления и построения технологических размерных цепей: а-технологические операционные эскизы; б-размерная схема, выполненная в одном масштабе с деталью; в-размерная схема, выполненная в увеличенном масштабе по сравнению с деталью; г, д-размерные цепи

необходимость выявления и учета параллельной связи отдельных технологических размерных цепей, а сам расчет получается функционально простым и однозначным. Такая последовательность обусловлена особенностью технологических размерных цепей. Если в конструкторской (сборочной) размерной цепи требуемая величина и точность замыкающего звена могут обеспечиваться путем изменения номинала и отклонений всех или большинства звеньев цепи, то в технологической размерной цепи для обеспечения замыкающего звена, заданного чертежом или другими условиями, в определенных пределах можно изменить (подбирать, регулировать и т.д.) только один составляющий размер. Условимся называть его настроечным составляющим звеном цепи / 3 /. Остальные составляющие размеры определяли ранее из такого же условия, и при решении данной цепи его величину изменять уже нельзя. В противном случае будут меняться чертежные размеры или другие параметры технологического процесса, исходя из условия обеспечения которых указанные размеры определялись. Примеры выявления настроечных составляющих звеньев будут приведены ниже.

Каждую размерную цепь строят относительно своего замыкающего звена. Поэтому в первую очередь необходимо исходя из поставленной задачи установить замыкающее звено. Обычно замыкающим звеном технологической размерной цепи является либо чертежный размер, непосредственно выполняемый при обработке, либо припуск на обработку. Затем строят размерную цепь, начиная от одной из поверхностей (осей), ограничивающих замыкающее звено. Находят составляющие звенья размерной цепи, непосредственно участвующие в решении поставленной задачи, и доходят до второй поверхности (оси), ограничивающей замыкающее исходное звено.

Рассмотрим методику построения технологической размерной цепи на примере определения припуска на чистовую обработку торца 2 в операции О15 технологического процесса обработки вала, показанного на рис. I а. Величина припуска не указана на операционных эскизах, при обработке ее непосредственно не выдерживают. Исходя из поставленной в примере задачи размер припуска  $Z$  будет являться замыкающим звеном технологической размерной цепи. Для построения этой цепи вертикали 3 и 3', 1 и 1', 2 и 2', служащие границами размеров, продолжим ниже размерной схемы (рис. I б), а затем выйдем по размерной схеме, какие из операцион-

них размеров войдут в размерную цепь в качестве составляющих звеньев. Для начала построения цепи достаточно выявить два таких размера, непосредственно примыкающих к замыкающему звену  $Z$ . Размер припуска  $Z$  находится между вертикалями 2 и 2', служащими границами размеров  $A_2$  и  $A_5$ , которые и будут составляющими звеньями цепи, непосредственно примыкающими к замыкающему звену  $Z$ . Построение цепи начнем с замыкающего размера  $Z$  (начало цепи на рис. I г отмечено буквой 0). Чтобы показать замкнутость контура размерной цепи и избежать ошибок, размеры (звенья технологической размерной цепи) наносим также в виде векторов. Отложив из точки 0 замыкающий размер  $Z$ , откладываем составляющий размер  $A_5$ . Теперь нужно выявить и нанести на схему размерной цепи остальные составляющие размеры, которые позволили бы замкнуть цепь (получить замкнутый контур), т.е. кратчайшим путем перейти с вертикали 1 на вертикаль 2. Такими могут быть те из операционных размеров, которые выполнят раньше размера  $A_5$ , но после размера  $A_2$ . Это будут размеры  $A_4$  и  $A_3$ . Отложив их, а затем отложив ранее установленный размер  $A_2$ , мы закончим построение (замыкание) цепи. На рис. I г цифрами под звеньями указана последовательность построения размерной цепи.

Структура (состав) размерной цепи не зависит от того, в каком направлении выполняется построение замкнутого контура цепи. На рис. I д, например, показана та же технологическая размерная цепь, что и на рис. I г, с той разницей, что цепь на рис. I г получена с формированием замкнутого контура цепи по часовой стрелке, а цепь на рис. I д — против часовой стрелки. Заметим также, что направление размеров на схеме цепи может совпадать с направлением на размерной схеме технологического процесса или не совпадать, — это не имеет никакого значения. Зато направление составляющих размеров по отношению к направлению вектора замыкающего звена имеет существенное значение: по направлению составляющих размеров можно определить характер их влияния на замыкающее звено. Составляющие размеры, совпадающие по направлению с замыкающим звеном, будут уменьшающимися размерами, а направленные в противоположную сторону — увеличивающимися.

Примем следующие обозначения звеньев линейной размерной цепи. Все звенья одной цепи будем обозначать одной прописной буквой русского алфавита; составляющие звенья с индексом порядкового номера (1, 2...), замыкающее звено — с индексом  $\Delta$ . При необхо-



димости характер увеличения звеньев обозначают стрелками: для увеличивающихся  $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$  и т.д., а для уменьшающихся  $\overleftarrow{A}$ ,  $\overleftarrow{B}$  и т.д.

В общем случае уравнение замыкающего звена размерной цепи имеет вид

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

где  $m$  - число увеличивающих звеньев;  $n$  - число уменьшающих звеньев.

Это уравнение может быть записано также в виде

$$A = \sum_{i=1}^N \xi_{\Delta i} A_i, \quad (2)$$

где  $i = 1, 2, \dots, N$  - порядковый номер звена;  $\xi_{\Delta i}$  - передаточное отношение  $i$ -го звена размерной цепи.

Для линейных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны:  $\xi = 1$  - для увеличивающих составляющих звеньев;  $\xi = -1$  - для уменьшающих составляющих звеньев.

Составим уравнения размерных цепей, показанных на рис. 1 г и 1 д. Размеры, направленные в одну сторону (в нашем примере вправо), записываем с положительным знаком, а направленные в другую сторону - с обратным знаком. Для размерной цепи, показанной на рис. 1 г,

$$Z - A_5 - A_4 + A_3 + A_2 = 0,$$

а для размерной цепи, показанной на рис. 1 д,

$$Z - A_2 - A_3 + A_4 + A_5 = 0.$$

Решая эти уравнения относительно  $Z$ , получим в обоих случаях одно и то же уравнение для замыкающего размера:  $Z = A_2 + A_3 - A_4 - A_5$ .

Следует указать на возможные ошибки при построении технологических размерных цепей. Наиболее характерной ошибкой является включение в схему цепи кроме замыкающего звена еще одного или нескольких размеров, непосредственно не выдерживаемых при обработке. К размерам, непосредственно выдерживаемым при обработке, относятся:

- 1) размеры, измеряемые расстояния между режущим инструментом в его конечном при обработке положении и технологическими базами;
  - 2) размеры, измеряющие расстояния между режущими инструментами при многоинструментальной обработке;
  - 3) размеры и другие точностные параметры замкнутых поверхностей, полученных при обработке (например, поверхностей вращения).
- В составе размерной цепи может быть только один замыкающий размер,

т.е. только один размер, непосредственно не выполняемый при обработке. Нельзя, например, при построении цепей, показанных на рис.1, переходить с вертикали I на вертикаль I' через припуск на чистовую обработку торца I, минуя размеры  $A_3$  и  $A_4$ .

## 2.2. Определение линейных операционных размеров из условия обеспечения минимально необходимого припуска на последующую обработку

Требуемую величину минимально необходимого припуска  $Z_{i \min}$  можно определить либо расчетно-аналитическим методом с помощью данных, приведенных в различных работах, в том числе в / 4 /, либо по табл.1 и 2 Приложения.

Определение линейных операционных размеров из условия обеспечения  $Z_{i \min}$  можно производить способами предельных или средних значений. Поскольку исходным для расчета является предельное (минимальное) значение замыкающего звена, то наиболее удобным для решения этого варианта проектной задачи является способ предельных значений. В основе способа лежат уравнения предельных значений замыкающего звена, используемые при решении проектной задачи,

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

$$A_{\Delta \min} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - \sum_n \bar{A}_{i \max}. \quad (4)$$

Приняв в уравнении (4)  $A_{\Delta \min} = Z_{i \min}$ , получим исходное расчетное уравнение

$$Z_{i \min} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - \sum_n \bar{A}_{i \max}. \quad (5)$$

Решая это уравнение относительно искомого составляющего размера (после подстановки или в общем виде), определяем одно значение этого размера:  $\bar{A}_{i \min}$ , -если он увеличивающий, или  $\bar{A}_{i \max}$ , -если искомый размер-уменьшающий. Формулу для определения искомого размера выводят из уравнения (5):

$$\bar{A}_{i \min} = Z_{i \min} + \sum_n \bar{A}_{i \max} - \sum_{m-1} \bar{A}_{i \min}; \quad (6)$$

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

Определив одно предельное значение искомого размера, выбираем операционный допуск на этот размер в соответствии с экономической

точностью используемого метода обработки. При этом могут быть использованы данные таблиц 3 и 4 приложения. Выбрав систему простановки допуска, можно рассчитать номинал замыкающего размера, пользуясь соотношениями соответственно для вала и отверстия:

$$A_i = A_{i \min} + |\Delta_{H_i}|; \quad (8)$$

$$A_i = A_{i \max} - |\Delta_{B_i}|, \quad (9)$$

где  $\Delta_{B_i}, \Delta_{H_i}$  - верхнее и нижнее предельные отклонения размера.

Изложенную методику и расчетные уравнения используем для определения операционных размеров  $A_3$  и  $A_1$  технологического процесса, размерная схема которого приведена на рис. 1 б.

Сопоставляя по размерной схеме процесса и чертежу готовой детали (рис. 2 б) операционные и чертежные размеры, можно сделать вывод о том, что заданные по чертежу размеры  $25_{-0,13}$  и  $35_{-0,16}$  выполняются непосредственно на оп. 015 (см. рис. 1 а). Им соответствуют операционные размеры  $A_4$  и  $A_5$ , поэтому принимаем  $A_4 = 25_{-0,13}$ ;  $A_5 = 35_{-0,16}$ . Для определения остальных операционных размеров необходимо выполнить расчет размерных цепей, приведенных на рис. 2 а. Эти цепи, как было рекомендовано выше, рассчитывают, начиная с конца технологического процесса.

1. Определение размера  $A_3$ . Этот размер является настроечным звеном по отношению к припуску  $Z_1$  - замыкающему звену цепи №1, поэтому размер  $A_3$  следует определить из условия обеспечения минимально необходимого значения припуска  $Z_{1 \min}$ . Уравнение замыкающего звена размерной цепи №1:  $Z_1 = A_3 - A_4$ . В соответствии с уравнением 5

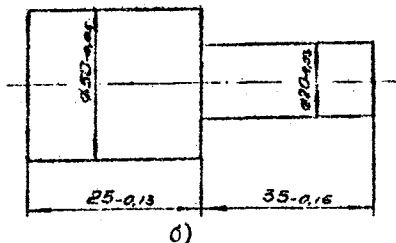
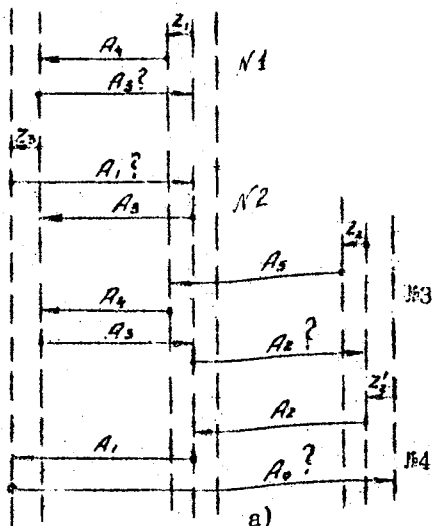
$$Z_{1 \min} = A_{3 \min} - A_{4 \max}.$$

Решая это уравнение относительно искомого размера  $A_3$ , получаем

$$A_{3 \min} = Z_{1 \min} + A_{4 \max}.$$

Размер  $A_4$  был вычислен ранее:  $A_4 = 25_{-0,13}$  мм;  $Z_{1 \min}$  примем по табл. 2 приложения равным 0,4 мм, учитывая, что он предусматривается для выполнения чистовой товарной обработки. Тогда  $A_{3 \min} = 0,4 + 25,0 = 25,4$  мм.

