

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

Н. Н. Попок  
В. И. Абрамов  
Р. С. Хмельницкий

## ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания  
к курсовой работе  
для студентов специальности  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
заочной формы обучения

Новополоцк  
ПГУ  
2014

УДК 621(075.8)  
ББК 34.5я73

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией  
машиностроительного факультета  
в качестве методических указаний  
(протокол № 4 от 15.04.2014)

Кафедра технологии и оборудования  
машиностроительного производства

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

проф., д-р техн. наук, проф. кафедры технологии и оборудования  
машиностроительного производства

**В. А. ДАНИЛОВ;**

доц., канд. техн. наук, доц. кафедры технологии и оборудования  
машиностроительного производства

**А. М. ДОЛГИХ**

© Попок Н. Н., Абрамов В. И., Хмельницкий Р. С., 2014

© УО «Полоцкий государственный университет», 2014

# **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Выполнение курсовой работы – один из завершающих этапов изучения дисциплины «Основы технологии машиностроения».

Цель курсовой работы – закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по вопросам базирования заготовок и изделий машиностроения и решению технологических операционных цепей.

Выбор варианта задания на выполнение курсовой работы определяется числом, образованным двумя последними цифрами индивидуального шифра студента.

## **2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ЕЕ ОФОРМЛЕНИЮ**

### **2.1 Содержание курсовой работы**

Содержание курсовой работы сводится к выполнению двух основных ее разделов:

- теоретические основы базирования заготовок и изделий в машиностроении.

Предусматривается решение двух типов задач (3 задачи первого и 3 задачи второго типов);

- расчет технологических операционных размерных цепей.

В соответствии с индивидуальным заданием предусматривается установление минимально необходимых припусков на обработку, назначение допусков на операционные размеры и размеры исходной заготовки, решение технологических операционных цепей.

### **2.2 Требования к оформлению курсовой работы**

Расчетно-пояснительная записка должна быть выполнена печатным способом с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (ГОСТ 2.301). Цвет шрифта черный, высота букв, цифр и других знаков – не менее 1,8 мм (кегель 14), через одинарный интервал.

Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и конце строк – не менее 5 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней границы рамки – не менее 10 мм. Основная надпись формы должна быть заполнена в соответствии с ГОСТ 2.104.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры.

Каждый раздел записки следует начинать с нового листа. Разделы нумеруются арабскими цифрами в пределах всей записки. Подразделы – арабскими цифрами в пределах каждого раздела, при этом номер подраздела входит в номер раздела и отделен точкой. Например, 3.1; 4.1.1.

Заголовки разделов пишутся прописными буквами, подразделов – строчными (кроме первой прописной). Подчеркивать заголовки и делать в них переносы не допускается.

После номера раздела и подраздела в тексте точку не ставят.

Нумерация страниц записки должна быть сквозной. Номер страницы проставляется арабскими цифрами в соответствующей графе основной надписи. Первой страницей считается титульный лист. Номера страниц на титульном листе и на бланке задания не ставятся, но включаются в общую нумерацию.

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в записке непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в т.ч. и цветные.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в записке, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами в пределах всей записки.

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.

Иллюстрации должны иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Схема базирования.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзачного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки в записке. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте записки.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяется. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяется знак «x».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей записки арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

### **Пример**

$$A = a:b, \quad (1)$$

$$B = c:e. \quad (2)$$

Одну формулу обозначают как (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках. Например, ... в формуле (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например, (3.1).

В записке допускаются ссылки на стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно опреде-

ляют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

При ссылке в тексте записки на источник используемой литературы следует приводить порядковый номер по списку литературы, заключенному в квадратные скобки.

Пояснительная записка должна содержать следующие структурные элементы:

Титульный лист (прил. 4).

Задание по курсовой работе.

Содержание.

Введение.

1 Теоретические основы базирования заготовок и изделий в машиностроении.

2 Расчет технологических операционных размерных цепей.

Заключение.

Список использованной литературы.

### **3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ НАД РАЗДЕЛОМ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК И ИЗДЕЛИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ»**

#### **3.1 Основные теоретические положения**

Перед выполнением данного раздела необходимо изучить основные положения теории базирования заготовок и изделий в машиностроении [1], классификацию баз, термины и определения, приведенные в ГОСТ 21495-84.

При установке заготовки непосредственно на станке или в приспособлении для обработки методом автоматического получения размеров достигаемая точность зависит от положения измерительной базы заготовки относительно режущего инструмента.

Колебания положения измерительной базы при обработке партии заготовок будет наименьшим в случае, если соблюдается принцип совмещения баз, т.е. в качестве технологической базы будет использоваться конст-

руктивный элемент заготовки (измерительная база), от которого координируется обрабатываемая поверхность.

Размер детали на выполняемом переходе механической обработки может быть получен непосредственно (прямым путем) как размер между обработанной поверхностью и технологической базой и как результат выполнения ряда операционных размеров, т.е. как замыкающее звено технологической операционной размерной цепи.

Если при базировании заготовки на выполняемой операции соблюдается принцип совмещения баз, то требования чертежа обеспечиваются непосредственно. Если принцип совмещения баз не соблюдается, то возникает погрешность выполняемого размера от несовмещения баз, которая численно определяется как предельное поле рассеивания размера между измерительной и технологической базами заготовки в направлении выполняемого размера.

Следовательно, для повышения точности и снижения трудоемкости обработки необходимо стремиться к соблюдению принципа совмещения баз.

Вышеизложенные положения можно пояснить на следующем примере. Предположим, что на вертикально-фрезерной операции при фрезеровании уступа, образованного плоскостями 2 и 5, необходимо получить требования чертежа детали: размер  $A$  в направлении координатной оси  $Z$ ; параллельность плоскости 5 относительно плоскости 4 и размер  $B$  в направлении оси  $X$  (рис. 1).

На операцию заготовка поступает с размерами  $B$  и  $D$  согласно операционному эскизу, плоскость 4 является как технологической, так и измерительной установочными базами.

Поскольку при обеспечении точности методом автоматического получения размера режущая кромка инструмента в направлении оси  $Z$  настраивается на выполняемые размеры от технологической базы (настроечной), то размер  $A$  и требование по параллельности плоскости 5 относительно плоскости 4 будут обеспечены непосредственно (прямым путем), т.к. плоскость 4 является измерительной базой. Настройка режущей кромки инструмента в направлении оси  $X$  будет осуществлена от технологической базы (плоскость 1) на размер  $G$ . Требования чертежа по размеру  $B$  на данной операции непосредственно не будут получены и зависят от точности выполнения на данной операции размера  $G$  и точности размера  $B$  заготовки, т.е. размер  $G$  будет замыкающим звеном в операционной размерной цепи, составляющие звенья – размеры  $B$  и  $B$ .

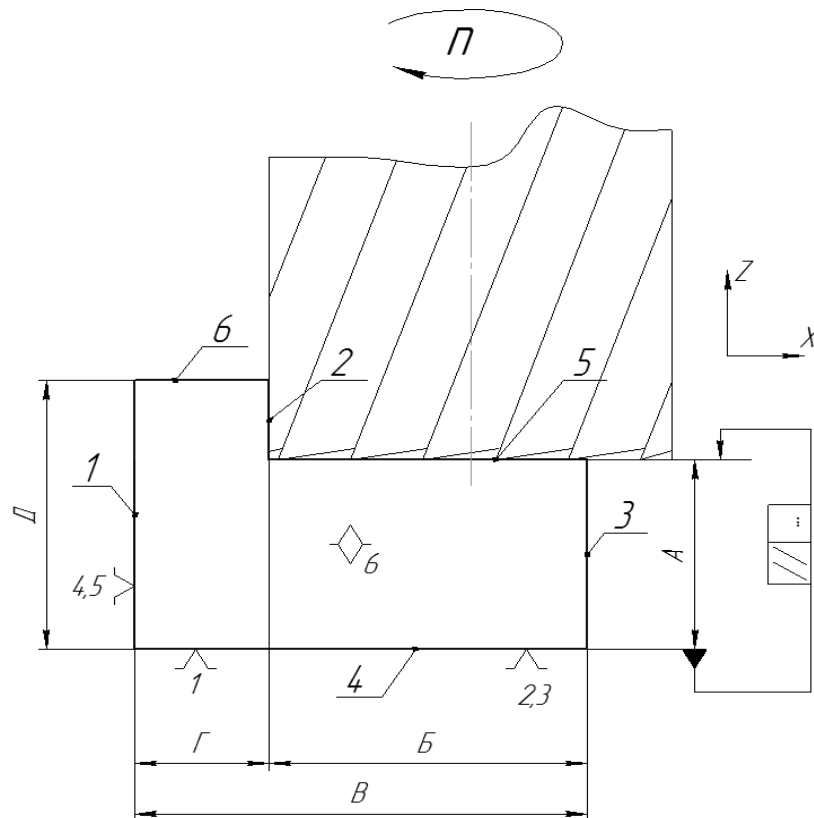


Рисунок 1 – Операционный эскиз вертикально-фрезерной операции

### 3.2 Содержание раздела и задания на его выполнение

1. Разработать теоретическую схему базирования заготовки, обеспечивающую получение указанных на эскизе детали линейных и угловых размеров наикратчайшим путем. Нарисовать систему координат, которая при этом связывается с заготовкой. На координатных осях отметить стрелками, какие технологические базы каких степеней свободы лишают заготовку. Охарактеризовать комплект технологических баз по степеням свободы и характеру проявления.

2. По данной схеме установки заготовки в приспособлении изобразить теоретическую схему базирования, которая при этом реализуется. Нарисовать систему координат, которая при этом связывается с заготовкой. На координатных осях отметить стрелками, какие технологические базы каких степеней свободы лишают заготовку. Охарактеризовать комплект технологических баз по лишаемым степеням свободы и характеру проявления.

Номера задач, подлежащих решению по вариантам задания, приведены в табл. 3.1.