Размер  $A_3$  выполняется при черновой обработке от обработанной базы, экономическая точность которой соответствует 12 качеству точности (см. табл. 3 приложения). При этих условиях по табл. 4 приложения находим допуск на этот размер  $\overline{\delta}_3 = 0,25$  мм. Принимаем для простан-



Материал - сталь 45;  
заготовка - поковка класса II;  
масса 0,7 кг; группа стали  
M1; степень сложности С1

Рис.2. Размерные цепи (а); эскиз готовой детали (б)

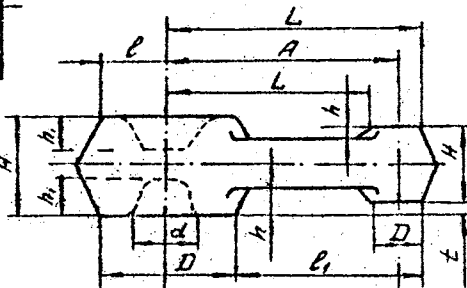
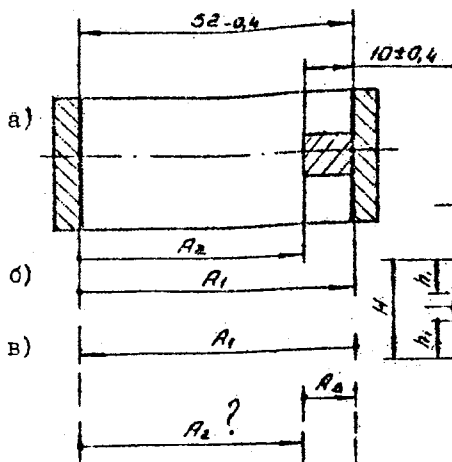


Рис.4 (рисунок к приложению)

Рис.3. Эскиз валика (а); размерная  
схема его обработки (б); размерная  
цепь (в)

носки предельных отклонений систему вала, в которой  $\Delta_B = 0$ ;  
 $\Delta_H = -0,25$  мм. С учетом этого по уравнению 8 номинал операционного размера  $A_3 = 25,4 + 0,25 = 25,65$ . Округляя полученное значение в сторону увеличения припуска, получаем окончательно  $A_3 = 25,7_{-0,25}$  мм.

2. Определение размера  $A_I$ . Этот размер является настроечным по отношению к замыкающему звену цепи №2 - припуску  $Z_3$  на однократную подрезку торца 3. Решая эту цепь в наклонной выше последовательности и принимая  $Z_{min} = 1,0$  мм и допуск  $\delta_3 = 0,52$  мм (размер  $A_I$  выполняется при черновом обтачивании от черновой базы), получаем  $A_I = 27,22$  мм. Округление в сторону увеличения припуска дает  $A_I = 27,3_{-0,52}$  мм.

3. Определение размера  $A_2$ . Этот размер определим из условия обеспечения минимально необходимого значения припуска  $Z_2$  на чистовую обработку торца 2. Решая размерную цепь №3 (рис.2а) и приняв  $Z_{2min} = 0,3$  мм (табл.2 приложения), получаем  $A_{2min} = Z_{2min} + A_{4max} + A_{5max} - A_{3min} = 0,3 + 25,0 + 35,0 - 25,45 = 34,85$  мм. Поскольку размер  $A_2$  так же, как и размер  $A_I$ , выполняется при черновой обработке с базированием от черновой базы, принимаем по табл.4 приложения для I4 качества точности  $\delta_2 = 0,62$  мм. Тогда при простановке отклонений по системе вала имеем  $A_2 = 34,85 + 0,62 = 35,47$ . После округления  $A_2 = 35,5_{-0,62}$  мм.

4. Определение размера  $A_0$ . Этот размер определим на основе расчета размерной цепи №4 из условия обеспечения минимально необходимого значения припуска  $Z_1'$  на черновую подрезку торца 2. Принимая по табл.1 приложения  $Z_{1min}' = 0,9$  мм, получаем  $A_{0min} = Z_{1min}' + A_{I max} + A_{2 max} = 0,9 + 27,3 + 35,5 = 63,7$  мм. Размер  $A_0$  выполняется при горячей штамповке. По табл.5 приложения с учетом данных о заготовке, приведенных на рис.2, принимаем  $\Delta_B = +1,1$  мм и  $\Delta_H = -0,5$  мм. Тогда в соответствии с уравнением (8) получаем  $A_0 = 63,7 \pm 0,5 = 64,2$ . Для дальнейших расчетов  $A_0 = 64,2_{-0,5}^{+1,1}$  мм.

### 2.3. Определение линейных операционных размеров из условия обеспечения чертежного размера, непосредственно не выполняемого при обработке

На рис.3 приведен эскиз технологического процесса обработки детали. Требуется определить операционные линейные размеры  $A_I$  и  $A_2$ .

Составляя чертежные и операционные размеры, убеждаемся, что чертежный размер  $52_{-0,4}$  мм выполняется непосредственно, — ему соответствует операционный размер  $A_1$ . Поэтому принимаем  $A_1 = 52_{-0,4}$ . Для обеспечения возможности обработки паза по настройке технолога вместо чертежного размера  $10_{\pm 0,4}$  ввел операционный размер  $A_2$ . Для определения этого размера построим и решим размерную цепь (рис.3 в). Незнающий составляющий размер  $A_2$  будем определять исходя из условия обеспечения чертежного размера  $A_{\Delta} = 10_{\pm 0,4}$  мм в заданных пределах. При решении подобных задач могут быть использованы способы предельных значений, отклонений и средних значений при расчете допусков по вероятностному методу. Рассмотрим методику применения способа предельных значений. Проектную задачу такого типа решают в определенной строгой последовательности, нарушение которой неизбежно приводит к грубым ошибкам.

1. По схеме размерной цепи составляют уравнение замыкающего размера (именно замыкающего, хотя он и задан, известен), а не искомого составляющего :

$$A_{\Delta} = A_1 - A_2 .$$

2. Определяют допуск, с каким должен быть выдержан искомый составляющий размер из условия обеспечения непосредственно не выдерживаемого чертежного (т.е. замыкающего) размера. Из уравнения ( I ) суммирования допусков цепи можно получить уравнение для определения допуска искомого составляющего размера

$$\delta_{\Delta}^* = \sum_{m=1}^n |\delta_i| , \quad ( I )$$

где  $m$  — число увеличивающих составляющих звеньев;  $n$  — число уменьшающих составляющих звеньев

$$\delta_i^* = \delta_{\Delta} - \sum_{m=1}^{n-1} |\delta_i| . \quad ( II )$$

Для нашего примера

$$\delta_2^* = \delta_{\Delta} - \delta_1^* = 0,8 - 0,4 = 0,4 \text{ мм} .$$

3. Проверяют соответствие найденного допуска искомого составляющего размера экономической точности того метода обработки, который используют при выдерживании этого размера. В рассматриваемом примере таким методом является фрезерование паза. Считая эту операцию черновой обработкой от обработанной базы, экономическая точность которой — 12-й квалитет (табл.3 приложения), можно размер

$A_2$  выдержать с допуском 0,25 мм (табл.4 приложения). Так как  $0,4 > 0,25$ , имеем большой запас точности, и можно продолжать решение задачи. В противном случае пришлось бы уменьшить допуски на другие составляющие размеры цепи либо перестроить технологический процесс так, чтобы чертажный размер (в нашем примере  $A_{\Delta} = 10,4$  мм) выдерживался непосредственно. Первый путь обычно предпочтительнее.

Рассмотренные три этапа решения данной задачи являются одинаковыми для всех названных выше способов ее решения. Дальнейшее решение продолжим способом предельных значений.

4. По уравнению замыкающего размера определяем качество составляющих размеров (являются они увеличивающими или уменьшающими) и затем составляем уравнения предельных значений замыкающего звена в соответствии с уравнениями (3 и 4):

$$A_{\Delta \max} = A_{1\max} - A_{2\min};$$

$$A_{\Delta \min} = A_{1\min} - A_{2\max}.$$

5. Решая эти уравнения, находят предельные значения искомого составляющего звена:

$$A_{2\max} = A_{1\min} - A_{\Delta \min} = 51,6 - 9,6 = 42,0 \text{ мм};$$

$$A_{2\min} = A_{1\max} - A_{\Delta \max} = 52,0 - 10,4 = 41,6 \text{ мм}.$$

Приняв для размера  $A_2$  систему вал и скорректировав расчетный допуск по  $h 12$ , в операционную карту этот размер внесем в следующем виде:  $A_2 = 42,0_{-0,25\text{мм}}$ .

### 3. Порядок выполнения работы

1. Для предложенного преподавателем варианта задания (технологического процесса обработки детали) построить размерную схему процесса.
2. Выявить и построить размерные цепи, необходимые для определения линейных операционных размеров.
3. Выполнить расчет всех или части линейных операционных размеров, а также размеров заготовки по указанию преподавателя.
4. Составить отчет.

### 4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз готовой

детали. 4. Операционные эскизы. 5. Размерная схема техпроцесса. 6. Размерные цепи. 7. Порядок решения рассчитанных размерных цепей, включающий в себя: а) уравнение замыкающего звена размерной цепи; б) уравнение для расчета предельных значений искомого звена; в) расчет минимально необходимого припуска, входящего в уравнения для расчета предельных размеров искомого звена, и допусков на размер этого звена (экономически достижимого и фактического); г) расчет предельных значений искомого звена; д) округление этих размеров при необходимости, окончательное определение искомого звена с допуском.

### 5. Контрольные вопросы

1. Какие имеются разновидности размерных цепей и какие задачи решаются с их помощью?

2. В чем суть проектной и проверочной задач при расчете технологических размерных цепей?

3. Исходя из каких условий могут определяться линейные операционные размеры?

4. Какую информацию должна содержать размерная схема технологического процесса?

5. В какой последовательности нужно строить операционные размерные цепи и находить операционные линейные размеры и почему?

6. Что такое "настроечное составляющее звено" операционной размерной цепи?

7. В какой последовательности необходимо строить технологическую операционную размерную цепь?

8. Какие звенья размерной цепи являются уменьшающими, а какие - увеличивающими?

9. Как может быть записано уравнение замыкающего звена размерной цепи?

10. Какие размеры непосредственно выдерживаются при обработке?

11. Сколько размеров, непосредственно не выдерживаемых при обработке, допускается включать в технологическую размерную цепь?

12. Какой вид имеют уравнения предельных значений замыкающего звена?

13. В какой последовательности определяются линейные операционные размеры из условия обеспечения минимально необходимого припуска на последующую обработку методом предельных значений?



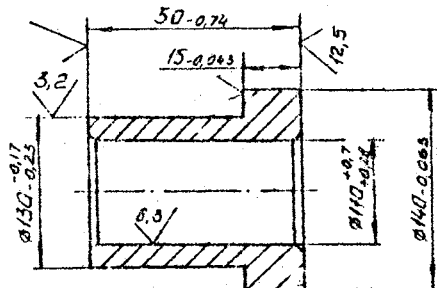
14. В какой последовательности определяют линейные операционные размеры из условия обеспечения чертежного размера, непосредственно не выполняемого при обработке методом предельных значений?

15. Какие имеются методы определения линейных операционных размеров?

#### Литература

1. ГОСТ 16319-80. Цепи размерные. Термины, определения и обозначения.
2. ГОСТ 16320-80. Цепи размерные. Расчет плоских цепей.
3. И в а щ е н к о И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. - М.: Машиностроение, 1975. - 222 с.
4. Г о р б а ц е в и ч А.Ф., Ш к р е д В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Мн.: Высшая школа, 1983. - 256 с.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ  
 Задание № I  
 Эскиз готовой детали

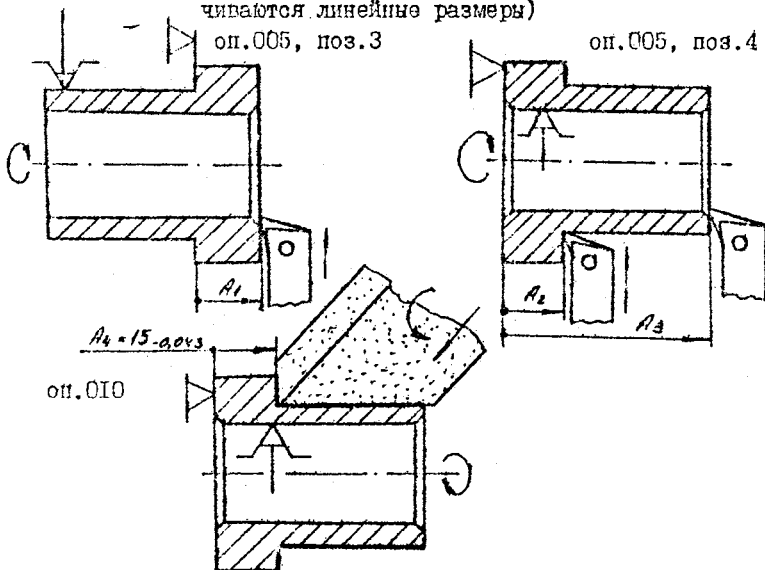


Материал: сталь 45  
 ГОСТ 1050-74;  
 масса - 1,8 кг;  
 заготовка - ковкая  
 класса II массой 2,4 кг;  
 группа стали МI; степень  
 сложности СI

1. НВ 156 ... 2Г7
2. Фаски 1 x 45°

Операционные эскизы

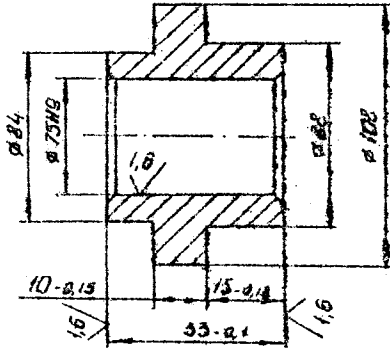
(для операций и переходов, при выполнении которых обеспе-  
 чиваются линейные размеры)



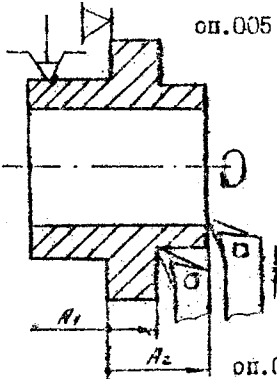
Задание № 2

Эскиз готовой детали

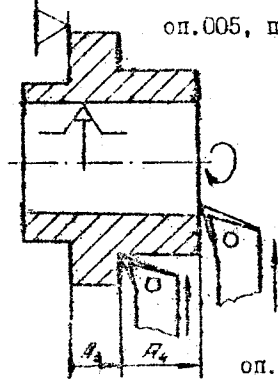
Материал: сталь 40Х ГОСТ 4543-71; масса - 0,8 кг;  
заготовка - поковка класса II массой I, I кг; группа стали MI; степень сложности CI по ГОСТ 7505-74



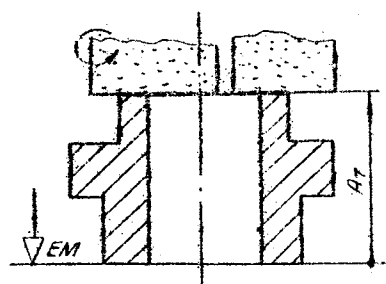
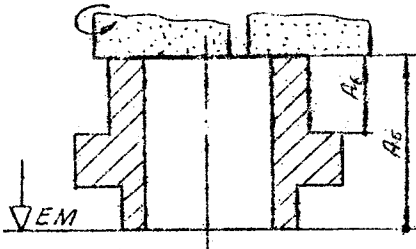
оп.005, поз.3



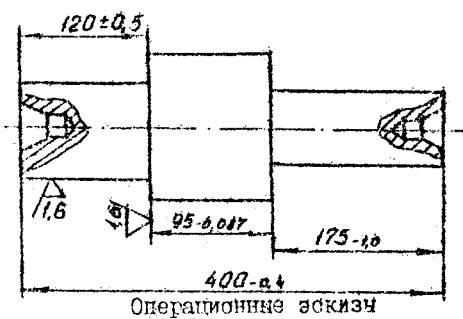
оп.010



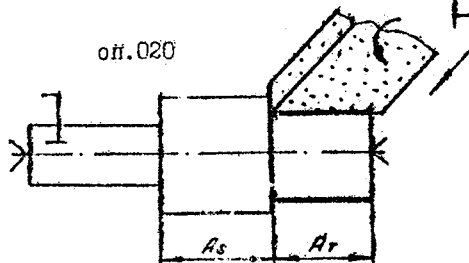
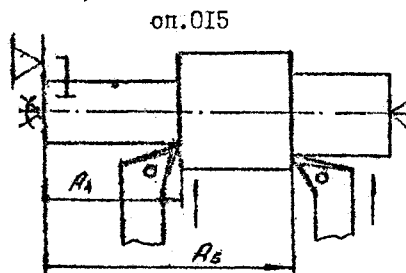
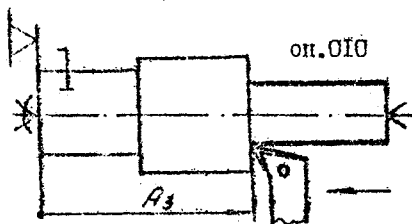
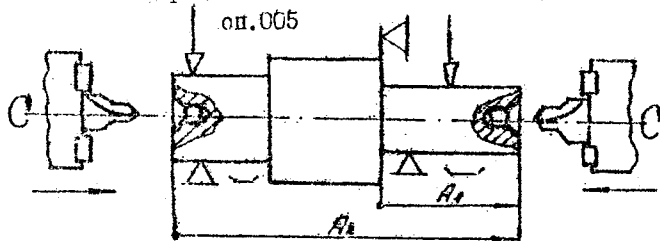
оп.015



Задание № 3  
Эскиз готовой детали

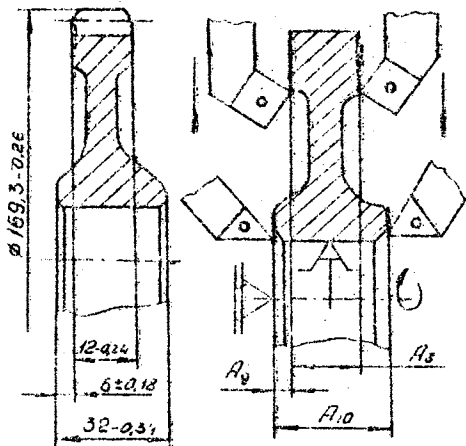


Материал: сталь 45  
ГОСТ 1050-74;  
масса 6,2 кг;  
заготовка - поковка  
класса II массой  
7,1 кг; группа стали М1;  
степень сложности С1 по  
ГОСТ 7505-74

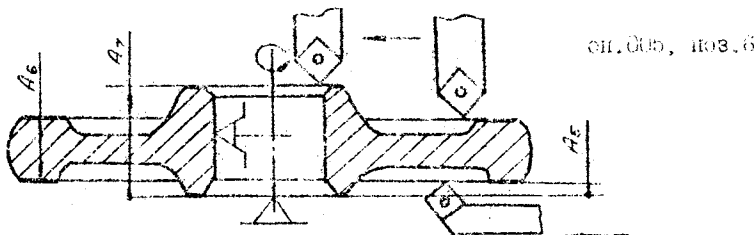
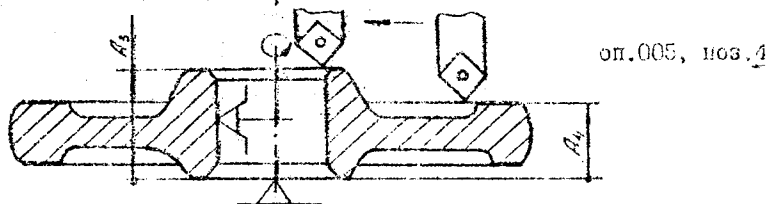
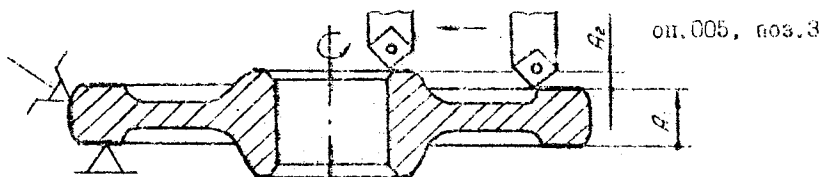


Задание № 4

Эскиз готовой детали оп.010



Материал: сталь 40Х  
 ГОСТ 4543-71; масса  
 1,68 кг;  
 Заготовка - поковка клас-  
 са П массой 2,8 кг; груп-  
 па стали М1; степень слож-  
 ности С2 по ГОСТ 7505-74



Приложение

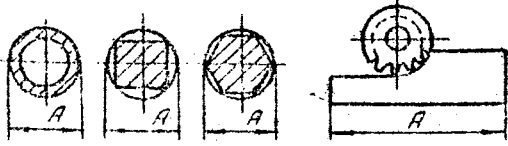
Т а б л и ц а 1

Минимальные припуски на черновое подрезание торцов, фрезерование и строгание плоскостей (размеры в мм)

Наибольший габаритный размер заготовки	Черновое подрезание торцов, фрезерование и строгание плоских заготовок			
	из сталей, полученных горячей штамповкой	полученных литьем в песчаные формы	из цветных и титановых сплавов, полученных горячей штамповкой	полученных литьем в кокиль и оболочковые формы
Припуск $Z_{min}$ на сторону				
до 30	0,9		0,7	
св.30 до 120	1,0		0,8	
св.120 до 260	1,2		0,9	
св.260 до 500	1,5		1,1	

Т а б л и ц а 2

Минимальные припуски на чистовое подрезание торцов и на чистовое фрезерование плоскостей (размеры в мм)

	Размер A	Припуск на сторону
	до 30	
св.30 до 120		0,4
св.120 до 260		0,55
св.260 до 500		0,7

П р и м е ч а н и е . Величину припуска  $Z_{min}$  устанавливает независимо от величины размера (длины вала или толщины-высоты корпусной детали).

## Экономическая точность обработки плоскостей и торцов

Вид обработки	Качество точности
Обдирочная обработка поковки и отливок из стали и чугуна	$h$ I4 или NI4
Черновая обработка от черновой базы, полученной штамповкой, литьем, отрезкой на прессе или дисковой пилой	$h$ I4 или NI4
литьем в кокиль, отрезкой резцом	$h$ 13 или NI8
Черновая обработка от обработанной базы	$h$ I2 или NI2
Чистовая обработка от черновой базы, полученной штамповкой литьем, отрезкой на прессе или дисковой пилой	$h$ I4 или NI4
литьем в кокиль, токарной обработкой	$h$ I2 или NI2
Чистовая обработка от механически обработанной базы	$h$ II, $h$ IO или NII, NIO
Предварительное шлифование и тонкое фрезерование	$h$ 9 или N9
	$h$ 8 или N8

Т а б л и ц а 4

Поля допусков основных валов и отверстий при номинальных размерах  
от 1 до 500 мм по СТ СЭВ144-75. Предельные отклонения

Интервал размеров, мм	Поля допусков						
	$h\ 8$ или $H8$	$h\ 9$ или $H9$	$h\ 10$ или $H10$	$h\ 11$ или $H11$	$h\ 12$ или $H12$	$h\ 13$ или $H13$	$h\ 14$ или $H14$
	Предельные отклонения, мкм						
От 1 до 3	I4	25	40	60	100	140	250
Св.3 до 6	18	30	48	75	120	180	300
Св.6 до 10	22	36	58	90	150	220	360
Св.10 до 18	27	43	70	110	180	270	430
Св.18 до 30	33	52	84	130	210	330	520
Св.30 до 90	39	62	100	160	250	390	620
Св.50 до 80	46	74	120	190	300	460	740
Св.80 до 120	54	87	140	220	350	540	870
Св.120 до 180	63	100	160	250	400	630	1000
Св.180 до 250	72	115	185	290	460	720	1150
Св.250 до 315	81	130	210	320	520	810	1300
Св.315 до 400	89	140	230	360	570	890	1400
Св.400 до 500	97	155	250	400	630	970	1550

П р и м е ч а н и е . В таблице приведены лишь отклонения от нулевой линии поля допуска. Для валов они берутся со знаком минус, для отверстий - со знаком плюс. Например, для вала  $\varnothing 100$ мм, выполненного по  $h\ 12$ , необходимо принять допуск  $100_{-0,350}$ ; для отверстия того же диаметра и точности -  $100_{+0,350}$ .



Таблица 5

Масса поковки в кг (свыше-до)	Группа стали		Степень сложности поковки				Для размера в мм (свыше-до)					
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	До 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500
До 0,25							+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2
							-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6
0,25-0,40							+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2	+1,3
							-0,4	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7
0,40-0,63							+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4
							-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8
0,63-1,00							+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5
							-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9
1,00-1,60							+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,6
							-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-1,0
1,60-2,50							+1,2	+1,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,8
							-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1
2,50-4,00							+1,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0
							-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,3
4,00-6,30							+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,3
							-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,4
6,30-10,00							+1,6	+1,7	+1,9	+2,1	+2,2	+2,5
							-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,4	-1,5
10,0-16,0							+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0
							-0,8	-1,0	-1,1	-1,2	-1,5	-1,5
16,0-25,0							+1,9	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,5
							-1,0	-1,1	-1,2	-1,5	-2,0	-2,0
26,0-40,0							+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5
							-1,1	-1,2	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0
40,0-63,0							+2,4	+2,5	+3,0	+3,5	+3,5	4,0
							-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0
63,0-100,0							+2,5	+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,0
							-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5
							+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,5	+4,5
							-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0
							+3,5	+3,5	+4,0	+5,0	+5,0	+5,0
							-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5
							+3,5	+4,0	+5,0	+5,5	+5,5	+5,5
							-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-3,5
							+4,0	+5,0	+5,5	+6,0	+6,0	+6,0
							-2,0	-2,5	-3,0	-3,0	-3,5	-4,0
							+5,0	+5,5	+6,0	+6,5	+6,5	+6,5
							-2,5	-3,0	-3,0	-3,0	-3,5	-4,0

Примечания. 1. Допуски на внутренние размеры поковок должны устанавливаться с обратными знаками.

2. Допуски на размеры  $H, a, \varphi$  (см. рис.4), обуславливающие недостамповку и двухсторонний износ штампов, определяются по табл.5.

3. Допуски на размеры  $L, l$  (см. рис.4), устанавливающие односторонний износ штампов, равны половинным значениям величины, приведенным в табл.5.

4. Допуски на размеры  $h$  и  $t$  (по перепаду, см. рис.4), устанавливающие односторонний износ штампов, равны  $\pm 0,5$  поля допуска, приведенного в табл.5.

5. В поковках, имеющих углубления, допуски на размеры  $h$ , (см. рис.4) определяются по табл.5 и устанавливаются с обратными знаками.

6. Неуказанные предельные отклонения размеров устанавливаются из расчета  $\pm 0,7$  поля допуска наибольшего размера поковки.

7. Допуски на межцентровые расстояния  $\Delta$  (см. рис.4) устанавливаются по ГОСТ 7505-74 (табл.7).

## Практическая работа 2

### ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ, ПОЛУЧЕННОЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКОЙ

1. Цель работы - приобретение и закрепление навыков технико-экономического обоснования выбора вида заготовки, которая может быть получена штамповкой на молоте, прессе, ПСМ с помощью специальных процессов или из проката.