Таблица 3.1 – **Варианты заданий**

№ варианта	№ эскиза		№ варианта	№ эскиза	
	приложение 1	приложение 2		приложение 1	приложение 2
01, 51	1, 12, 21	1д, 2а, 4а	26, 76	7, 12, 24	1б, 2г, 4е
02, 52	2, 11, 29	2а, 3б, 4с	27, 77	9, 14, 24	1б, 2а, 3б
03, 53	3, 14, 21	1г, 3д, 4в	28, 78	8, 15, 25	2а, 3е, 4д
04, 54	3, 15, 24	2а, 3б, 4г	29, 79	10, 18, 26	1в, 3ж, 4в
05, 55	3, 12, 23	1д, 3в, 4а	30, 80	5, 13, 24	1а, 2в, 3б
06, 56	4, 11, 26	2г, 3е, 4д	31, 81	1, 20, 28	1а, 2г, 4д
07, 57	5, 19, 23	2б, 3ж, 4а	32, 82	7, 11, 23	1в, 3в, 4б
08, 58	5, 16, 21	2а, 3е, 4б	33, 83	10, 19, 27	1г, 3е, 4г
09, 59	6, 13, 26	2д, 3г, 4б	34, 84	2, 15, 26	1а, 2в, 3г
10, 60	7, 14, 28	1в, 2г, 4ж	35, 85	4, 20, 27	1в, 3в, 4д
11, 61	7, 18, 21	1а, 1г, 3а	36, 86	9, 18, 23	1г, 3б, 3в
12, 62	4, 17, 22	1б, 3б, 4е	37, 87	1, 16, 24	1в, 2д, 4в
13, 63	8, 11, 27	1г, 3г, 4в	38, 88	2, 17, 30	1б, 2г, 3в
14, 64	9, 16, 28	1в, 3а, 3г	39, 89	10, 20, 25	1д, 2в, 4б
15, 65	8, 13, 22	1д, 3д, 4г	40, 90	6, 17, 27	2б, 3е, 4г
16, 66	9, 12, 29	1а, 2г, 3а	41, 91	7, 20, 30	1б, 3б, 4а
17, 67	10, 16, 22	1а, 3г, 4а	42, 92	1, 18, 25	1б, 2в, 4г
18, 68	1, 14, 23	1г, 2б, 4б	43, 93	3, 18, 30	2в, 3д, 4е
19, 69	10, 17, 21	1б, 3д, 4б	44, 94	4, 13, 28	2д, 3ж, 4ж
20, 70	2, 13, 27	2б, 3а, 4ж	45, 95	6, 11, 25	2г, 3в, 4а
21, 71	4, 15, 29	1а, 3а, 4ж	46, 96	8, 19, 28	2в, 3з, 4ж
22, 72	5, 12, 30	1г, 3г, 4г	47, 97	9, 20, 29	1д, 3в, 3д
23, 73	3, 16, 25	2б, 3г, 4б	48, 98	2, 19, 22	1в, 2д, 3е
24, 74	6, 15, 22	2а, 3д, 4в	49, 99	5, 14, 29	1д, 3д, 4б
25, 75	8, 17, 26	2б, 3ж, 4е	50, 100	6, 19, 30	1д, 2в, 4д

### 3.3 Методические указания

В задачах **первого типа** (прил. 1) утолщенным контуром изображены поверхности, подлежащие обработке. В **задачах второго типа** (прил. 2) основным контуром изображены заготовки, а более тонким контуром – элементы конструкции приспособлений.

При решении **задач первого типа** для разработки теоретической схемы базирования, обеспечивающей получение размеров прямым путем, необходимо по каждому из указанных на эскизе требований выявить измерительные базы и принять их в качестве технологических, далее установить по каждому из точностных требований скольких степеней свободы и каких именно нужно лишить заготовку, чтобы эти требования были обеспе-

чены прямым путем. Начиная с точностного требования, для обеспечения которого необходимо лишить заготовку наибольшего числа степеней свободы, и далее по степени убывания их числа расставить на эскизе 6 опорных точек.

При решении **задач второго типа** необходимо на эскизе установки заготовки выявить в трех взаимно перпендикулярных плоскостях установочные элементы приспособления. Уяснить, какие установочные элементы и их сечения каких степеней свободы лишают заготовку, в соответствии с этим выявить технологические базы и расставить на них 6 опорных точек. При этом необходимо помнить, что не всегда поверхность, контактирующая с установочными элементами приспособления, является технологической базой (в данном случае могут быть скрытые технологические базы в виде воображаемых осей поверхностей вращения, плоскостей симметрии или другие характерные для конструкции заготовки воображаемые плоскости, линии или точки).

### Пример

Необходимо решить задачи первого и второго типов, условия которых приведены соответственно на рис. 3.2 и 3.3.

В данном случае обе задачи имеют одно и то же решение, приведенное на рис. 3.4. Комплект технологических баз состоит из установочной явной базы (опорные точки 1, 2 и 3), направляющей скрытой базы (опорные точки 4 и 5) и опорной скрытой базы (опорная точка 6).

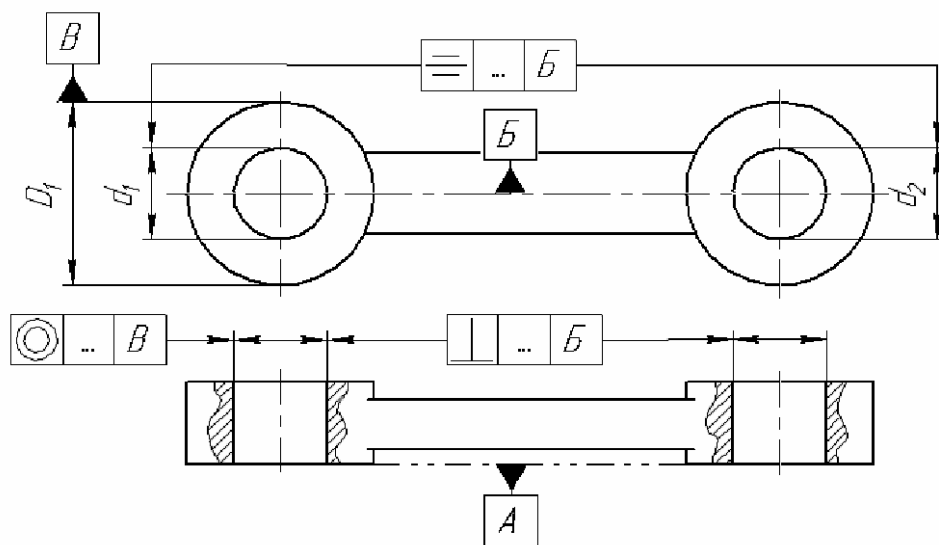


Рисунок 3.2 – Исходные данные к задаче первого типа

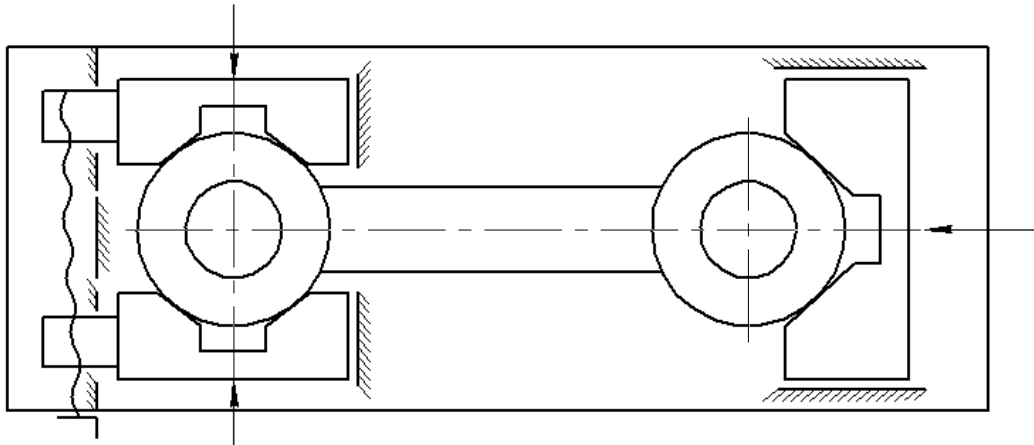


Рисунок 3.3 – Исходные данные к задаче второго типа

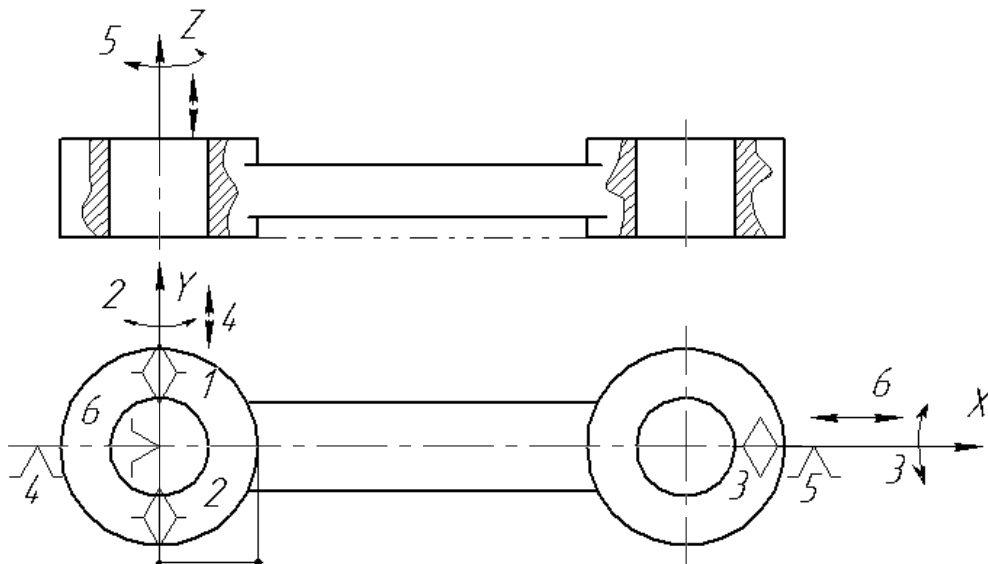


Рисунок 3.4 – Решение задач первого и второго типа

### 3.4 Порядок выполнения раздела

При решении **задач первого типа** необходимо:

- 1) в соответствии с заданными номерами рисунков нарисовать эскиз в увеличенном масштабе, ознакомиться с точностными требованиями, которые необходимо обеспечить прямым путем, и выявить измерительные базы (в условиях задач первого типа обрабатываемые поверхности выделены более жирным контуром);
- 2) совмещая технологические базы с измерительными, разработать теоретическую схему базирования заготовки (опорные точки изобразить красным цветом);

3) обозначить на схеме базирования систему координат (красным цветом), которая при этом связывается с заготовкой;

4) охарактеризовать комплект технологических баз по лишаемым степеням свободы и характеру проявления;

5) обозначить стрелками на координатных осях, какие из баз каких степеней свободы лишают заготовку (красным цветом).

При решении **задач второго типа** необходимо:

1) нарисовать в увеличенном масштабе эскиз, по схеме установки заготовки в приспособлении определить, какие из установочных элементов приспособления и их сочетания каких степеней свободы лишают заготовку (в условиях задач второго типа основным контуром изображены заготовки, а элементы конструкции приспособлений – более тонким контуром);

2) изобразить теоретическую схему базирования заготовки, реализуемую в данном приспособлении (опорные точки изобразить красным цветом).

Повторить п.п. 3...5 решения задача первого типа.

Примечание: если условие задачи первого и второго типов содержат одну проекцию, система координат изображается в аксонометрии.

#### **4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ НАД РАЗДЕЛОМ «РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ»**

Данный раздел выполняется для установления минимально необходимых припусков на обработку, назначения допусков на операционные размеры, размеров на технологические переходы и размеров исходной заготовки путем выявления и решения технологических размерных цепей.

При выполнении раздела все пояснения к решаемым вопросам должны даваться кратко и последовательно. Переписка из учебников и технической литературы общих положений, определений и формулировок не допустима. Представленные расчеты должны предельно ясно иллюстрировать весь ход вычислений.

##### **4.1 Основные теоретические положения**

В учебной и справочной литературе подробно рассматривается методика расчета припусков на обработку, размеров на технологические переходы и размеров исходной заготовки, разработанная профессором

В.М. Кованым. Поскольку эта методика не учитывает взаимосвязей размерных параметров детали, заготовки и технологических систем, в которые она включается на всех стадиях изготовления детали, не исключена вероятность появления брака. Решение задачи по выявлению и фиксации взаимосвязей размерных параметров на разных стадиях изготовления детали может быть получено только в результате выполнения размерного анализа технологического процесса (РАТП).