Работа рассчитана на два академических часа.

2. Методические указания.

2.1. Области применения и особенности различных методов горячей штамповки.

Краткая характеристика основных способов горячей штамповки приведена в табл. 1. Горячая штамповка выполняется на молотах и прессах в открытых и закрытых штампах выдавливанием, гибкой с последующими чеканкой, радиальным обжатием, раскаткой, высадкой, накаткой зубьев, поперечной прокаткой и некоторыми другими процессами.

Таблица 1

Характеристика методов горячей штамповки

Метод получения заготовки	Характеристика получаемых заготовок	Допуски и	Преимущественно используемое оборудование
1	2	3	4
Штамповка в	Масса до 3т (в ос-	Допуски и до	Кривошипные горяче-

Продолжение табл. I

1	2	3	4
открытых штампах	новном, 50-100кг); сложной формы. Углубления или отверстия в боковых стенках поковок невозможны	пуски по ГОСТ 7505-74. Допуски на сторону для поковок, изготовляемых на молотах, массой до 40 кг с размерами до 800мм от 0,6-1,2 до 3,0-6,4мм.	штамповочные прессы усилием 6,3-100МН; штамповочные молоты с массой падающих частей; паровоздушные двойного действия 0,5-35 т, гидравлические - до 2,5 т; с двухсторонним ударом паровоздушные и гидравлические - до 60 т;
Штамповка в закрытых штампах	<p>Масса до 50-100кг простой формы, преимущественно в виде тел вращения</p> <p>Применяются для сокращения расхода металла и для сталей и сплавов с пониженной пластичностью</p>	<p>Поле допусков соответственно от 0,7-3,4 до 1,6-11 мм. Для штампованных заготовок, изготовляемых на кривошипных прессах, допуски на 0,1-0,6мм меньше. Допуски на вертикальные размеры поковки при штамповке в закрытом штампе составляют 0,5-0,7 от соответствующих допусков при штамповке в открытом штампе. Шероховатость поверхности <math>R_a = 80-40</math> мкм</p>	<p>простого действия, паровоздушные, цепные - соответственно до 10; 5 и 8т; винтовые фрикционные прессы усилием 0,4-50 МН; гидравлические штамповочные прессы усилием до 700 МН</p>
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)	<p>Масса до 100 кг; в виде стержней с головками или утолщениями различной формы, полые со сквозными или глухими отверстиями, фланцами и выступами. Предпочтительна форма тел вращения</p>	<p>Припуски и допуски по ГОСТ 7505-74. Припуск на 40-50% меньше, чем при штамповке на молотах. Шероховатость поверхности <math>R_a = 80-40</math> мкм</p>	<p>Горизонтально-ковочные машины усилием 1-4 МН</p>
Специальные процессы:			

1	2	3	4
✓ Радиальное обжигание	Сплошные и полые прямые поковки удлиненной ступенчатой формы в виде цилиндров или коническими частями, ступенчатые или с заострениями квадратного или прямоугольного сечения диаметром от 0,4 до 500 мм, длиной от нескольких см до 20 м	Принуск в случае задобности подшлифованье. Допуск при обжиге соответствует II-му качеству. Шероховатость поверхности $R_a = 2,5-0,63$ мкм	Ротационные обжимные, радиальнообжимные машины для обжигания прутков диаметром соответственно 4-110 и 10-200 мм, а также труб диаметром соответственно 10-200 и 10-320 мм
Раскатка	Тина колец диаметром 70-3000мм при высоте 20-260мм из заготовок, штампованных на молоте	Допуск для поковок колец шарикоподшипников диаметром 70-700мм: по наружному диаметру и высоте $\pm 0,6$ мм, по внутреннему диаметру 1,5-10 мм	Раскатные станы модели РМ с рабочим давлением в цилиндре 50-1000 МПа
Поперечная прокатка	Удлиненной формы типа ступенчатых валков, а также втулок диаметром до 100 мм и длиной до 800 мм	Несколько меньше, чем при штамповке в открытых штампах. Так, для диаметров до 30мм допуск может достигать $\pm 0,1$ мм, а для диаметров до 100 мм - $\pm 0,4$ мм	Станы, работающие валковым инструментом типа АСА (максимальный диаметр изделия 80мм, максимальная длина изделия $L = 500$ мм); станы, работающие валково-сегментным инструментом типа С (максимальные диаметр и длина те же); плоско-клиновое станы типа УМВ (ГДР) (максимальная длина 400 мм, диаметр - 40мм)

Область применения названных методов - серийное и массовое производство.

Штамповка на кривошипных прессах в два-три раза производительнее по сравнению со штамповкой на молотах, принуски и допуски уменьшаются на 20...35%, расход металла снижается на 10...15%. На рис. 2.1 показаны основные типы заготовок, штампуемых на молоте

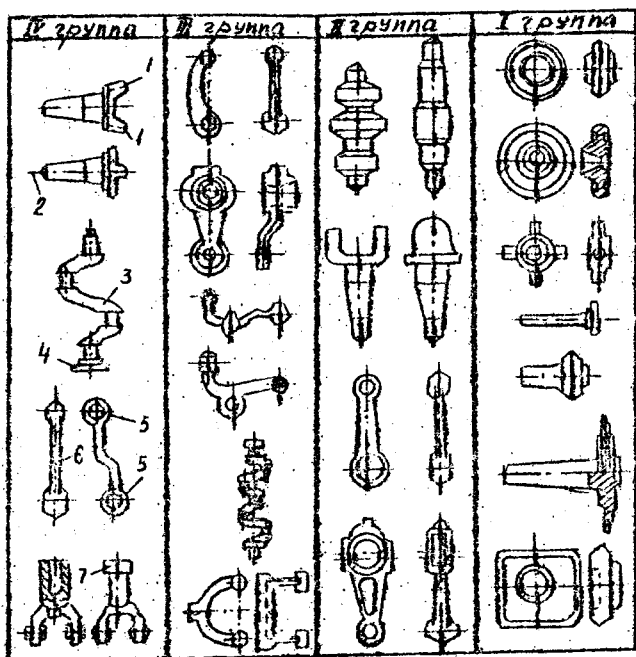


Рис. I. Классификация поковок, штампуемых на молотах и горяче-штамповочных прессах / I /:

I - разъем на прессе; 2 - разъем на молоте; 3 - штамповка на прессе; 4 - фланец штампуется на ГКМ; 5 - головки после штамповки на ГКМ штампованы на прессе; 6 - стержень согнут на горизонтально-гибочной машине; 7 - штамповка на молоте или прессе, высадка на ГКМ

тах и прессах.

При штамповке необходимо широко использовать профильный прокат или подкат, полученный на ковочных вальцах.

Заготовки I и II групп, показанных на рис. 1, а также заготовки типа стаканов, вилок, рым-болтов и др. могут быть получены штамповкой в закрытых штампах /2/. К преимуществам безоблойной штамповки относятся:

1. Снижение расхода металла до 20-25% из-за отсутствия облоя и клещевини, уменьшения штамповочных уклонов и припусков, более точных размеров получаемой штамповки.

2. Повышение коэффициента использования металла на 35-40% (до 0,54-0,77 - по сравнению с 0,35-0,56 - при штамповке в открытых штампах заготовок цилиндрических шестерен, валов, вилок и др.) / 2 /.

3. Повышение производительности труда на 50-60% в связи с уменьшением числа применяемых ручьев штампа.

4. Уменьшение усилия деформирования за счет уменьшения площади контакта металла с инструментом и сопротивления металла деформированию в связи с отсутствием облоя и других факторов.

5. Значительное снижение себестоимости готовой штамповки и трудоемкости последующей обработки резанием.

Виды заготовок, штампуемых на ГKM, показаны на рис. 2. Штамповка на ГKM является одним из производительных способов (до 400 поковок в час) и может быть рентабельной для определенного вида заготовок, особенно в условиях массового производства. Характерными деталями, заготовки которых получают на ГKM, являются конические валы-шестерни, валы с односторонним увеличением диаметров, шестерни, втулки, кольца и др. Штамповка на ГKM в связи с уменьшением штамповочных уклонов, повышением точности штамповки позволяет уменьшить вес заготовок по сравнению со штамповкой на прессах в среднем на 5-12%.

Радиальное обжатие позволяет выполнять различные операции - получать изделия с разнообразной формой наружной поверхности, оформлять внутренние поверхности полых изделий, обжимать концы заготовок, калибровать прутковый материал, осуществлять сборку изделий.

Сущность процесса радиального обжатия состоит в деформировании заготовки по периметру сечения сужающимися бойками, обеспечивающими всестороннее периодическое приложение давлений. Обработка может

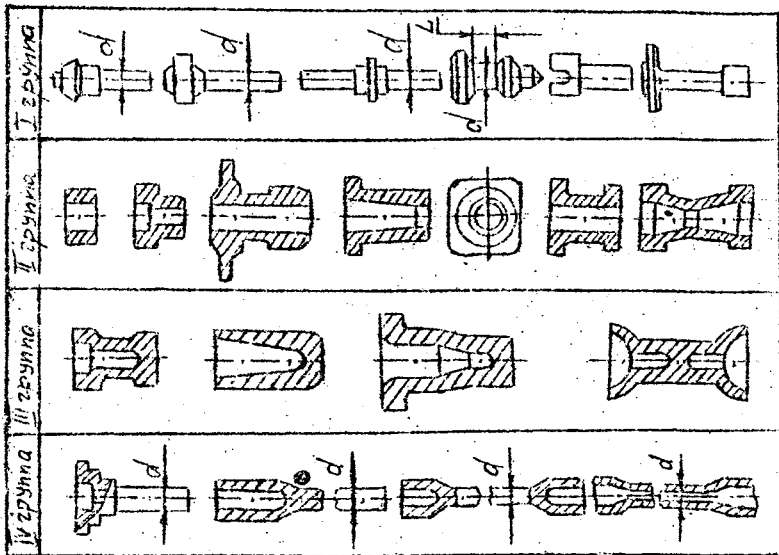


Рис. 2. Классификация поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах / I /

происходить с вращением или без вращения заготовки, с ее нагревом или без нагрева (для сплошных заготовок с диаметром до 80 мм и полых - до 100 мм).

При обработке без нагрева можно получить изделия 8-12 качества точности с шероховатостью  $R_a = 0,08-0,32$  мкм.

При обработке с нагревом - II-14 качества точности,  $R_a = 1,25-2,5$  мкм.

Преимущества радиального обжатия заключаются в повышении прочностных свойств изделия после обжатия, увеличении производительности в три-десять раз по сравнению с токарной обработкой заготовок из проката, экономии металла на 30-40% при холодном обжатии небольших изделий и на 20-60% при горячем обжатии больших изделий (свыше 5 кг) по сравнению с заготовками из проката и на 10-20% по сравнению с заготовками, полученными штамповкой на молотах.

Особенно эффективно применение радиального обжатия в мелкосерийном производстве взамен заготовок из проката или полученных горячей штамповкой в открытых штампах на молотах при общей серийности однотипных изделий от 100 до 30000 штук.

Процесс машинной раскатки, как правило, наиболее рациональный способ получения профильных кольцевых заготовок, а также крупногабаритных колец. Перевод производства колец сковки на раскатку позволяет снизить расход металла на 40-50%; на эту же величину возрастает и коэффициент использования металла. Размеры заготовок под раскатку определяют из равенства объемов заготовки до и после раскатки; при этом предполагают, что высота кольца в процессе раскатки не изменяется. Снижение себестоимости кольцевых заготовок, повышение эксплуатационных характеристик изделий, экономия металла и ряд других преимуществ технологии машинной раскатки вызывают все более широкое распространение этого процесса.

В процессе поперечно-клиновой прокатки и заготовку деформируют парой клиновых инструментов (рис. 3), которые по мере движения перемещают очаг деформации вдоль оси заготовки в соответствии с углом наклона деформирующих клиньев. Заготовка при этом вращается под воздействием инструмента вокруг своей продольной оси, расположенной перпендикулярно движению клиньев.

В результате обжатия и раскатывания металла наклонными гранями инструмента происходит уменьшение диаметра деформируемого участка заготовки и увеличение ее длины. Характерные виды заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой, показаны на рис. 4.

Плоско-клиновая прокатка применяется



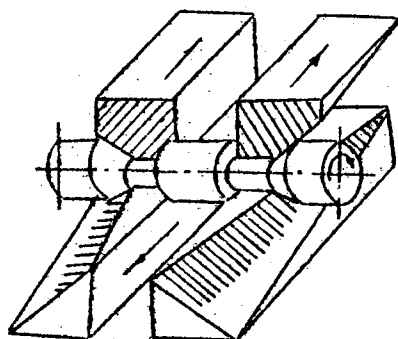


Рис. 3. Схема прокатки плоским клиновым инструментом

как для вальцовки заготовок под последующую штамповку (для деталей сложной формы), так и для получения заготовок непосредственно для механической обработки (обычно - токарной, иногда - шлифования). Ее преимуществами являются повышение производительности труда, точности заготовок, уменьшение их веса в среднем на 15% по сравнению со штамповкой на прессах в открытых штампах, улучшение эксплуатационных свойств деталей. Основная область применения метода - крупносерийное и массовое производство.