Под РАТП подразумевается широкий комплекс работ по построению размерных схем технологических процессов, назначению допусков операционных размеров и припусков на обработку, расчету размеров на технологические переходы и размеров исходной заготовки на основе решения операционных размерных цепей, оценке различных вариантов технологического процесса и т.д.

Операционные размерные цепи представляют собой совокупность размеров, образующих замкнутый контур и определяющих связь между операционными размерами на различных стадиях обработки.

Размерный анализ технологических процессов базируется на основных положениях теории размерных цепей и методах их расчета, регламентированных ГОСТами.

В операционных размерных цепях решаются задачи по определению номиналов размеров и отклонений, при которых в результате выполнения всего технологического процесса деталь будет полностью соответствовать требованиям чертежа по всем точностным параметрам, а также другие задачи. Операционные размерные цепи для случаев, когда должна быть обеспечена полная взаимозаменяемость, решаются по методу максимума-минимума. В тех случаях, когда экономически оправдан риск выхода за пределы допуска величины замыкающего звена у части изделий, размерные цепи могут рассчитываться вероятностным методом.

Номинальный размер  $A_{\Delta}$  замыкающего звена размерной цепи, состоящей из  $m$  звеньев, включая замыкающее, может быть найден из уравнения, называемого уравнением номиналов:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i, \quad (1)$$

где  $\xi_i$  – передаточное отношение, величина, характеризующая влияние погрешности составляющего звена на замыкающее;

$i$  – порядковый номер звена.

Для линейных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны:

- $\xi_i = 1$  (увеличивающие звенья);
- $\xi_i = -1$  (уменьшающие звенья).

Уравнение координаты середины поля допуска замыкающего звена аналогично уравнение номиналов:

$$\Delta_{o_\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{o_i}, \quad (2)$$

где  $\Delta_{o_\Delta}$  – координата середины поля допуска замыкающего звена;  
 $\Delta_{o_i}$  – координата середины поля допуска  $i$ -того звена.

Координата середины поля допуска определяет положение поля допуска относительно номинального размера. Значение ее для составляющего звена может быть определено по формуле

$$\Delta_{o_i} = \frac{\Delta_{e_i} + \Delta_{n_i}}{2}, \quad (3)$$

где  $\Delta_{e_i}, \Delta_{n_i}$  – верхнее и нижнее отклонения  $i$ -того звена.

Поле рассеяния замыкающего звена при расчете по методу максимума-минимума можно найти из уравнения

$$\omega_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \omega_i, \quad (4)$$

где  $\omega_i$  – поле рассеяния  $i$ -того звена.

Рекомендуется называть уравнение (4) уравнением погрешностей, т.к. при решении технологических размерных цепей часто приходится под  $\omega$  понимать допуск, погрешность или регламентированное колебание замыкающего или составляющих звеньев.

При вероятностном методе расчета уравнение погрешностей имеет вид

$$\omega_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot \omega_i^2}, \quad (5)$$

где  $t_\Delta$  – коэффициент риска;

$\lambda_i$  – относительное среднее квадратическое отклонение (безразмерный коэффициент).

При размерном анализе технологических процессов решаются операционные размерные цепи. Эта разновидность технологических цепей от-

личается от описанных в ГОСТ 16319, ГОСТ 16320 постановкой задачи и методикой расчета.

Методику построения и расчета операционной размерной цепи можно пояснить на одном из самых простых примеров взаимосвязи размерных параметров смежных операций при фрезеровании плоскости за один рабочий ход настроенным на размер инструментом (рис. 4.1, 4.2).

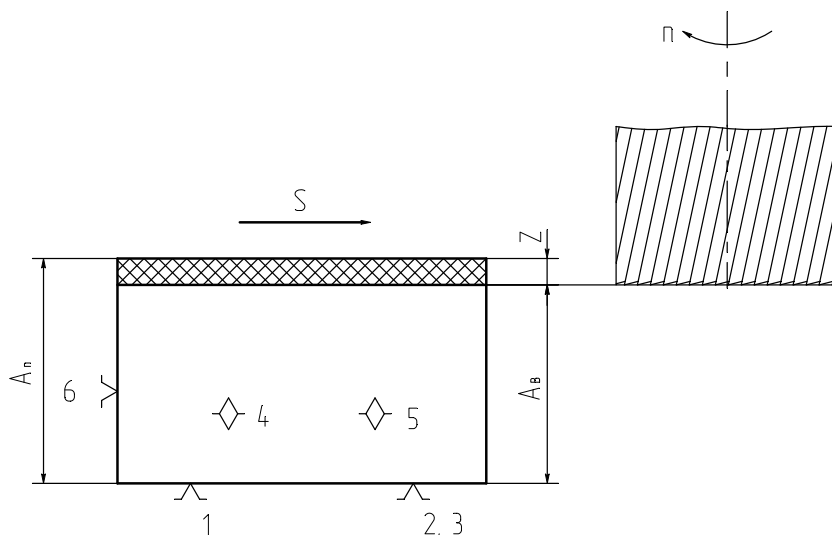


Рисунок 4.1 – Операционный эскиз с размерными связями

На рис. 4.2 показан контур операционной размерной цепи, связывающей размер заготовки до начала обработки  $A_n$  (предшествующий размер), размер после обработки  $A_B$  (выполняемый размер) и припуск на обработку  $Z$ .

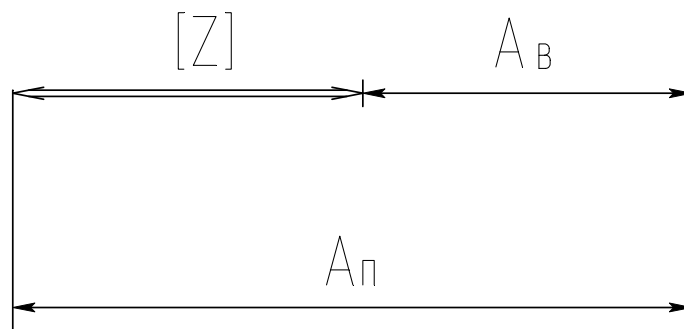


Рисунок 4.2 – Контур операционной размерной цепи

Выполняемый размер является чертежным либо определяется из предыдущей операционной размерной цепи (подобной рассматриваемой). Обычно известны его номинал  $A_{B,ном}$  и предельные отклонения  $\Delta_{B_{AB}}$ ,  $\Delta_{H_{AB}}$ ,

координата середины поля допуска  $\Delta_{O_A}$  и поле допуска (регламентированное колебание  $\omega_{A_B}$ ).

Предшествующий размер на любой из операций технологического процесса является размером заготовки, поступающей на данную операцию.

В предельном случае (для первой операции) это будет размер исходной заготовки, поступающей на механическую обработку. У звена  $A_n$  надлежит определить  $A_{нном}$  путем решения размерной цепи. Допуск размера  $\omega_{A_n}$  и предельные отклонения  $\Delta_{B_{A_n}}$ ,  $\Delta_{H_{A_n}}$  назначаются из технологических соображений в соответствии с возможностями выбранного оборудования. Следовательно, может быть найдена и координата середины поля допуска  $\Delta_{O_{A_n}}$ . Замыкающим звеном в рассматриваемой цепи является припуск  $Z$ , размер  $A_n$  – увеличивающим составляющим звеном, а размер  $A_B$  – уменьшающим.

Такая задача не отвечает определению ни прямой, ни обратной задач по ГОСТ 16319, т.к. в ней неизвестными величинами выступают параметры как замыкавшего, так и составляющего звеньев.

Приведем методику решения этой задачи. Сначала из уравнения координат середины полей допусков находят координату середины поля колебания замыкающего звена:

$$\Delta_{O_Z} = \Delta_{O_{A_n}} - \Delta_{O_{A_B}}. \quad (6)$$

Затем из уравнения погрешностей определяют поле колебания замыкающего звена:

$$\omega_Z = \omega_{A_B} + \omega_{A_n}. \quad (7)$$

Номинальный размер замыкаемого звена вычисляют по формуле

$$Z_{ном} = Z_{min} - \Delta_{O_Z} + \frac{\omega_Z}{2}. \quad (8)$$

Тогда появляется возможность найти номинал  $A_{\Pi}$  из уравнения номиналов:

$$A_{\Pi} = Z_{ном} + A_B. \quad (9)$$

Следует отметить, что данная методика применяется довольно часто, хотя и не исчерпывает всех случаев, встречающихся при расчетах технологических размерных цепей.

В ряде случаев при расчете технологических размерных цепей по методу максимума-минимума оказывается удобным пользоваться формулами, устанавливающими взаимосвязь максимального  $A_{\Delta}^{max}$  и минимального



$A_{\Delta}^{\min}$  значений замыкающего звена с максимальными и минимальными значениями составляющих звеньев:

$$\left. \begin{aligned} A_{\Delta}^{\max} &= \overline{\sum} A_i^{\max} - \overline{\sum} A_i^{\min} \\ A_{\Delta}^{\min} &= \overline{\sum} A_i^{\min} - \overline{\sum} A_i^{\max} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

где  $\overline{\sum} A_i^{\max}$  и  $\overline{\sum} A_i^{\min}$  – соответственно суммы максимальных и минимальных значений увеличивающих звеньев;

$\overline{\sum} A_i^{\max}$  и  $\overline{\sum} A_i^{\min}$  – соответственно суммы максимальных и минимальных значений уменьшающих звеньев.

Проведение размерного анализа технологического процесса начинается с параллельного выполнения следующих видов работ: построения размерных схем технологического процесса, назначения допусков на размеры исходной заготовки и переходов, назначения минимально необходимой величины припуска на  $i$ -тый технологический переход.

Назначение допусков на размеры исходной заготовки не представляет трудностей и осуществляется в соответствии с принятым видом и методом получения заготовки.

При назначении допусков на размеры технологических переходов должно соблюдаться следующее условие:

$$T_{A_{оп}} \geq \omega_{A_{ст}}, \quad (11)$$

где  $T_{A_{оп}}$  – задаваемый допуск на размер  $A$  технологической операции;

$\omega_{A_{ст}}$  – погрешность размера  $A$ , которая может возникнуть на данной операции при нормальном состоянии технологической системы (статистическая точность обработки).

При использовании данного правила назначения допусков на операционные размеры могут иметь место два случая:

–  $T_{A_{оп}} = \omega_{A_{ст}}$ . Этот случай наиболее простой. По таблицам статистической (экономической) точности, содержащимся в справочной литературе, допуск на операционный размер назначают равным статистической точности  $\omega_{A_{ст}}$ .

–  $T_{A_{оп}} > \omega_{A_{ст}}$ . Этот случай возникает более часто и может диктоваться экономическими и технологическими соображениями.

При расширении допусков стоимость операции может уменьшаться. Это происходит вследствие того, что более широкие допуски обеспечивают возможность работы на повышенных режимах, меньшие затраты времени на наладку станка, менее частые его подналадки, переточки инстру-

мента, меньшую квалификацию рабочих и т.д. Однако расширение допуска на какой-либо операции приводит к увеличению средних припусков и, как следствие, к увеличению размеров заготовки и ее стоимости.

Таблицы точности составлены на основании сбора статистических данных в производственных условиях. При их составлении анализировались данные только таких операций, когда технологические базы и поверхности, от которых осуществляется настройка, совпадают с измерительными базами (погрешность от несовпадения баз  $\Delta_\delta = 0$ ) и когда измерительные базы (поверхности) имеют минимальные пространственные отклонения ( $\rho \approx 0$ ).

Из сказанного выше следует, что допуски на размеры переходов должны назначаться с учетом выполнения технологической операции в конкретных условиях, и в общем случае должно удовлетворяться равенство

$$T_{A_{оп}} = \omega_{A_{ст}} + \Delta_\delta + \rho_u. \quad (12)$$

Причем, в ряде случаев в равенстве (12) вместо погрешности базирования  $\Delta_\delta$  целесообразно учитывать погрешность установки  $\Delta$ , определяемую суммой погрешностей базирования и закрепления.

На практике широко используют методику определения величины минимально необходимого припуска и расчета размеров на технологические переходы В.М. Кована. В соответствии с этой методикой величина минимально необходимого припуска на  $i$ -тый переход определяется по формуле

$$Z_{i_{\min}} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \Delta_i, \quad (13)$$

где  $R_{z_{i-1}}$  – высота микронеровностей обрабатываемой поверхности, возникающих на смежном предшествующем переходе;

$T_{i-1}$  – глубина дефектного слоя, созданного на смежном предшествующем переходе;

$\rho_{i-1}$  – величина пространственных отклонений во взаимном расположении обрабатываемой поверхности и технологической базы на данном переходе, возникшая на смежном предшествующем переходе;

$\Delta_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Формула (13) справедлива для способа расчета размеров на технологические переходы, предложенного профессором В.М. Кованым. При проведении размерного анализа величину минимально необходимого припуска  $Z_{i_{\min}}$  следует определять по формуле

$$Z_{i_{\min}} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1}, \quad (14)$$

т.к. прочие составляющие ( $\rho_{i-1}, \Delta_i$ ) в отличие от методики В.М. Кована учитываются отдельно.

Как отмечалось ранее, в технологических размерных цепях припуск на обработку чаще всего является замыкающим звеном. Исключение составляет случай, когда осуществляется обработка незамкнутой поверхности, являющейся технологической базой на данной операции. В этом случае припуск  $Z$  перестает зависеть от размера предшествующей обработки  $A_{II}$  и размера, получаемого на выполняемой обработке  $A_B$ ; он зависит только от точности установки режущего инструмента относительно технологической базы. Следовательно, припуск приобретает значение составляющего звена. Величина  $A_B$ , наоборот, становится зависимой от  $A_{II}$  и  $Z$ , и ее колебание  $\omega_{A_B}$  будет складываться из колебаний  $T_{A_{II}}$  и  $T_Z$ . Иными словами, звено  $A_B$  является замыкающим. Поскольку звено  $Z$  является составляющим, то допуск  $T_Z$  на него может быть найден как для звена – размера в соответствии с формулой (12).

Размерные схемы технологического процесса строятся для каждой из координатных осей детали. Схемы отклонений расположения учитывают взаимосвязь расположения отдельных конструктивных элементов детали в избранной системе координат.

Следует иметь в виду, что при сложной конфигурации детали вдоль каждой из координатных осей можно строить размерные схемы технологического процесса не в целом по всему контуру детали, а по отдельным участкам, не имеющим конструктивных размерных связей с другими участками. Однако при этом нужно помнить, что размеры (размерные контуры) других участков детали могут их приобрести в ходе выполнения технологического процесса, и точность выполнения одного из размеров будет определять точность другого получаемого размера.

Порядок построения схемы удобнее всего проследить на примере. В табл. 4.1 приведены сведения о детали и технологическом процессе ее изготовления. Построенные на основании данных этой таблицы размерные схемы технологического процесса приведены на рис. 4.3 и 4.4.

При построении размерных схем применяются условные обозначения, приведенные в прил. 3. Рекомендуется в состав размерной схемы включить таблицу, содержащую сведения о размерных параметрах, по образцу рис. 4.3 и 4.4. Материалы таблицы являются достаточными для проведения технологических размерных расчетов.

При преобразовании чертежа заготовки в соответствующей проекции в контуре заготовки тонкими линиями изображают контур детали и на-

носят номера поверхностей детали и оси поверхностей вращения. Номер оси поверхности вращения образуют путем дописывания перед номером соответствующей поверхности цифры 8 или числа 80 до образования трехзначного числа. Через равные промежутки под чертежом проводятся горизонтали (по числу поверхностей заготовки) и вертикали (по числу поверхностей и осей детали). На вертикали наносят коды поверхностей и осей заготовки (к номеру поверхности или оси детали дописывают нуль). На горизонтали между поверхностями заготовки наносят размерные стрелки заготовки. Следует иметь в виду, что поверхности заготовки целесообразно координировать от поверхностей, используемых в качестве технологических баз при первой обработке поверхности.

Таблица 4.1 – Сведения о детали и о технологическом процессе ее изготовления

<p><i>ДЕТАЛЬ</i></p>	<p><i>000 ЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ</i></p>
<p><i>005 ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНАЯ</i></p>	<p><i>010 ШЛИФОВАЛЬНАЯ</i></p>
<p><i>005 ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНАЯ</i></p>	<p><i>015 ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНАЯ</i></p>