Области применения заготовок из проката.

Сортовой круглый горячекатаный прокат повышенной и нормальной точности (ГОСТ 2590-71) используют для изготовления ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней (до 7-10 мм), стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, осей, тяг.

Трубный прокат - стальной бесшовный горячекатаный, холодно-тянутый и холоднокатанный (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75) - служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, станков, роляков, пустотелых валов.

Периодические профили проката применяются для изготовления

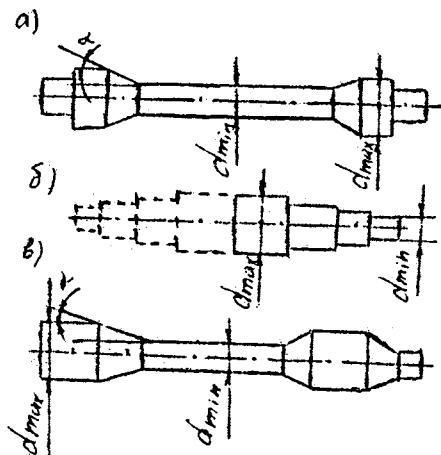


Рис. 4. Характерные виды заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой

а - симметричные по длине; б - несимметричные по длине с монотонным расположением ступеней; в - несимметричные по длине с немонотонным (произвольным) расположением ступеней.

деталей симметричной формы или получения опаренных заготовок (для двух деталей). Используются при этом профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0-75, ГОСТ 8319.13-75 и ГОСТ 8531-78), поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0-83, ГОСТ 8320.13-83), поперечной прокатки (ГОСТ 7524-83).

Механические свойства периодического проката выше, чем свойства гладкого проката, в связи с расположением волокон в соответствии с конфигурацией детали. Отклонения размеров проката от номинального обычно составляют по диаметру профиля  $\pm 0,1\%$  и по длине - не менее  $\pm 0,5\%$ .

Точность горячекатанного проката ориентировочно соответствует 12-14-му качеству, холоднотянутого - 9-12-му качеству. Точность горячекатанного сортового проката может быть повышена применением волочения через фильеру (точность 11-12-го качества) и в роликовой волоке (точность 9-11-го качества).

## 2.2. Экономическое обоснование выбора заготовки

При сравнении возможных методов получения заготовки для вновь проектируемого технологического процесса изготовления дета-

ли рассматриваемые варианты могут отличаться только технологией получения заготовки, но не механической обработки. В этом случае для выбора метода получения заготовки достаточно оценить ее себестоимость для каждого из вариантов и принять тот вариант, для которого себестоимость меньше. В противном случае при выборе метода получения заготовки необходимо оценить для каждого варианта суммарную себестоимость получения заготовки и отличающихся операций механической обработки.

Себестоимость заготовок из проката

$$S'_{302} = M + \sum C_{a3}, \quad (1)$$

где  $M$  - затраты на материал заготовки, руб;  $\sum C_{a3}$  - технологическая себестоимость операций правки, калибрования прутков, резки на штучные заготовки

$$C_{a3} = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт} (\text{шт} \cdot \text{к})}{60 \cdot 100},$$

где  $C_{п.з}$  - приведенные затраты на рабочем месте, коп/ч;

$T_{шт} (\text{шт} \cdot \text{к})$  - штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции (правки, калибрования, резки и др.).

По данным / 3 / приведенные затраты, приходящиеся на 1 ч. работы оборудования, имеют следующие значения: резка заготовок диаметром до 55 мм на сортовых ножницах - 883 коп/ч, то же заготовки диаметром до 140 мм - 1629 коп/ч; резка дисковыми пилами на отрезных станках - 121 коп/ч; правка на автоматах - 200...250 коп/ч.

Затраты на материал определяются по массе проката, требующегося на изготовление детали, и массе сдаваемой стружки. При этом необходимо учитывать стандартную длину прутков и отходы в результате некратности длины заготовок этой стандартной длине

$$M = QS - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (2)$$

где  $Q$  - масса заготовки, кг;  $S$  - цена 1 кг материала заготовки, руб;  $q$  - масса готовой детали, кг;  $S_{отх}$  - цена 1 т отходов, руб.

Стоимости некоторых материалов приведены в табл. 2. Заготовительная цена за 1 кг чугунной стружки составляет 24,8 руб., стальной стружки - 22,6 - 28,1 руб.

Т а б л и ц а 2

Оптовые цены на некоторые металлы

Наименование	Марка	Цена за 1 т, руб.
Сталь качественная круглая, квадратная, шестигранная:		
Углеродистая	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55	136...185
Легированная	15X, 20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X	141...168
- " -	18ХГТ, 30ХГТ, 20ХГТ	141...171
- " -	12ХНЗА, 30ХНЗА	279...309
Сталь качественная калиброванная (холоднотянутая) круглая		
Углеродистая	35, 40, 45, 50, 55, 60	176...263
Шарикоподшипниковая	ШХ9, ШХ15	260...364

Стоимость заготовок, получаемых горячей штамповкой различными методами, можно определить по формуле

$$S_{заг} = \frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_b \cdot K_M \cdot K_n \cdot (1 - \varphi) \cdot \frac{S_{стх}}{1000} \quad (3)$$

где  $C_1$  - базовая стоимость 1 т заготовок, руб;  $K_T, K_C, K_b, K_M, K_n$  - коэффициенты, зависящие от класса точности, степени сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

В качестве базовой стоимости заготовок, получаемых горячей штамповкой на молотах, прессах, ГММ, принимается  $C_1 = 373$  руб (штамповка из конструкционной углеродистой стали массой 2,5...4 кг, нормальной точности по ГОСТ 7505-74, 3-й степени сложности, 2-й группы серийности; прейскурант №25-01, 1981г.); для штамповки в закрытых штампах  $C_2 = 390$  руб; для заготовок, получаемых радиальным обжатием,  $C_3 = 380$  руб; для заготовок, получаемых раскаткой,  $C_4 = 320$  руб; для заготовок, получаемых поперечной прокаткой,  $C_5 = 280$  руб (по данным передовых заводов страны).

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от точности штамповок по ГОСТ 7505-74 значения коэффициента  $K_T$  принимаются: повышенная точность - 1,05; нормальная - 1;

б) в зависимости от марки материала штамповки значения коэффициента  $K_M$  составляют: для углеродистой стали-08-85-1; стали 15X-50X-1, 13, стали 18ХГТ - 30ХГТ - 1,21, стали ШХ15 - 1,77; стали 12ХНЗА - 30ХНЗА - 1,79.

Т а б л и ц а 3  
Значения коэффициентов  $K_c$  и  $K_b$

Материал штамповки	$K_c$			
	Группа сложности			
	1	2	3	4
Сталь углеродистая 08-85	0,75	0,84	1	1,15
Сталь 15X - 50X	0,77	0,87	1	1,15
Сталь 18ХГТ - 30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1	1,13
Сталь 12ХНЗА - 30ХНЗА	0,81	0,90	1	1,1

Масса штамповки, кг	$K_b$				
	Материал штамповок				
	Сталь 08-85	Сталь 15X-50X	Сталь 18ХГТ- 30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХНЗА- 30ХНЗА
Не более 0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25...0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63...1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,60...2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
2,50...4	1	1	1	1	1
4,0...10	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10,0...25	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25,0...63	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63,0...163	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

Коэффициент  $K_n$  определяется из условия: если объем производства заготовок (годовая программа) больше значений, указанных в табл. 4, принимают  $K_n = 0,8$ , в остальных случаях  $K_n = 1,0$ . Степень сложности определяется по ГОСТ 7505-71.

Т а б л и ц а 4  
Объем производства штамповок, соответствующий 2-й  
группе серийности

Масса штамповки, кг	Объем производства, тыс. шт.
1	2
Не более 0,25	15...500

I	2
0,25...0,63	8...300
0,63...1,6	5...150
1,6...2,5	4,5...120
2,5...4	4...100
4...10	3,5...75
10...25	3...50
25...63	2...30
63...160	0,6...1

Экономический эффект для опосредования способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, может быть рассчитан по формуле

$$\mathcal{E}_3 = (S_{3021} - S_{3022})N, \quad (4)$$

где  $S_{3021}$ ,  $S_{3022}$  - стоимость заготовок, изготавливаемых сравнимыми методами;  $N$  - годовой выпуск заготовок, шт.

Уровень технологичности каждого из методов получения заготовки может укрупненно быть оценен по коэффициенту использования материала

$$K_{UM} = \frac{q}{Q},$$

где  $Q$ ,  $q$  - те же параметры, что и в формулах (2) и (3).

**П р и м е р .** Произвести предварительную оценку возможных методов получения заготовки одновенцового цилиндрического зубчатого колеса.

Исходные данные: базовый метод получения заготовки - штамповка на прессе в открытом штампе; вес заготовки - 5,7 кг, вес готовой детали - 3,3 кг, годовой выпуск - 100000 штук, материал - сталь 18ХГТ, степень сложности - С2, класс точности II по ГОСТ 7505-74, тип производства - массовый.

Учитывая конструкцию обрабатываемой детали, тип производства и рекомендации, приведенные в табл. 2.1, принимаем в качестве второго возможного метода получения заготовки безоблойную штамповку на прессе. Выполним укрупненный расчет стоимости заготовок, получаемых названными методами. Результаты приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5  
Сопоставление и выбор варианта технологического процесса  
получения заготовки

Наименование показателей	I-й вариант	2-й вариант
Вид заготовки	Штамповка на прессе в открытом штампе	Безоблойная штамповка на прессе
Степень сложности	2	2
Класс точности	II	II
Масса готовой детали, кг	3,3	3,3
Масса заготовки, кг	5,7	5,7-5,7·0,2 = 4,56
Стоимость 1 т заготовок, принятых за базу, руб	373	390
Стоимость 1 т стружки, руб	28,0	28,0
$K_r$	I	I
$K_{II}$	1,21	1,21
$K_c$	0,88	0,88
$K_t$	0,89	0,89
$K_n$	1,0	1,0
Стоимость заготовки по формуле (3), руб	<u>1,95</u>	<u>1,62</u>
Коэффициент использования материала	$3,3/5,7 = 0,58$	$3,3/4,56 = 0,72$
Экономический эффект	$\mathcal{E}_3 = (1,95-1,62) \cdot 100000 = 33000$ руб	

Принимаем второй вариант технологии получения заготовки как более экономичный и технологичный.

Описанная методика позволяет выполнить предварительную оценку возможных методов получения заготовок. Для уточнения такой оценки необходимо более точно определить вес заготовки по ее чертежу для каждого из возможных методов ее получения.

### 3. Порядок выполнения работы

1. Для предложенного варианта задания выбрать 1-2 возможных метода получения заготовки.
2. Рассчитать стоимость заготовки при использовании базового и предложенных методов ее получения, оценить технологичность указанных методов.
3. Дать анализ полученных результатов.
4. Составить отчет.

### 4. Содержание отчета

1. Название работы. 2. Исходные данные. 3. Расчет стоимости заго-


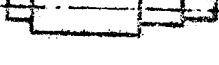



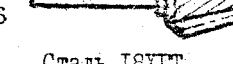
товок для предложенных методов ее изготовления по форме табл. 5.  
4. Выводы.


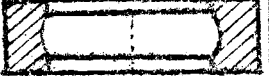
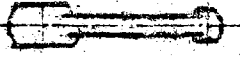
#### 5. Контрольные вопросы

1. Преимущества штамповки на прессах перед штамповкой на молотах.
2. Преимущества безоблойной штамповки.
3. Достоинства штамповки на ГKM.
4. Характерные детали, заготовки которых могут быть получены на ГKM.
5. Сущность, область применения и достоинства радиального обжатия.
6. Сущность, область применения и достоинства машинной раскатки.
7. Сущность, область применения и достоинства поперечно-клинковой прокатки.
8. Виды проката и области их применения.
9. Возможные схемы сравнения методов получения заготовок.
10. Как рассчитать себестоимость заготовки из проката ?
11. Как определить затраты на материал для заготовок из проката ?
12. Как определить стоимость заготовки, получаемой горячей штамповкой ?



## 6. Варианты заданий

Вид и форма готовой детали, ее материал	Годовой выпуск, шт	Масса готовой детали, кг	Базовый вариант получения заготовки				Примечание
			Вид заготовки	Степень сложности	Класс точности	Масса заготовки, кг	
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Вал 	100000	7,1	Штамповка на прессе в открытом штампе	С1	II	10,2	Перепад диаметров 10-20 мм
2 Сталь 40X 	10000	7,1	Штамповка на молоте			11,4	
3 Вал 	150000	8,4	Штамповка на прессе в открытом штампе	С1	II	12,9	Перепад диаметров 12-20 мм
4 Сталь 45 	3000	8,4	Штамповка на молоте			14,2	
5 Вал-шестерня 	120000	12,7	Штамповка на прессе в открытом штампе	С2	II	21,2	Перепад диаметров 7-15 мм
6 Сталь 18ХГТ 	10000	12,7	Штамповка на молоте			22,7	

	2	33	4	5	6	7	8	
7	Шестерня	150000	5,2	Штамповка на прессе в ОТКРЫТОМ ШТАМНЕ	C2	II	8,0	
8	 Сталь 12ХНЗА	1000	5,2	Штамповка на молоте			9,2	
9	Кольцо подшипника  Сталь ШХ15	200000	3,7	Штамповка на прессе в ОТКРЫТОМ ШТАМНЕ	C2	II	4,9	Наружный диаметр 250 мм
10	Шатун  Сталь 45	600000	4,7	Штамповка на молоте	C2	II	5,9	

## Л и т е р а т у р а

1. Ч а р и к о Д.В. Основы выбора технологического процесса механической обработки. -М.: Машиностроение, 1963. - 375 с.
2. Э д у а р д о в М.С. Штамповка в закрытых штампах. -Л.: Машиностроение, 1971. - 239 с.
3. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник /Под ред. К.М.Великанова. - Л.: Машиностроение, 1975. - 430 с.

### П р а к т и ч е с к а я р а б о т а 3

#### ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

1. Ц е л ь р а б о т ы - освоение методики сравнения вариантов получения отливок и выбора способа, обеспечивающего минимальную себестоимость изготовленных из них деталей.

Работа рассчитана на один академический час.

#### 2. Основные положения

Наиболее универсальным методом получения отливок является литье в земляные формы. Однако изготовление форм требует больших затрат времени и средств, кроме того, отливки в землю имеют сравнительно большие пропуски на обработку и характеризуются низким коэффициентом использования материала.

Более производительным, точным и ресурсосберегающим методом является литье в облицованные и необлицованные кокилы. Отливки из цветных металлов и сплавов изготавливают в необлицованных, а из черных металлов - преимущественно в облицованных кокилах.

Выбор оптимального способа получения отливок, как и других видов заготовок, основывается на сравнении себестоимости изготовленных из них деталей. Предпочтение отдают способу, обеспечивающему минимальную себестоимость детали, а при равенстве себестоимостей - менее материалоемкую. Отливки из черных металлов, полученные литьем в кокилы, требуют последующего отжига для ликвидации обесцвеченного слоя, что несколько повышает их стоимость. Однако более высокая точность, уменьшенные величины пропусков, производительность процесса компенсируют указанный недостаток и обеспечивают их экономичность.

Технологическую себестоимость деталей можно определить по

Формуле

$$C_T = S_{302} \cdot C_{доп},$$

где  $S_{302}$  - стоимость отливки, руб.;  $C_{доп}$  - коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали.

Стоимость заготовки  $S_{302}$  рекомендуется [1] определить по формуле

$$S_{302} = \left( \frac{C_i}{1000} Q K_T K_C K_b K_M K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000},$$

где  $C_i$  - базовая стоимость 1 т заготовок, руб.;  $K_T, K_C, K_b, K_M, K_n$  - коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

$Q$  - масса заготовки, кг;  $q$  - масса готовой детали, кг;  
 $S_{отх}$  - цена 1 т отходов, руб.

Экономический эффект от применения выбранного метода получения отливки рассчитывается:

$$Э_r = (C'_T - C''_T) N_r,$$

где  $C'_T$  и  $C''_T$  - технологические себестоимости деталей по вариантам;  $N_r$  - объем выпуска деталей, шт. в год.

### 3. Методические указания

Для определения стоимости заготовки рекомендуется использовать данные, приведенные ниже.

1. Базовая стоимость 1 т отливок, полученных литьем в обычных земляных формах,  $C_i = 360$  руб. (отливки из серого чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 массой 1-3 кг 3-го класса точности по ГОСТ 1855-55, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности /2/).

Коэффициент  $K_T$  для отливок 1-го, 2-го и 3-го классов точности принимается соответственно равным 1,1, 1,05 и 1,0. Для отливок из цветных металлов и сплавов  $K_T = 1,0$ .

Коэффициент, учитывающий марку материала отливки  $K_C$ , для отливок из серого чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 равен 1,0, а для отливок из алюминиевых сплавов - 5,94.

В настоящей работе рассматривается литье в земляные формы 3-ей группы сложности и 3-ей группы серийности, для которых  $K_C = 1$  и  $K_n = 1,0$ . Значение коэффициента  $K_b$  определяется по табл. 1.

2. Для отливок, полученных в необлицованном кокиле, за базу принята стоимость 1 т  $C_f = 318$  руб. /отливки из чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 массой 1-4 кг, 3-ей группы сложности и 2-й группы серийности/.

Коэффициент  $K_f$  в этом случае принимается равным 1,0.

Для чугуна марок СЧ10, СЧ15, СЧ18  $K_M = 1,0$ , а для алюминиевых сплавов  $K_M = 4,23$ .

В связи с тем, что в работе рассматриваются отливки 3-й группы сложности,  $K_c = 1,0$ .

Значения коэффициента  $K_b$ , зависящего от массы заготовки, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1  
Значения коэффициента  $K_b$

Масса, кг $Q$	Литье в земляные формы		Литье в необлицованный кокиль		Литье в облицованный кокиль	
	Чугунное	Алюминиевое	Чугунное	Алюминиевое	Чугунное	Алюминиевое
0,4-1,0	1,1	1,05	1,08	1,02	1,07	-
1,0-4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
4,0-10,0	<u>0,91</u>	0,96	0,9	0,99	<u>0,93</u>	-
10,0-25,0	0,84	0,92	0,84	0,98	<u>0,88</u>	-

Значение коэффициента  $K_n$  для отливок, полученных в необлицованных и облицованных кокилях, определяется в два приема.

Сначала по табл. 2 устанавливается группа серийности отливок, и затем в зависимости от группы серийности определяется значение коэффициента  $K_n$ .

Т а б л и ц а 2  
Группа серийности для отливок,  
полученных в необлицованных и облицованных кокилях

Масса отливок, кг	Группа серийности		
	1	2	3

	Количество отливок, тыс. шт.		
0,25 - 0,63	св. 70,0	15 - 70	до 15,0
0,63 - 1,0	св. 40,0	10 - 40	до 10,0
1,0 - 2,5	св. 20	6 - 20	до 6,0
2,5 - 10,0	св. 12	<u>3 - 12</u>	до 3,0
10,0 - 25,0	св. 8,0	1,5 - 8	до 1,5

Для 1-й, 2-й и 3-й групп серийности отливок, полученных в необлицованных кокилах, значения коэффициента соответственно принимаются 0,95, 1,0, 1,15.

3. Для отливок в облицованный кокиль за базу принята стоимость 1 т  $C_0 = 456$  руб. / отливки из чугуна марок СЧ10, СЧ15, СЧ18 массой 1 - 4 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности /.

Для отливок из чугуна, рассматриваемых в данной работе, значения коэффициентов  $K_T, K_C, K_M$  принимаются равными 1,0.

Значение коэффициента  $K_B$  определяется по табл. 1, а группа серийности - по табл. 2.

Для 1-й, 2-й, 3-й групп серийности отливок, полученных в облицованный кокиль, коэффициент  $K_n$  соответственно равен 0,97; 1,0; 1,1.

Значение коэффициента  $C_{доп}$ , учитывающего стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали для отливок, полученных в земляных формах, колеблется в пределах 1,5 - 1,8, а для отливок в кокили - 1,3 - 1,6.

Значения коэффициентов  $C_{доп}$  сравниваемых вариантов получения отливок приведены в таблице 3.

Оптовые заготовительные цены стружки  $S_{отх}$ : чугунной - принимается 24,8 руб. за 1 т., алмазниковой - 270 руб. за 1 т.

#### 4. Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. По сравниваемым вариантам получения заготовок рассчитать:  
массу заготовок  $Q$ , кг;  
стоимость заготовок  $S_{заг}$ , руб.;  
технологическую себестоимость деталей  $C_T$ , руб.;  
годовой экономический эффект  $E_r$ , руб., от применения более экономичного технологического процесса.
3. Составить отчет.

Таблица 3

## 5. Варианты заданий

Вариант №	Материал отливки	Масса детали q, кг	N <sub>г</sub>	Метод литья	N <sub>и.м.</sub>	Точность отливки	C <sub>доп.</sub>
1	АЛ-3	1,8	3500	З К	0,61 0,75	3 кл. ДТ I4	1,7 1,55
2	АЛ-3	6,0	12500	З К	0,62 0,8	3 кл. ДТ I4	1,60 1,5
3	АЛ-3	10,0	7500	З К	0,6 0,75	3 кл. ДТ I4	1,65 1,5
4	АЛ-3	12,0	8500	З К	0,61 0,76	3 кл. ДТ I4	1,7 1,5
5	СЧ15	1,7	3500	З К.0	0,6 0,7	2 кл. ДТ I5	1,7 1,5
6	СЧ15	5,7	12500	З К.0	0,6 0,75	2 кл. ДТ I5	1,75 1,53
7	СЧ15	10,0	7500	З К.0	0,62 0,8	3 кл. ДТ I5	1,6 1,4
8	СЧ15	1,2	20100	З К.0	0,59 0,78	2 кл. ДТ I5	1,65 1,45
9	СЧ15	6,3	8100	З К.0	0,58 0,78	2 кл. ДТ I5	1,64 1,42
10	СЧ10	2,9	12500	З К.0	0,57 0,76	3 кл. ДТ I5	1,72 1,53
11	СЧ18	10,0	7600	З К.0	0,65 0,85	2 кл. ДТ I5	1,69 1,48
12	СЧ10	5,8	8600	З К.0	0,65 0,83	2 кл. ДТ I5	1,69 1,41

Обозначения: N<sub>г</sub> - объем выпуска, шт. в год; N<sub>и.м.</sub> - коэффициент использования материала; C<sub>доп.</sub> - коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали; З, К, К.0 - литее соответственно в земляные формы, необлицованные и облицованные кокили.

## 6. Контрольные вопросы

1. Перечислите достоинства и недостатки литья в земляные формы и в кокилы.
2. Напишите расчетную формулу для определения стоимости заготовки.
3. Напишите расчетную зависимость для определения технологической себестоимости детали в настоящей работе.
4. Как определить массу заготовки, если известна масса детали?
5. Что Вы понимаете под коэффициентом использования материала?
6. Как определяется годовой экономический эффект от применения более экономичного технологического процесса?
7. Что понимают под термином "коэффициент, учитывающий дополнительную механическую обработку заготовки"?
8. Какой способ получения заготовки обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали?

## 7. Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчетные зависимости, используемые в работе.
3. Результаты расчетов, представленные в виде таблицы.
4. Обоснование выбора метода получения отливки по результатам сравнения вариантов.

## 8. Литература

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Мн.: Выш. школа, 1983. - 256 с.



## Практическая работа 4

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

**1. Цель работы:** Ознакомление студентов с групповыми методами обработки деталей, приобретение навыков по проектированию групповых технологических процессов.

Применение высокопроизводительных приспособлений и станков экономически оправдывается лишь при наличии достаточно большой партии изготавливаемых деталей.

В технологии машиностроения имеются два пути увеличения серийности изготовления деталей:

1. Конструкторский, связанный с широкой нормализацией и унификацией деталей и узлов выпускаемых изделий.
2. Технологический, связанный с унификацией технологических процессов изготовления деталей и узлов изделий.

В настоящее время имеются методы технологической подготовки и организации производства, направленные на приближение мелкосерийного и серийного производства к крупносерийному:

1. Метод, основанный на типизации технологических процессов.
2. Метод групповой обработки деталей.

Типовая технология для определенной классификационной группы характеризуется общностью маршрута получения основных обрабатываемых поверхностей деталей.

Групповая технология предусматривает освидание общей операции технологического процесса изготовления деталей на основе общности поверхностей, подлежащих обработке на данной операции.

#### 2. Основные положения

**2.1. Сущность группового технологического метода обработки деталей.**

Групповой метод – это такой метод унификации технологии производства, при котором для групп деталей однородной по тем или иным конструктивно-технологическим признакам устанавливаются однотипные высокопроизводительные методы обработки с использованием однородных и быстроперенастраиваемых приспособлений, оборудования и оснастки.

Основами группового метода производства являются: методика классификация и группирования деталей, видов работ и технологи-

ческих процессов; методики классификации и конструирования групповых приспособлений и другой технологической оснастки; целевая модернизация и специализация оборудования; внедрение групповых поточных и автоматических линий.

Группой (операционной) называется совокупность деталей, характеризующаяся при обработке общностью оборудования, оснастки, наладки в технологическом процессе (операционного). При создании группы учитываются габариты детали, так как они определяют типаж оборудования и размеры технологической оснастки. Кроме того, учитываются: их геометрическая форма, общность подлежащих обработке поверхностей, точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей, однородность заготовок, серийность выпуска, экономичность процесса.

Группа деталей характеризуется единством в конструкторском, технологическом, инструментальном и организационно-плановом смысле. Группирование деталей для построения групповых процессов рекомендуется выполнять по общности маршрутных групповых процессов, групповых деталейопераций.

За основу группы принимается комплексная деталь. Комплексная деталь может быть реальной и условной. Комплексная деталь имеет все геометрические элементы деталей данной группы. Реальной комплексной деталью является наиболее сложная деталь данной группы, включающая все основные элементы деталей данной группы. Под условной комплексной деталью понимается созданная деталь, включающая в себя все элементы поверхностей деталей данной группы. Комплексная деталь служит основой для создания технологического процесса и групповой оснастки — совокупности приспособлений и инструментов, обеспечивающих обработку всех деталей данной группы при небольших подналадках оборудования.