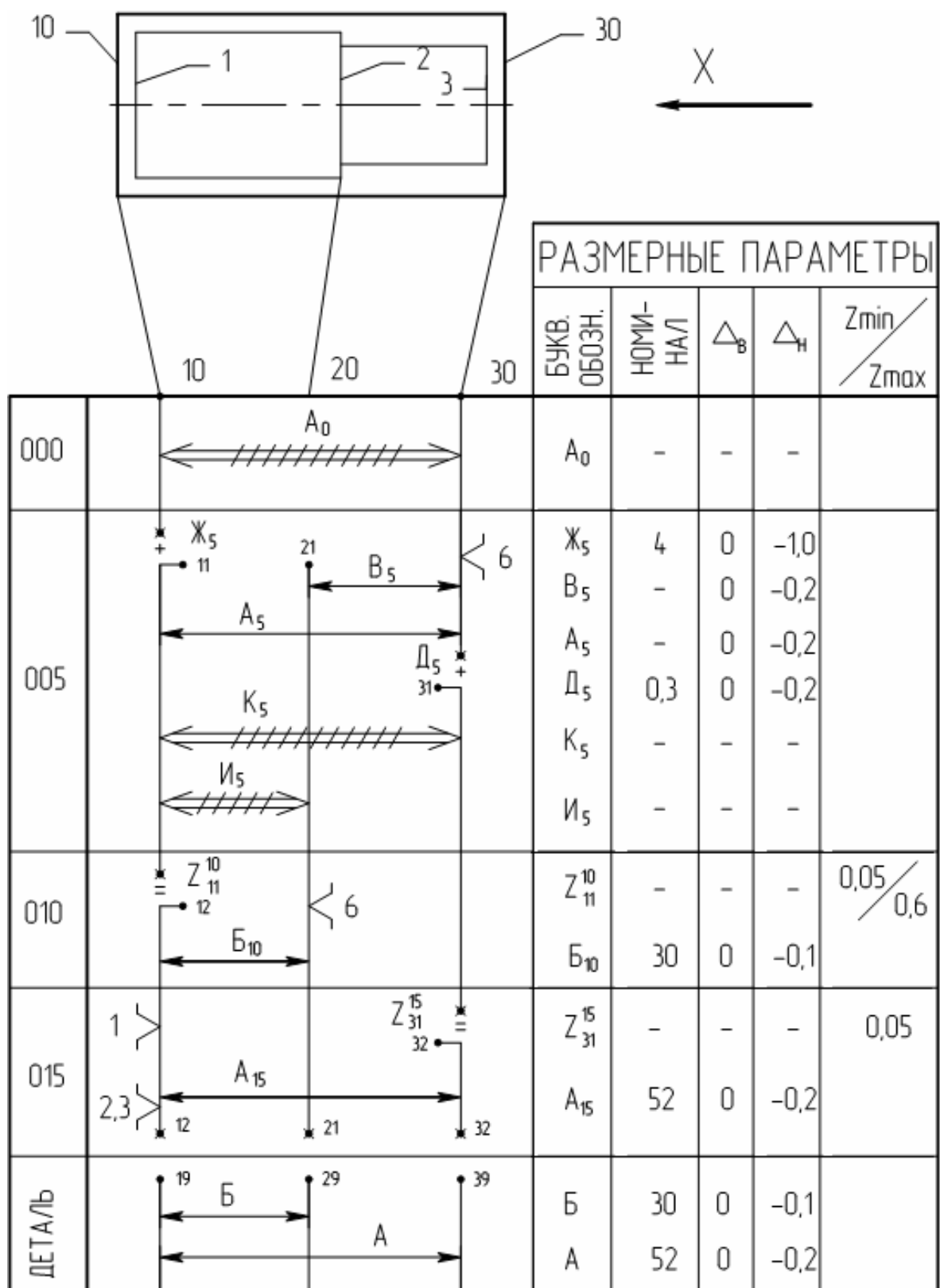


Рисунок 4.3 – Размерная схема технологического процесса по направлению оси X

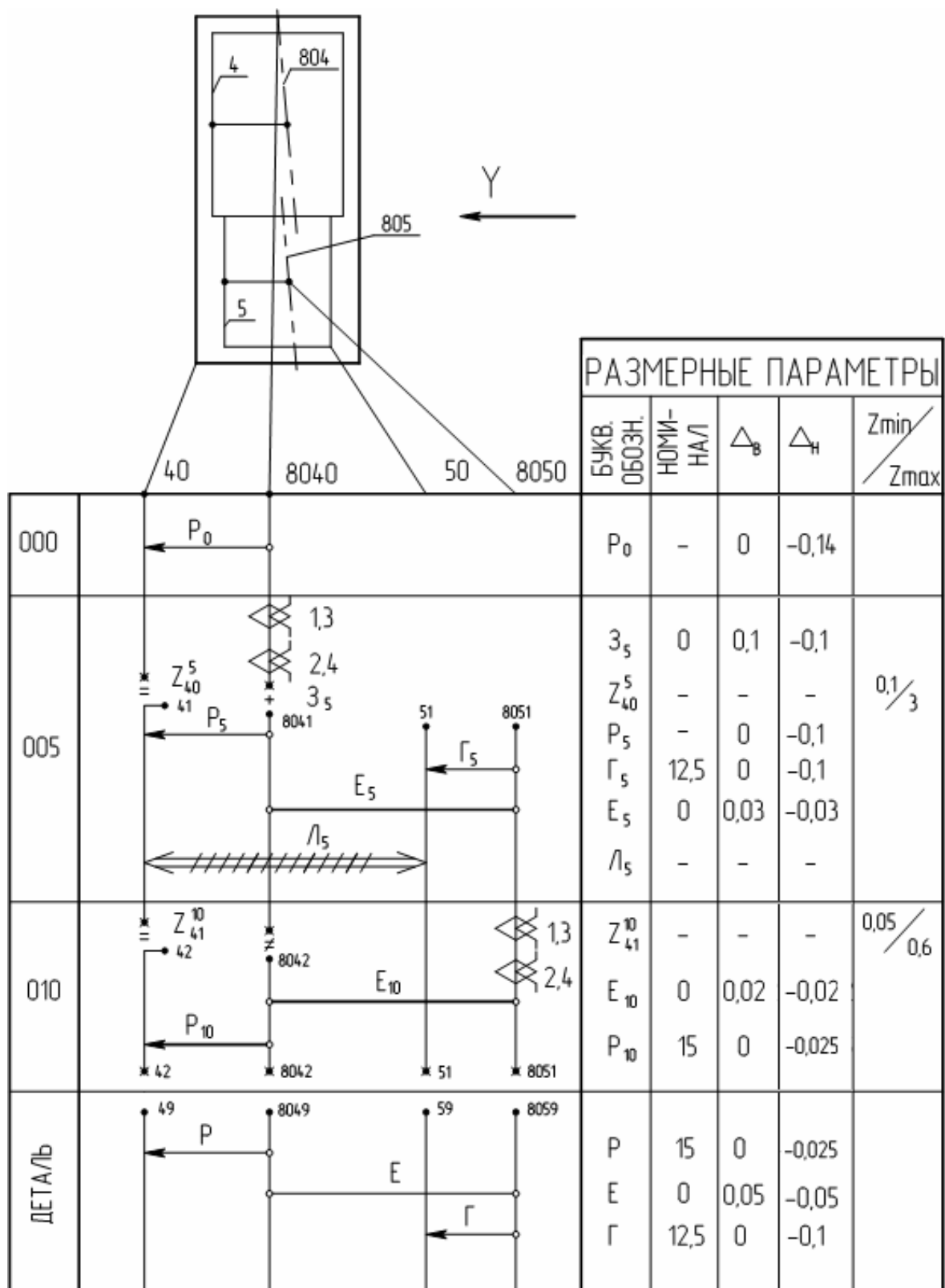


Рисунок 4.4 – Размерная схема технологического процесса по направлению оси Y

Этот прием способствует сокращению числа технологических переходов, необходимых для обеспечения точности размеров по чертежу детали.

Преобразование чертежа детали выполняется подобным образом, только сетка выполняется над проекцией чертежа, а код поверхности (оси) образуется добавлением к номеру поверхности или оси цифры 9.

Порядок построения схем следующий. Наверху, посередине листа, вычерчивается преобразованный чертеж заготовки. На первую горизонтальную линию схемы выносят вертикальные линии с шагом, принятым при построении преобразованного чертежа и нумеруют соответствующими кодами.

Заштрихованным кружком диаметром 2...3 мм обозначают поверхности и оси, существующие у заготовки. Затем на нулевой операции наносят все размерные связи заготовки, при этом число размеров должно быть на единицу меньше числа поверхностей (включая воображаемые линии, плоскости), которые этими размерами связаны. Ниже нулевой операции на схеме изображает первую операцию, под ней – вторую и т.д.

С помощью условных обозначений на размерную схему наносят размеры, выдерживаемые на каждой операции, снимаемые припуски и напуски. Сведения эти берутся из плана обработки.

Заполнение размерной схемы технологического процесса ведут последовательно от нулевой до последней операции. Операции одна от другой отделяются горизонтальными линиями. Все вертикали – это поверхности или оси поверхностей, существующие у заготовки, их опускают вниз до горизонтали первой операции. Вертикальные линии, имеющиеся и вновь появившиеся, опускают до второй операции и т.д., вплоть до последней операции технологического процесса. После последней операции внизу размерной схемы помещают все размеры детали и ее преобразованный чертеж.

Рассмотрим более подробно построение размерной схемы технологического процесса по направлению оси  $X$  (см. рис. 4.3).

Построение начинается с изображения в верхней части листа преобразованного чертежа заготовки с наложенным контуром детали. Как уже указывалось, под чертежом заготовки должна располагаться линия, на которой проставляются коды всех вертикалей. В соответствии с номерами торцовых поверхностей детали вертикали будут иметь коды 10, 20, 30. Деталь имеет три торцовые поверхности: 1, 2, 3. Заготовка имеет только две торцовые поверхности, соответствующие поверхностям 1 и 3 детали. Под

кодами 10 и 30 ставятся жирные точки. Это означает, что эти поверхности имеются у заготовки. Ниже на вертикалях строится размерная схема.

В данном случае заготовительная операция 000 введена в технологический процесс условно, поскольку размер  $A_0$  заготовки формируется и исчезает на токарно-револьверной операции 005. Однако знание размера  $A_0$  необходимо для расчета массы материала, которая требуется для изготовления детали.

На операции 005 возникли поверхности 11, 21 и 31. Возникновение этих поверхностей обозначено точками. Поверхности 11 и 31 возникли в результате снятия припусков с поверхности 10 и 30. В данном случае эти припуски и их колебания не зависят от выполняемых в технологическом процессе размеров и они являются составляющими звеньями размерных цепей, поэтому они обозначены как обычные линейные размеры  $D_5$  и  $J_5$  (индекс размера указывает номер операции, на которой он возникает).

В результате снятия припусков  $D_5$  и  $J_5$  поверхности 10 и 30 исчезают на данной операции, что обозначается перечеркнутыми точками. Операция 005 настраивалась на выполнение размеров  $A_5$  и  $B_5$ , однако в ходе выполнения операции эти размеры исчезают. О правильности выполнения операции можно судить, контролируя размеры  $K_5$  и  $I_5$ . Размеры  $K_5$ ,  $I_5$  и  $A_0$  в ходе выполнения технологического процесса непосредственно не получались и являются функцией других размеров, следовательно, они будут замыкающими звеньями размерных цепей.

На шлифовальной операции 010 возникла поверхность 12 за счет снятия припуска  $Z_{11}^{10}$  (нижний индекс указывает номер поверхности, с которой снят припуск, верхний – номер операции). Поверхность 12 скоординирована относительно базовой поверхности 21 размером  $B_{10}$ . На операции 015 фрезеровался торец, исчезла поверхность 31 и возникла поверхность 32. При этом был удален припуск  $Z_{31}^{15}$ . На этом технологический процесс окончился. Припуски  $Z_{11}^{10}$  и  $Z_{31}^{15}$  удалялись с поверхностей, не являющихся технологическими базами на соответствующих операциях, и будут замыкающими звеньями операционных размерных цепей. Окончание технологического процесса отражают перечеркнутыми точками на вертикалях схемы с указанием кодов поверхностей, окончательно полученных в ходе выполнения технологического процесса (коды 12, 21, 32). После разрыва вертикалей на них ставятся точки и указываются коды поверхностей детали (коды 19, 29, 39). Ниже наносят размерные линии детали.



Размерную схему в диаметральном направлении (см. рис. 4.4) строят подобно предыдущей, однако имеются и отличия. Наряду с вертикалями, имитирующими цилиндрические поверхности, проводят вертикали, имитирующие ось каждой цилиндрической поверхности, каждой центральной фаски. В размерном анализе оперируют звеньями-радиусами; припуски и допуски назначают на радиусы. Радиусы-звенья проводят от оси поверхности до ее образующей. Возникновение каждой цилиндрической поверхности отмечают на операциях жирной точкой, при этом старая ось исчезает и возникает новая ось, которую также отмечают жирной точкой. Оси между собой могут быть соединены с помощью связи – отклонения от соосности (линия с кружочками на концах). Все эти связи берут из эскизов плана операций.

После построения схемы приступают к выявлению размерных цепей. Для этого необходимо выявить размерные контуры. Для выявления контура начинают обход справа налево по замыкающему звену и двигаются по вертикалям схемы и соответствующим звеньям, возникшим на данной и предшествующих операциях, до тех пор, пока не придут к исходной точке. При таком направлении обхода направление движения по соответствующему звену совпадает с принятыми графическими символами увеличивающего ( $\rightarrow$ ) и уменьшающего ( $\leftarrow$ ) звеньев. При выявлении размерных контуров по схеме в диаметральном направлении обход ведут по звеньям-радиусам, вертикалям и звеньям-отклонениям от соосности. Все звенья записывают в уравнение. В левой части уравнения записывают обозначение номинала замыкающего звена, а в правой – обозначения номиналов составляющих звеньев со своими знаками (увеличивающие – плюс, уменьшающие – минус).

Составляющие звенья – отклонения от соосности, можно считать как увеличивающими, так и уменьшающими звеньями – результат расчета при этом не изменится.

Уравнения номиналов образующихся размерных цепей запишутся следующим образом:

– в направлении оси  $X$ :

$$1) [Z_{31}^{15}] = -A_{15} + B_{10} + B_5 - D_5,$$

$$2) [Z_{11}^{10}] = A_5 - B_5 - B_{10},$$

$$3) [I_5] = A_5 - B_5,$$

$$4) [K_5] = A_5 - D_5,$$

$$5) [A_0] = J_5 + A_5,$$

– в направлении оси  $Y$ :

$$1) [Z_{41}^{10}] = P_5 + E_5 - E_{10} - P_{10},$$

$$2) [Z_{40}^5] = P_0 + Z_5 - P_5,$$

$$3) [\Lambda_5] = P_5 + E_5 - \Gamma_5.$$

В результате решения этих размерных цепей в указанной последовательности по каждой из координатных осей определяются максимальные операционные припуски, размеры на технологические переходы и размеры исходной заготовки.

## 4.2 Содержание работы и варианты задания

В содержание раздела входит установление минимально необходимых операционных припусков на обработку, допусков и предельных отклонений размеров на технологические переходы путем решения технологических размерных цепей в направлении осей  $X$  и  $Y$  вероятностным методом и цепей в направлении осей  $X$  и  $Y$  методом максимума-минимума, определение колебаний операционных припусков, номинальных значений размеров на технологические переходы и размеров исходной заготовки.

В соответствии с эскизами (табл. 4.1) варианты заданий размерных параметров даны в табл. 4.2.

## 4.3 Методические указания и порядок выполнения раздела

Данный раздел может быть выполнен после изучения разделов, относящихся к вопросам базирования, качества изделий, обеспечения точности механической обработки, припусков на механическую обработку, технологических размерных расчетов, содержащихся в [2 и др.], и основных теоретических положений настоящих методических указаний.

При расчете размерных цепей с числом звеньев более трех формулы (6), (7), (9) должны быть преобразованы с учетом числа звеньев. При расчете вероятностным методом формула (7) преобразуется в соответствии с уравнением (5), и предполагается, что распределение размеров подчиняется нормальному закону распределения (принимается коэффициент риска  $t_\Delta = 3$ , относительное квадратическое отклонение  $\lambda_i^2 = 1/9$ ).

Необходимо помнить, что в размерном анализе все размерные параметры задаются и расчеты в диаметральной направлении выполняются на радиус, например, если диаметральный размер  $2P = 30_{-0,1}^{+0,2}$ , то соответст-

вующий радиальный размер  $P = 15^{+0,1}_{-0,05}$ . Припуск также задается на радиус, а не на диаметр.