Технологический процесс, составленный на комплексную деталь, должен обеспечить обработку любой детали данной группы с небольшими подналадками оборудования. Групповым технологическим процессом называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы по общему технологическому маршруту. При групповом технологическом маршруте некоторые детали или их группы могут пропускать при обработке отдельные операции.

Групповой технологической операцией называется общая для групп различных по конструктор-

тивным признаком деталей операция, выполняемая с определенной групповой оснасткой, обеспечивающей обработку деталей на данном оборудовании.

Деталеоперация представляет собой дифференцированный план переходов при обработке конкретной детали определенной группы, для которой разработана групповая операция. Групповая операция схватывает столько деталеопераций, сколько деталей различных типов окомплектовано в группу.

## 2.2. Основные этапы разработки групповых технологических процессов

1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса. На этом этапе производится ознакомление с назначением и конструкцией изделия, с требованиями по изготовлению (точность изготовления, качество поверхности, технические требования).

Для решения задачи необходимо иметь конструкторскую документацию на изделие, задание на разработку технологических процессов.

2. Выбор технологического процесса или поиск аналога.

3. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.

4. Выбор технологических баз.

5. Составление технологического маршрута обработки. Производится определение последовательности технологических операций или уточнение технологических операций по групповому технологическому процессу.

6. Разработка технологических операций. Производится разработка последовательности переходов в операции.

## 3. Методические указания

Методика выполнения работы рассматривается на следующем примере.

На рис. 4 приведены эскизы группы деталей, состоящей из четырех деталей типа тел вращения.

Для создания группового технологического процесса обработки (Г Т П) необходимо, чтобы для каждой детали, обрабатываемой по Г Т П, были обеспечены: общность оборудования, общность оснастки и общность маршрута обработки. Для выполнения этих условий проводят анализ деталей группы по конструктивным и конструкторско-технологическим признакам. Такими признаками являются форма и размеры деталей, вид входящих поверхностей, их точность, шероховатость, точность взаимного расположения.

С целью упорядочения анализа рекомендуется пронумеровать



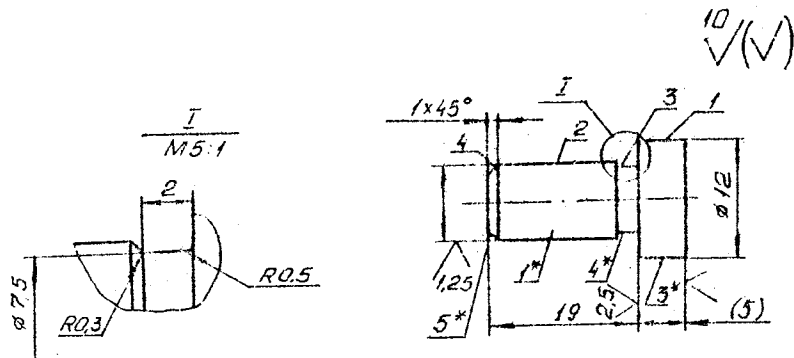


Рис. 3

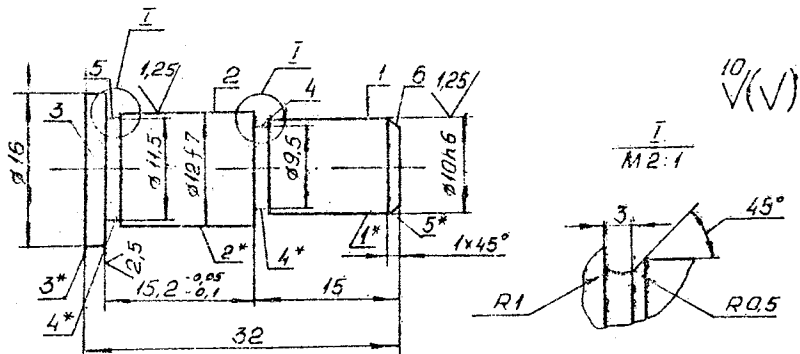


Рис. 4

поверхности каждой детали группы. На эскизах номера поверхностей указаны сверху. Параметры этих поверхностей записываются в табл. 1. В таблице указывается номер поверхности, тип поверхности, (поверхность вращения, линейчатая поверхность, винтовая и специальные поверхности и т.д.), подтип (наружная, внутренняя и т.д.). В таблице указываются: диаметр и точность размера, линейные размеры и точность, шероховатость, точность взаимного расположения. Результаты анализа деталей сводятся в табл. 1.

После проведения анализа деталей группы по конструктивным и конструкторско-технологическим признакам выделяются общие поверхности для всех деталей группы. На чертеже эти поверхности указаны цифрами внизу с индексом "х". Результаты сводятся в табл. 2. В таблице "0" обозначает, что деталь имеет обобщенную поверхность. На основании табл. 2 создается комплексная деталь, которая включает все поверхности, обобщенные с указанием диапазонов параметров этих поверхностей. Диапазоны параметров обобщенных поверхностей целесообразно приводить по форме табл. 3.

Т а б л и ц а    1  
Характеристика поверхностей деталей

№ дет.	№ поверхности	Тип поверхности	Подтип	Параметры				
				D	точн.	L	точн.	шерох.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	цилиндрич.	нар.	5	6	24	14	0,63
	2	цилиндрич.	нар.	8	8	20,2	-0,05 -0,1	1,25
	3	цилиндрич.	нар. резьба	5	8	10	14	10
	4	цилиндрич.	фаска	5		1x45°	14	10
2	1	цилиндрич.	нар.	16	14	10	14	10
	2	цилиндрич.	нар. резьба	20	6	117	14	5
	3	линейчатая	квадрат	14x14			-0,52	10
	4	цилиндрич.	фаска	20		1x45°	14	10
3	1	цилиндрич.	нар.	12	14	5	14	10
	2	цилиндрич.	нар.	8	8	19	14	1,25
	3	цилиндрич.	нар. канав.	7,5	7	2	14	10
	4	цилиндрич.	фаска	8		1x45°	14	10

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	1	цилиндрич.	нар.	10	6	15	14	1,25
	2	цилиндрич.	нар.	12	7	15,2	$-0,05$ $-0,1$	1,25
	3	цилиндрич.	нар.	16	14	1,8	14	10
	4	цилиндрич.	нар. канав.	9,5	14	3	14	10
	5	цилиндрич.	нар. канав.	11,5	14	3	14	10
	6	цилиндрич.	нар. фаска	10	$1 \times 45^\circ$		14	10

Т а б л и ц а 2

Состав обобщенных поверхностей

Номер обобщенной поверхности	Номера деталей			
	1	2	3	4
1 *	0	0	0	0
2 *	0	0	0	-
3 *	-	-	0	0
4 *	-	-	0	0
5 *	0	0	0	0
6 *	-	0	-	-
7 *	0	0	-	-

После формирования обобщенных поверхностей необходимо создать образ обобщенной детали, включающей все обобщенные поверхности с указанием возможных диапазонов размеров.

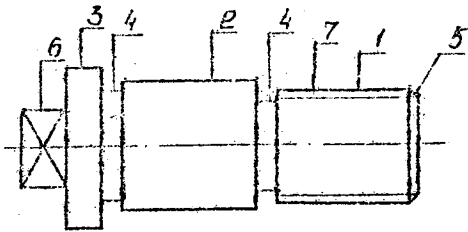


Рис. 5. Комплексная деталь для группового технологического маршрута обработки

Т а б л и ц а 3

## Диапазоны параметров обобщенных поверхностей

№ пов.	Диапазон параметров поверхности, допустимых в ГТН							
	D		L		Точность качества		шероховатости (R <sub>a</sub> , мкм)	
	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.
1 <sup>x</sup>	16	5	24	10	14	6	10	0,63
2 <sup>x</sup>	20	8	117	15,2	14	6	5	1,25
3 <sup>x</sup>	16	12	5	1,6	14	14	10	10
4 <sup>x</sup>	11,5	7,5	3	2	14	14	10	10
5 <sup>x</sup>	16	5	1,6x45°	1,0x45°	14	14	10	10
6 <sup>x</sup>	14x14				-0,52		10	10
7 <sup>x</sup>	20	5	117	10	8	6	10	5

Разработка схемы группового технологического маршрута обработки деталей группы.

При разработке группового технологического маршрута обработки определяется последовательность технологических операций. При разработке группового технологического маршрута обработки необходимо исходить из следующих основных положений:

1. Принятая последовательность операций при групповом маршруте должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями.
2. Технологическая оснастка должна быть групповой или переналаживаемой, пригодной для изготовления любой детали группы.
3. Применяемое оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку.

Схему технологического маршрута обработки приводят в виде табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Эскизы деталей	Технологические операции				
	токарная	токарная	фрезерная	шлифовальная	на склад
деталь № 1	0	0	0	0	0
деталь № 2	0	0	0	0	0
деталь № 3	0	0	0	0	0
деталь № 4	0	0	0	0	0

(0 - наличие технологической операции.)



## Разработка групповой технологической операции

Таблица 6.

Эскизы деталей на групповую деталеоперацию	Переходы									Комплексная деталь	
	Подготовку поверхности 1	Токарная пайка 2	Токарная пайка 3	Токарная пайка 4	Токарная пайка 5	Токарная пайка 6	Токарная пайка 7	Токарная пайка 8	Токарная пайка 9		
	○	○	○						○	○	
	○	○	○		○				○	○	
	○	○	○	○					○	○	
	○	○		○					○	○	

○ — Наличие технологического перехода

Схема построения групповой технологической операции, выполняемой на токарно-револьверном станке

Отдельные детали могут пропускать технологические операции.

Для разработки групповой технологической операции заполняется табл. 5. В таблице вычерчиваются эскизы деталей для данной операции. Однотипные поверхности нумеруются одинаковыми цифрами, и строится эскиз комплексной детали. По эскизу комплексной детали строится схема технологических переходов. Для комплексной детали указываются диапазоны параметров поверхностей в табл.3.

#### 4. Порядок выполнения работы

1. Изучить сущность группового метода обработки деталей.
2. Произвести анализ деталей группы по конструктивным и конструктивно-технологическим признакам (табл.1). Детали даны в приложении к работе.
3. Выделить общие поверхности деталей группы (табл.2), указать диапазон параметров общих поверхностей (табл.3), составить комплексную деталь (рис. 5).
4. Разработать схему группового технологического маршрута обработки деталей группы (табл.4).
5. На одну из операций (по указанию преподавателя) группового технологического маршрута составить и вычертить комплексную деталь на основе операционных эскизов, разработанных для каждой детали группы.
6. Указать переходы, необходимые для обработки комплексной детали и деталей группы (табл.5).

#### 5. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Чертежи деталей группы.
3. Анализ деталей (табл.1).
4. Состав обобщенных поверхностей (табл.2).
5. Комплексная деталь для выполнения ГТМ, диапазон параметров обобщенных поверхностей (табл.3).
6. Схема группового технологического маршрута обработки (табл.4).
7. Разработка групповой технологической операции (табл.5).

## 6. Варианты задания

№ варианта	Наименование деталей
1	1.Бобышка. 2.Втулка. 3.Втулка. 4.Втулка. 5.Втулка.
2	1.Толкатель. 2.Ось. 3.Винт. 4.Ось. 5.Упор.
3	1.Палец. 2.Упор. 3.Ось. 4.Ось. 5.Винт.
4	1.Втулка. 2.Бобышка. 3.Ролик. 4.Пята. 5.Втулка.
5	1.Тяга. 2.Тяга. 3.Серьга. 4.Ось. 5.Серьга.
6	1.Штанга. 2.Стяжка. 3.Стяжка. 4.Винт. 5.Упор.
7	1.Ось. 2.Ось. 3.Вал. 4.Толкатель. 5.Ось.
8	1.Стяжка. 2.Стяжка. 3.Ось. 4.Вал. 5.Вал.

## 7. Контрольные вопросы

1. Сущность группового метода обработки.
2. Что называется группой (операционной)?
3. Какие признаки учитываются при создании групп?
4. Что такое комплексная деталь?
5. Понятия о групповом технологическом процессе.
6. Понятие о групповой технологической операции.
7. Основные этапы разработки группового технологического процесса.
8. При каком типе производства применяется групповая технология?

## 8. Литература

1. Организация группового производства / Под общей редакцией С.П.Митрофанова и В.А.Петрова. - Л., 1980, С287.
2. ГОСТ 14.316-75 "Правила разработки групповых технологических процессов".
3. ГОСТ 14.319-77 "Правила организации группового производства".

## Практическая работа 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ СИСТЕМ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1. Цель работы - освоение методики выбора рациональных стандартных систем станочных приспособлений и расчета затрат на оснащение ими технологических операций.

Работа рассчитана на один академический час.

## 2. Основные положения.

Станочные приспособления /СП/ применяют для установки заготовок на металлорежущие станки. В соответствии с классификацией ЕСТН различают три вида СП:

1. Специальные /одноцелевые, непереналаживаемые/.
2. Универсальные /многоцелевые, широкопереналаживаемые/.
3. Специализированные /узкоцелевые, ограниченно переналаживаемые/.

Эти три вида СП по ГОСТ 14.305-73 подразделяются на шесть стандартных систем: неразборные специальные /НСП/, универсально-сборные /УСП/, универсальные безналадочные /УБ/, универсальные наладочные /УНП/, сборно-разборные /СРП/, специализированные наладочные /СНП/.

Для массового и крупносерийного производства в большинстве случаев применяют специальные станочные приспособления /НСП/.

В условиях среднесерийного и мелкосерийного производств выгодны системы УСП, СРП, УНП, СНП и другие СП многократного применения.

Универсально-сборные приспособления /УСП/ komponуют, в основном, из отдельных стандартных деталей. Возможность быстро и без обработки собирать приспособление для оснащения различных операций делает систему УСП выгодной в опытном, единичном, мелкосерийном, при освоении новой продукции и в серийном производствах.

Сборно-разборные приспособления /СРП/ komponуют, в основном, из узлов. Для СРП характерен высокий уровень механизации и использования наладок. Они обеспечивают по сравнению с УСП большую точность обрабатываемого в них изделия и производительность.

Приспособления универсальные наладочные (УНП) и специализированные наладочные (СНП) состоят из базового агрегата, представляющего собой на 80 - 90% готовое приспособление, и наладок, которые станочник может установить на базовый агрегат или регулировать непосредственно на рабочем месте. В мелкосерийном производстве применяют немеханизированные наладочные приспособления, а в серийном и крупносерийном - пневматические или гидравлические. СНП имеют специализированные базовые агрегаты и могут быть использованы для установки геометрически подобных заготовок, а УНП - универсальные базовые агрегаты и применяются для установки различных заготовок.

Обоснованное применение СП позволяет получать высокие технико-экономические показатели.

При технико-экономическом обосновании выбора системы СП рас-

считывают следующие показатели:

1. Коэффициент загрузки единицы технологической оснастки.

2. Затраты на оснащение технологической операции.

Коэффициент загрузки приспособления на технологической операции вычисляют по формуле

$$K_3 = \frac{T_{ш.к} \cdot N_m}{F_0 \times 60},$$

где  $T_{ш.к}$  - штучно-калькуляционное время выполнения операции, мин.;  
 $N_m$  - планируемая месячная программа на единицу приспособления /количество повторов операций/;  $F_0$  - располагаемый месячный фонд времени работы приспособления /станка/, ч.

Области рационального применения систем СП в зависимости от планируемого периода производства изделия  $T_u$  и величины коэффициента загрузки приспособления  $K_3$  определяются по справочному приложению I к ГОСТу I4.305-73.

Затраты на оснащение технологической операции обычно определяют по формулам приложения 2 к ГОСТу I4.305-73.

В данной работе рекомендуется определять затраты на оснащение технологической операции с помощью коэффициентов соотношения затрат по формуле

$$P_i = C_{нсп} \cdot K_{зотр}$$

где  $C_{нсп}$  - себестоимость неразборной специальной оснастки /НСО/, руб;  $K_{зотр}$  - коэффициент, характеризующий соотношение затрат при оснащении технологических операций системами станочных приспособлений, отличающимися от НСО. Для системы НСО  $K_{зотр} = 1,0$  (см. приложение I к ГОСТу I4.305-73, представленное в табл. I.2).

### 3. Методические указания

Коэффициент загрузки единицы технологической оснастки рассчитывают по исходным данным, приведенным в таблице вариантов заданий.

Месячный фонд времени работы приспособления следует принимать  $F_0 = 336$  ч.

Затраты на оснащение технологической операции на заданный период производства изделия неразборной специальной оснасткой равны себестоимости оснастки  $C_{нсп}$ .

Себестоимость неразборной оснастки /приспособления/ - НСП - можно определить по укрупненным нормативам /табл. 3/ в зависимости от числа наименований деталей в приспособлении.

Числа деталей в приспособлениях приведены для различных вариантов в таблице заданий. Там же приведены значения  $T_u$ .

Т а б л и ц а    I  
 Коэффициенты затрат на оснащение операций  $K$  застр. для периодов  $T_u$   
 производства

$K_3$	До 1 месяца				До 6 месяцев				До 1 года				До 1,5 лет			
	УСН	УЕН	УНН	СРН	УСН	УЕН	УНН	СРН	УСН	УЕН	УНН	СРН	УСН	УЕН	УНН	СРН
1,0	0,07	0,03	0,20	0,23	-	0,2	0,51	0,38	-	0,4	0,81	0,56	-	0,54	-	0,74
0,5	0,06	0,01	0,23	0,23	0,33	0,1	0,37	0,38	0,71	0,2	0,82	0,56	1,08	0,3	0,83	0,74
0,2	0,05	0,01	0,22	0,23	0,32	0,03	0,32	0,38	0,64	0,1	0,44	0,56	0,96	0,11	0,56	0,74
0,1	0,05	0,01	0,21	0,23	0,31	0,02	0,29	0,38	0,62	0,04	0,38	0,56	0,93	0,06	0,47	0,74
0,04	0,05	0,01	0,20	0,23	0,3	0,01	0,27	0,38	0,6	0,02	0,34	0,56	0,9	0,02	0,42	0,74

Т а б л и ц а    2  
 Коэффициенты затрат на оснащение операций  $K$  застр. для периодов  $T_u$   
 производства

$K_3$	До 1 лет				До 2,5 лет			До 3 лет			До 3,5 лет			До 4 лет		
	УСН	УЕН	УНН	СРН	УЕН	УНН	СРН	УЕН	УНН	СРН	УЕН	УНН	СРН	УЕН	УНН	СРН
1,0	-	0,79	-	0,92	0,99	-	-	1,2	-	-	1,5	-	-	1,7	-	-
0,5	-	0,4	1,04	0,92	0,5	1,25	-	0,6	1,46	-	0,7	-	-	0,8	-	-
0,2	-	0,15	0,68	0,92	0,18	0,8	-	0,22	0,92	-	0,25	1,04	-	0,28	1,16	-
0,1	-	0,08	0,56	0,92	0,1	0,65	-	0,12	0,74	-	0,14	0,83	-	0,16	0,92	-
0,04	1,2	0,03	0,49	0,92	0,04	0,57	1,1	0,05	0,62	-	0,7	-	-	0,07	0,78	-

Т а б л и ц а   3  
Угруппенные нормативы стоимости специальных  
станочных приспособлений

Число наименований деталей	Стоимость приспособления, руб.	Число наименований деталей	Стоимость приспособления, руб.
до 3	до 8,5	40 - 45	335 - 360
3 - 5	8,5 - 17	45 - 50	360 - 390
5 - 10	17 - 30	50 - 55	390 - 640
10 - 15	30 - 62	55 - 60	640 - 690
15 - 20	62 - 80	60 - 65	690 - 735
20 - 25	80 - 145	65 - 70	735 - 765
25 - 30	145 - 197	70 - 80	765 - 850
30 - 35	197 - 252	80 - 90	850 - 925
35 - 40	252 - 335	90 - 95	925 - 965

4. Варианты заданий

Номер варианта	Т <sub>ш.к.</sub> , мин.	N <sub>ш.</sub> , шт/мес.	T <sub>ц.</sub> , мес.	Число наименований деталей в специальном приспособлении
I	3,4	600	1	12
2	2,7	1500	3	14
3	1,7	6000	4	16
4	2,01	6000	2	11
5	2,46	6500	6	9
6	2,03	6000	10	46
7	1,58	9000	12	49
8	1,35	12000	18	54
9	1,52	12000	24	61
10	1,86	6000	26	64
11	1,12	1800	6	67
12	1,35	3000	12	75
13	1,54	3960	18	78
14	1,69	4800	24	83
15	3,8	2400	30	80
16	1,23	9000	30	51
17	1,12	7200	36	62
18	0,77	6600	42	73

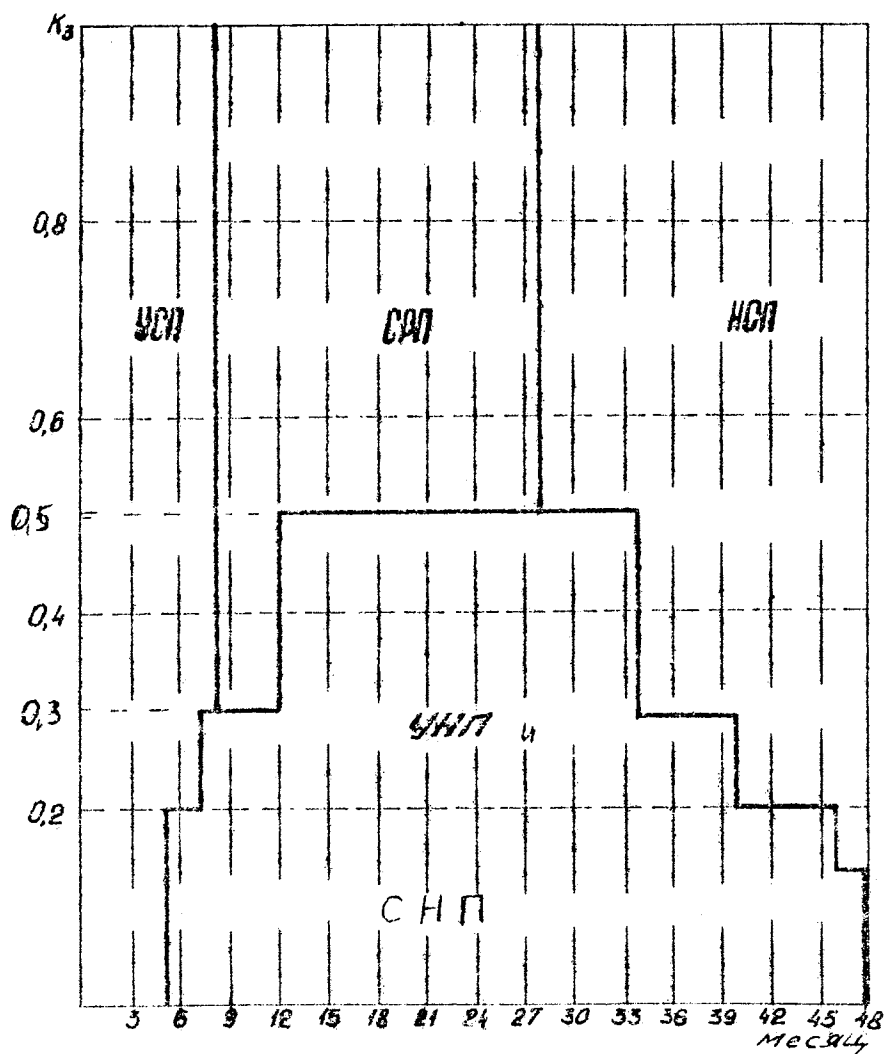


Рис. I. График для определения областей рационального применения систем СП



1	2	3	4	5
19	1,08	15000	47	56
20	1,01	12000	38	68

### 5. Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. Рассчитать коэффициент загрузки приспособления  $K_3$ .
3. Определить рациональную систему СП для заданных условий по графику /рис.1 / и коэффициент затрат на оснащение  $K_{затр}$ .
4. Определить стоимость специального неразборного приспособления по табл. 3 для заданного варианта задачи  $C_{исп}$ .
5. Рассчитать затраты на оснащение технологической операции рациональной системой СП  $P_i$ .
6. Сформулировать выводы по результатам работы.
7. Составить отчет.

### 6. Контрольные вопросы

1. Как определяется коэффициент загрузки приспособления  $K_3$  ?
2. Как определяется рациональная система СП?
3. От каких факторов зависит стоимость неразборных специальных приспособлений при ее определении по укрупненным нормативам?
4. Каким образом рассчитываются затраты на оснащение технологической операции системами СП, отличающимися от НСП?
5. Определите зоны рентабельности применения систем СП: УСП, УНП, СПИ, НСП.

### 7. Содержание отчета

1. Содержание задания. 2. Расчетные зависимости, используемые в работе. 3. Результаты расчетов коэффициента загрузки приспособления, затрат на оснащение технологической операции. 4. Обоснование выбора системы СП. 5. Выводы.

### 8. Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя в двух т. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.-656 с.

## С о д е р ж а н и е

Работа 1.	Выявление, построение и анализ технологических размерных цепей при определении линейных операционных размеров . . . . .	3
<u>Работа 2.</u>	Обоснование выбора заготовки, полученной горячей штамповкой . . . . .	25
Работа 3.	Экономическое обоснование выбора способа получения отливок . . . . .	42
Работа 4.	Проектирование группового технологического процесса обработки деталей . . . . .	48
Работа 5.	Определение области рационального применения стандартных систем станочных приспособлений . . . . .	58

Марк Моисеевич КАНЕ  
Александр Аверьянович САКОВИЧ  
Виктор Андреевич ШКРЕД  
Александр Александрович ЯРСЛЕВВИЧ

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по курсу "Технология машиностроения" для студентов специальности 0501 - "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты"

Редактор С.В.Кандыбо. Корректор Т.А.Палилова.

---

Подписано в печать 7.05.87.

Формат 60x84 I/16. Бумага тип №2. Офс. печать.

Усл.печ.л.4,12. Уч.-изд.л.3,0. Тир.300. Зак.93.Бесплатно.

---

Отпечатано на ротационте БИИ. 220027, Минск, Ленинский пр., 65.