Раздел следует выполнять в следующей последовательности:

1. Изобразить табл. 4.1 настоящих методических указаний. Записать значения размерных параметров по своему варианту задания.

2. Используя таблицы экономической (среднестатистической) точности обработки, имеющиеся в справочной литературе [3 и др.], с учетом условий (11) и (12) назначить допуски, верхние и нижние предельные отклонения на операционные размеры  $B_5, A_5, P_0, D_5, Z_5, P_5, E_5$ . Номинальные значения и отклонения размеров  $B_{10}, A_{15}, P_{10}, G_5$  и  $E_{10}$  должны удовлетворять требованиям чертежа, поэтому принимаются равными соответствующим размерным параметрам  $A, B, G, P$  и  $E$ .

3. Учитывая формулу (14) и используя справочную литературу [3 и др.], назначить минимально необходимые припуски на обработку  $D_5, Z_{11}^{10}, Z_{31}^{15}, Z_{40}^5, Z_{41}^{10}$  и записать их значения в соответствующие таблицы размерных параметров.

4. Записывая уравнения номиналов, рассчитать операционные размерные цепи вдоль координатных осей  $X$  и  $Y$  в указанной последовательности. При этом, решая каждую предыдущую размерную цепь, определяют размерные параметры, необходимые для решения последующей размерной цепи.

## 5 УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическая часть состоит из одного листа формата А1, развернутого горизонтально. На нем располагаются графические схемы технологического процесса в направлениях  $X$  и  $Y$  с примыкающими к ним таблицами параметров (см. рис. 4.3, 4.4), необходимых для расчета размерных цепей. Результаты расчетов размерных цепей в таблицы не вносятся.

### ЛИТЕРАТУРА

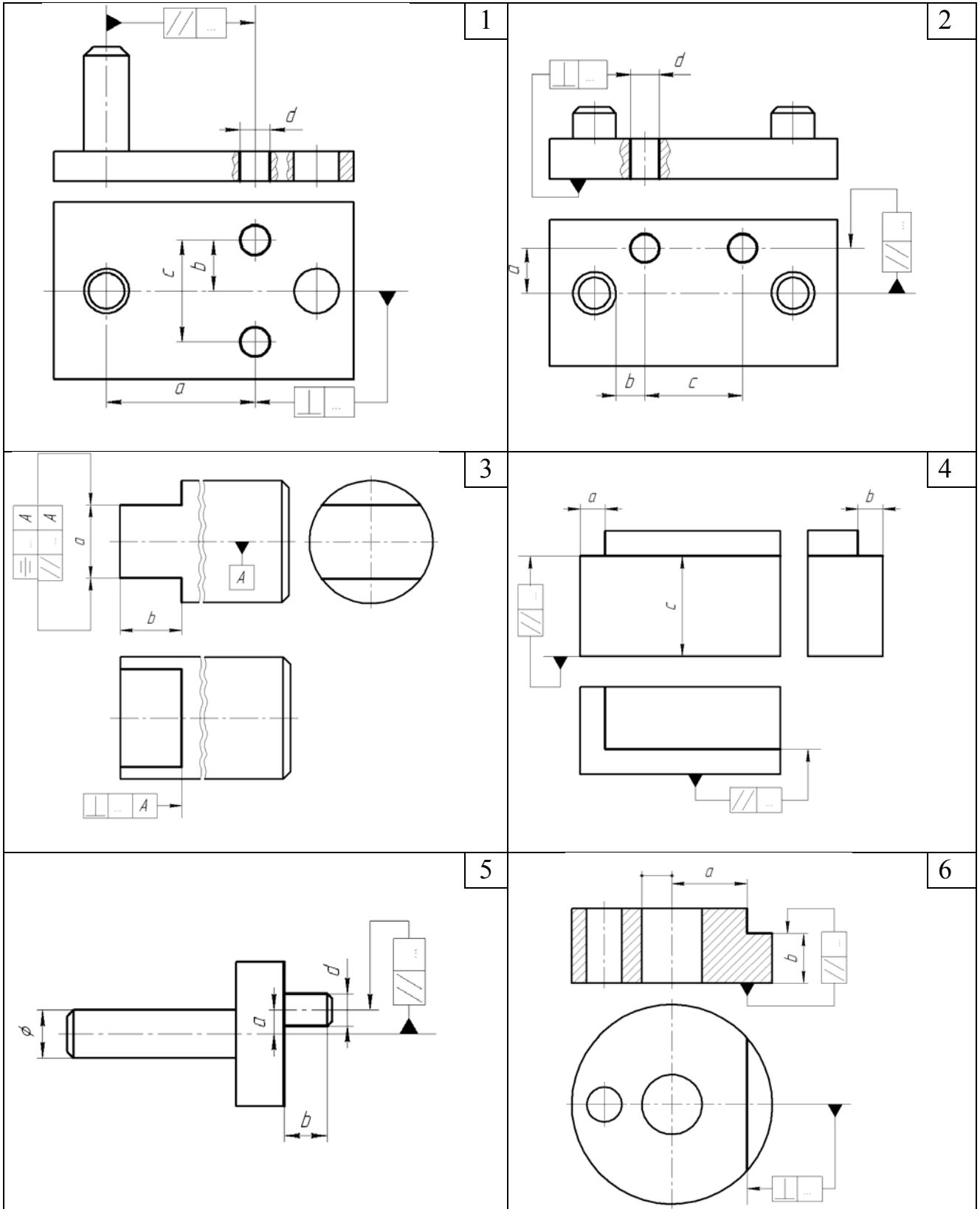
1. Базирование и базы в машиностроении. Термины определения: ГОСТ 21495-84. – Введ. 26.01.1976. – М.: Изд-во стандартов, 1976.
2. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник для машиностр. вузов по специальностям «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А.А. Маталин. – Машиностроение, 1985. – 495 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – Машиностроение, 1986. – Т.1. – 656 с.

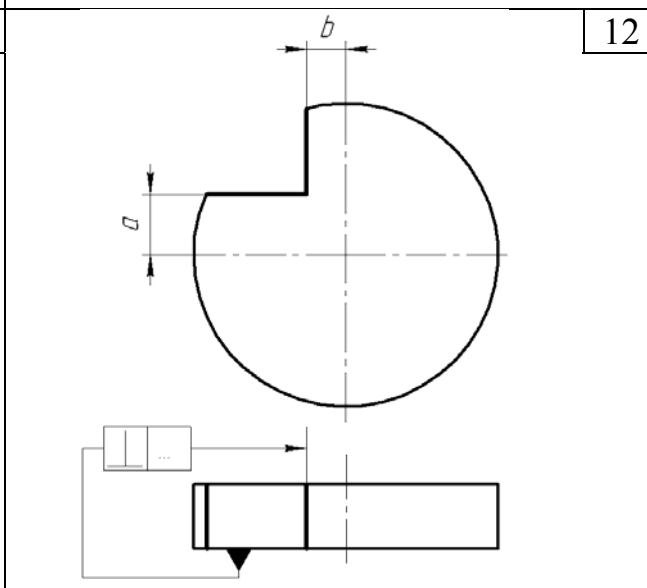
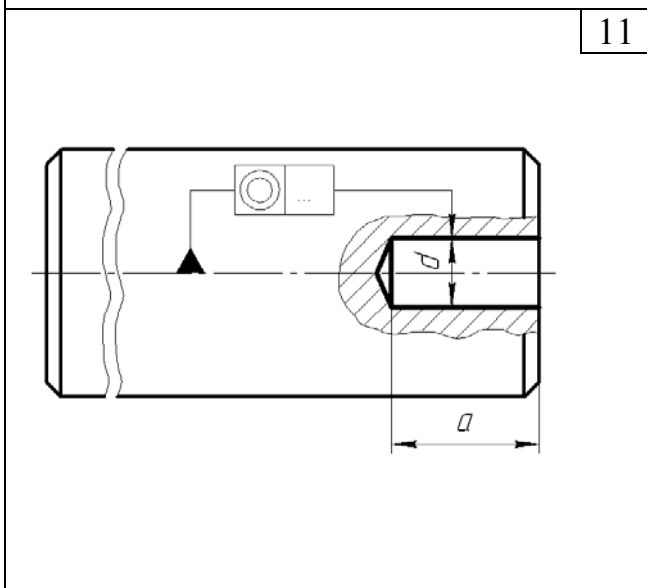
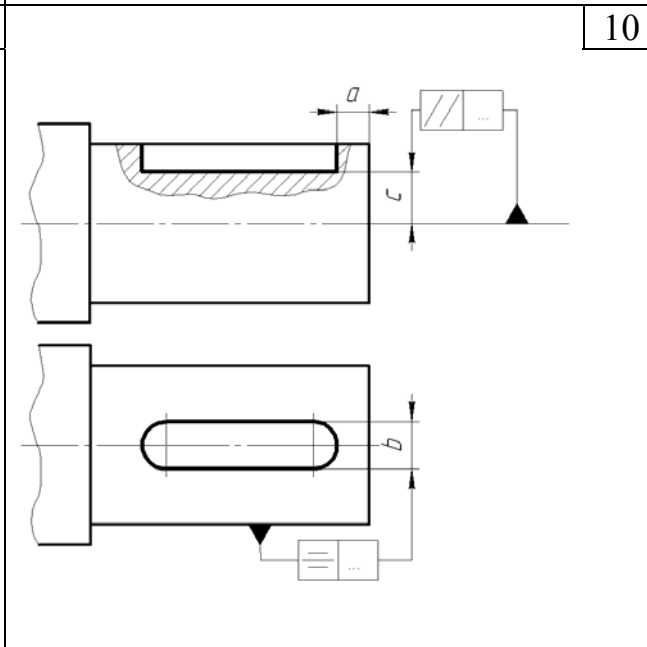
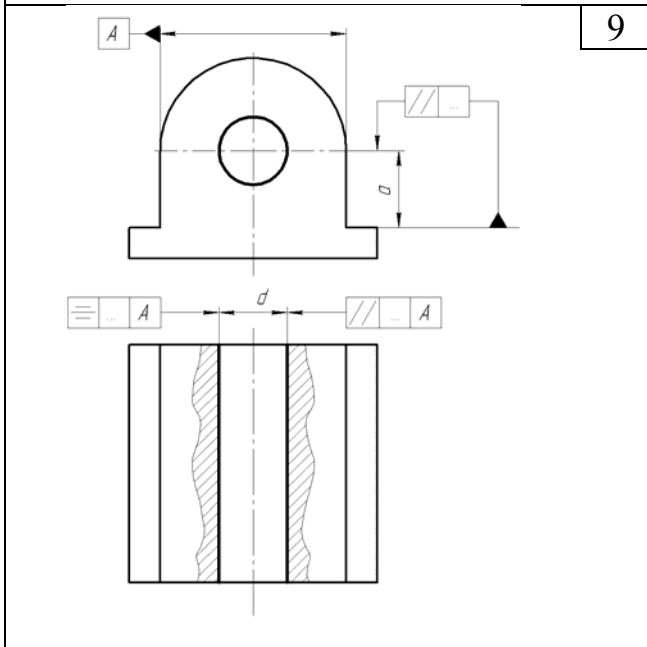
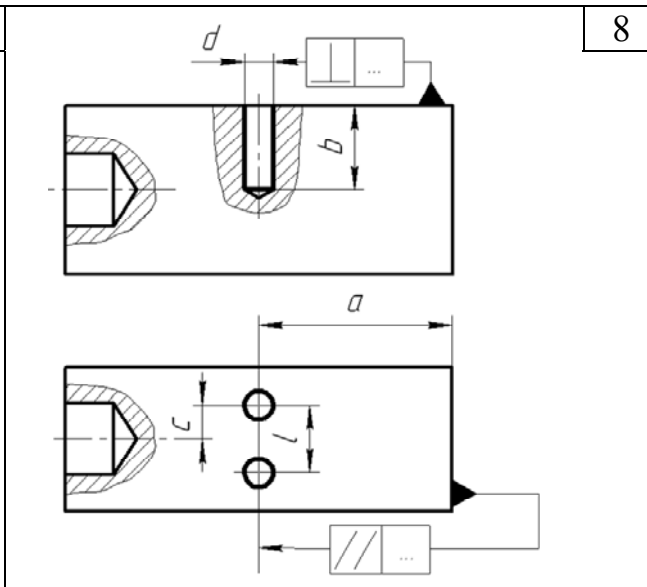
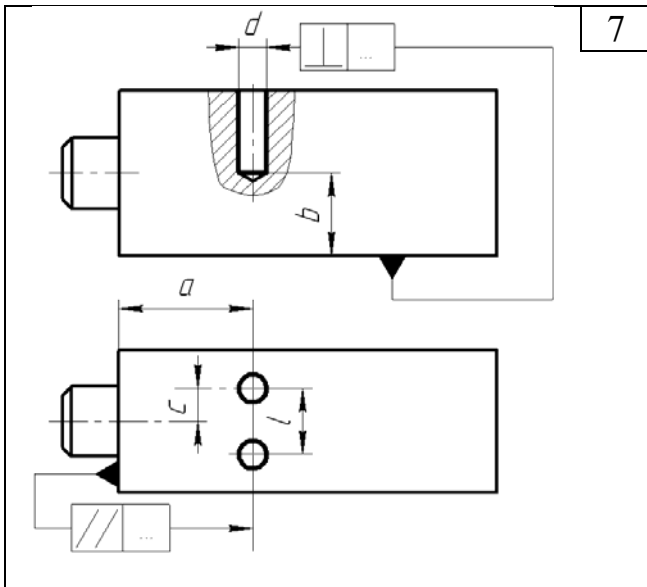
Таблица 4.2 – Варианты заданий

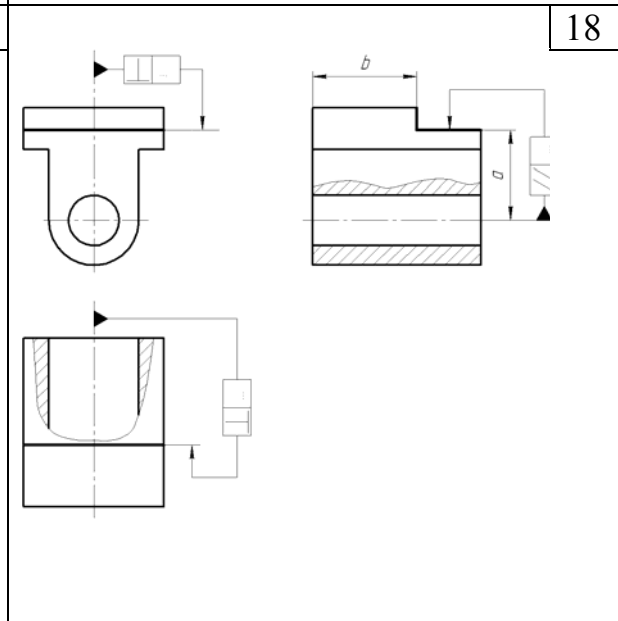
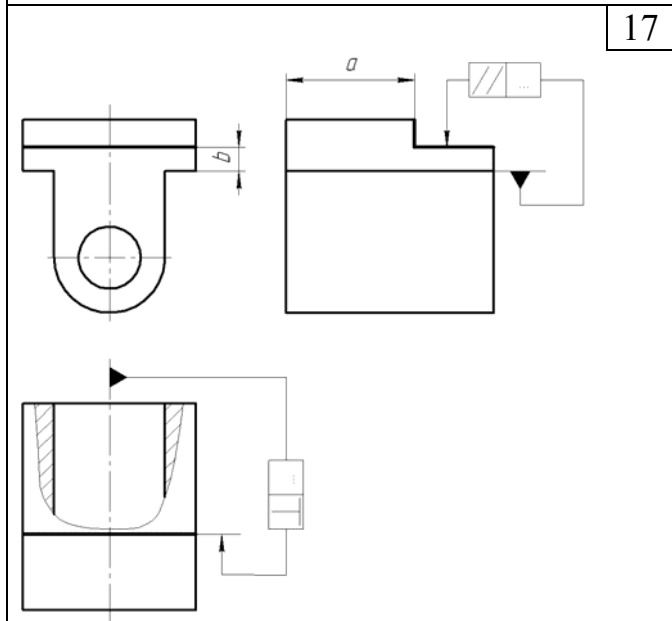
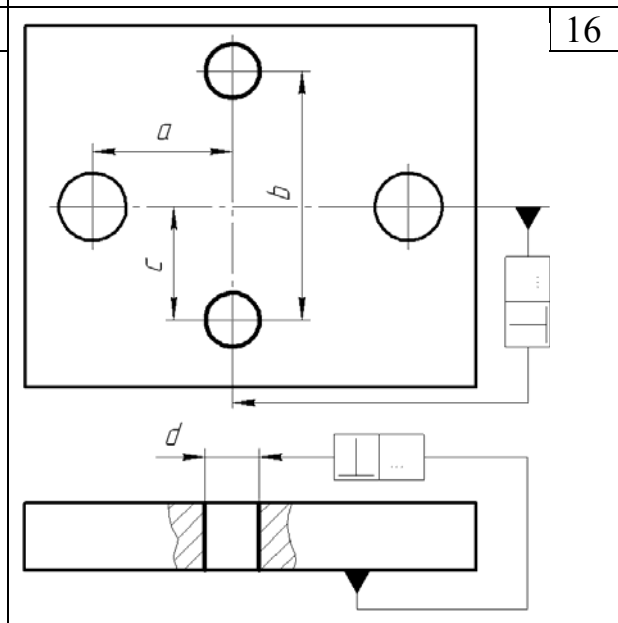
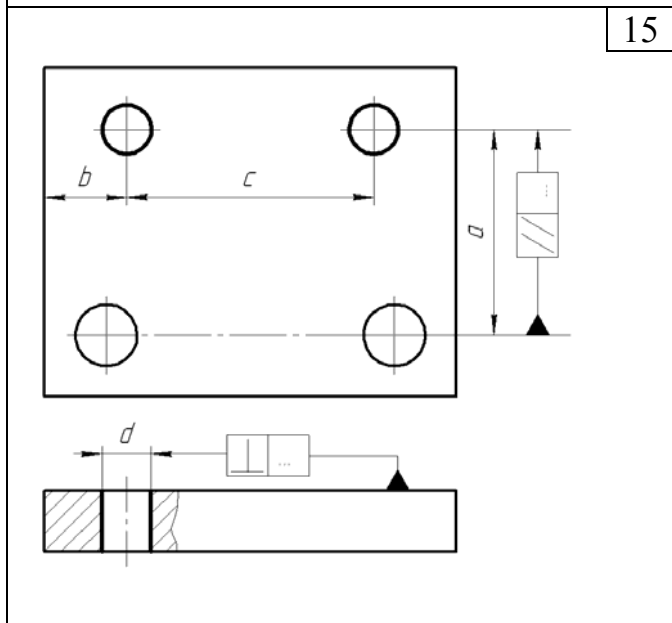
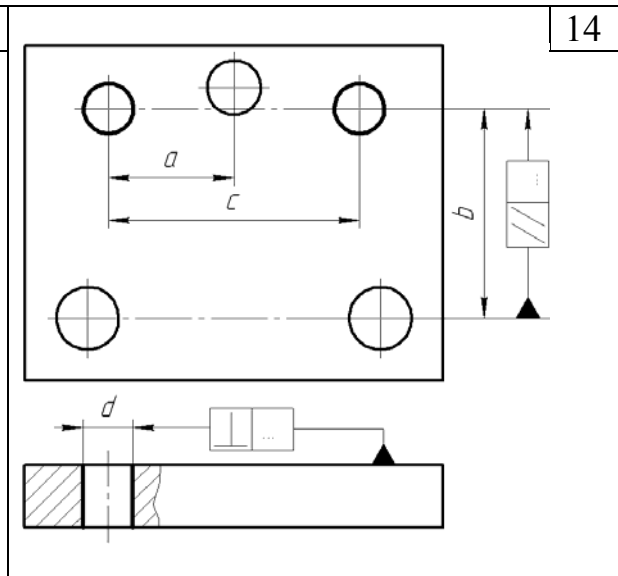
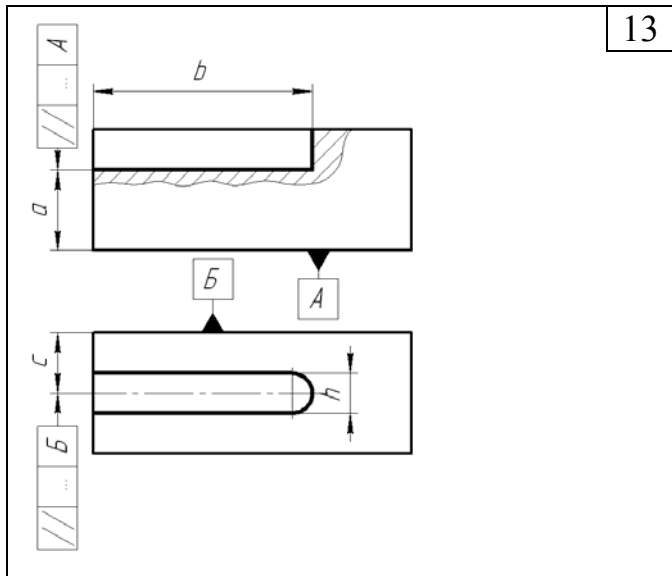
№ варианта			Значение размерных параметров				
1	2	3	А	Б	2Р	2Г	Е
26	51	76	58 <sub>-0,2</sub>	28 <sub>-0,08</sub>	30 <sub>-0,052</sub>	25 <sub>-0,21</sub>	0±0,03
27	52	77	60 <sub>-0,2</sub>	30 <sub>-0,1</sub>			0±0,04
28	53	78	58 <sub>-0,3</sub>	30 <sub>-0,13</sub>			0±0,05
29	54	79	60 <sub>-0,3</sub>	28 <sub>-0,21</sub>	36 <sub>-0,1</sub>	26 <sub>-0,21</sub>	0±0,03
30	55	80	60 <sub>-0,2</sub>	28 <sub>-0,13</sub>			0±0,04
31	56	81	65 <sub>-0,3</sub>	32 <sub>-0,1</sub>			0±0,05
32	57	82	70 <sub>-0,2</sub>	35 <sub>-0,16</sub>	38 <sub>-0,062</sub>	34 <sub>-0,39</sub>	0±0,04
33	58	83	62 <sub>-0,24</sub>	32 <sub>-0,16</sub>			0±0,04
34	59	84	71 <sub>-0,4</sub>	34 <sub>-0,25</sub>			0±0,03
35	60	85	64 <sub>-0,3</sub>	32 <sub>-0,1</sub>	40 <sub>-0,062</sub>	35 <sub>-0,39</sub>	0±0,05
36	61	86	72 <sub>-0,4</sub>	36 <sub>-0,1</sub>			0±0,03
37	62	87	74 <sub>-0,3</sub>	38 <sub>-0,16</sub>			0±0,04
38	63	88	75 <sub>-0,46</sub>	34 <sub>-0,25</sub>	42 <sub>-0,1</sub>	36 <sub>-0,25</sub>	0±0,05
39	64	89	76 <sub>-0,4</sub>	36 <sub>-0,25</sub>			0±0,04
40	65	90	72 <sub>-0,24</sub>	34 <sub>-0,16</sub>			0±0,05
41	66	91	42 <sub>-0,25</sub>	22 <sub>-0,084</sub>	20 <sub>-0,052</sub>	18 <sub>-0,27</sub>	0±0,05
42	67	92	40 <sub>-0,39</sub>	20 <sub>-0,084</sub>	22 <sub>-0,13</sub>		0±0,04
43	68	93	42 <sub>-0,2</sub>	22 <sub>-0,13</sub>	20 <sub>-0,084</sub>		0±0,04
44	69	94	45 <sub>-0,4</sub>	20 <sub>-0,13</sub>	22 <sub>-0,084</sub>	20 <sub>-0,33</sub>	0±0,05
45	70	95	44 <sub>-0,25</sub>	22 <sub>-0,21</sub>	20 <sub>-0,13</sub>		0±0,03
46	71	96	45 <sub>-0,25</sub>	20 <sub>-0,084</sub>	24 <sub>-0,052</sub>		0±0,03
47	72	97	52 <sub>-0,2</sub>	24 <sub>-0,13</sub>	22 <sub>-0,052</sub>	20 <sub>-0,33</sub>	0±0,05
48	73	98	50 <sub>-0,39</sub>	22 <sub>-0,21</sub>	24 <sub>-0,84</sub>		0±0,04
49	74	99	48 <sub>-0,25</sub>	24 <sub>-0,13</sub>	22 <sub>-0,084</sub>		0±0,03
50	75	100	44 <sub>-0,39</sub>	20 <sub>-0,13</sub>	24 <sub>-0,13</sub>	24 <sub>-0,13</sub>	0±0,05

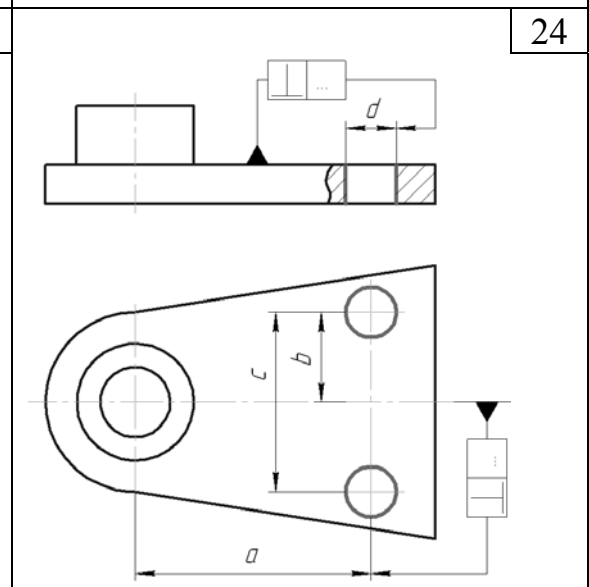
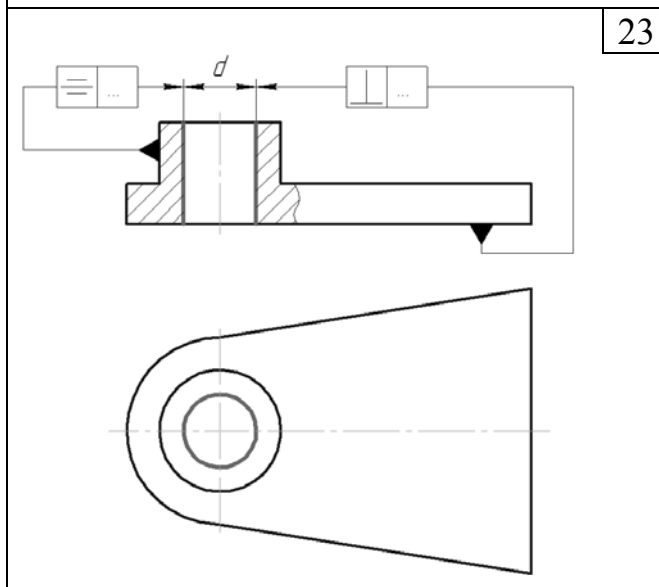
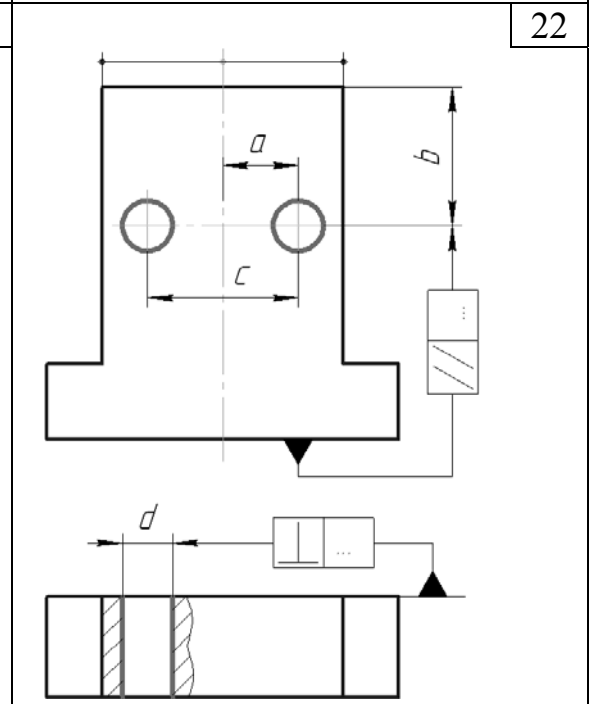
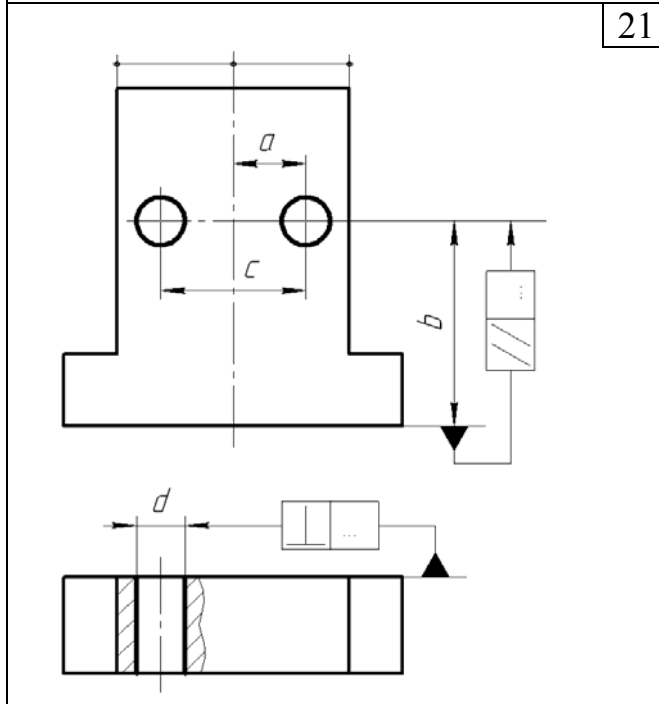
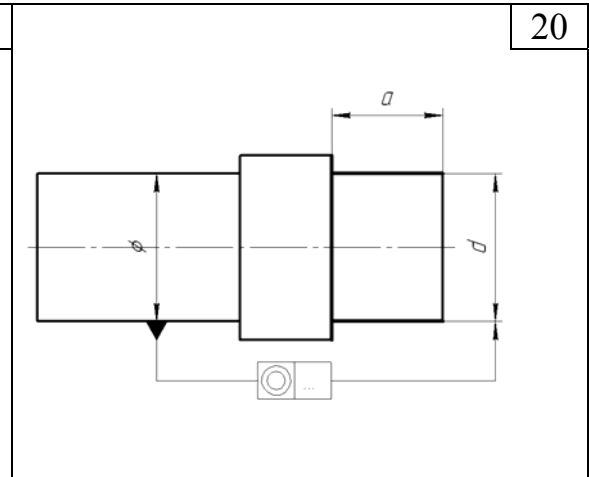
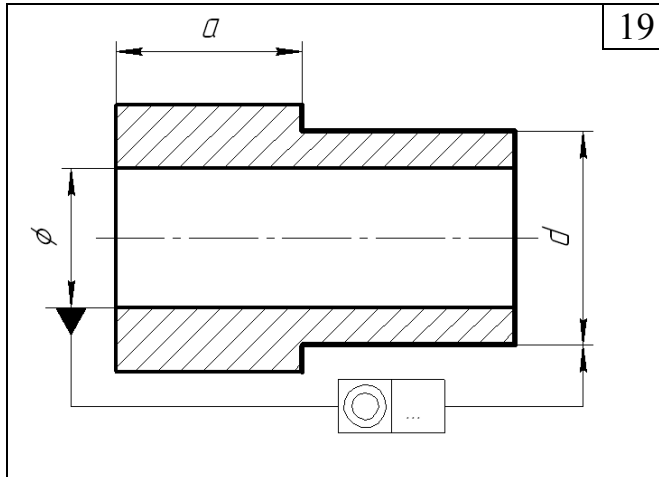
# Приложение 1

## Технологические требования к выполнению операций



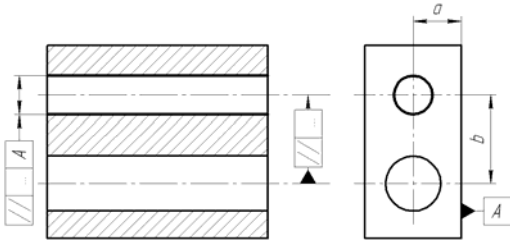




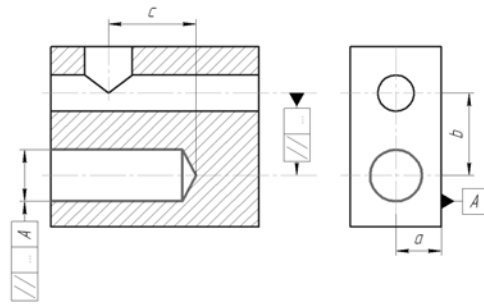




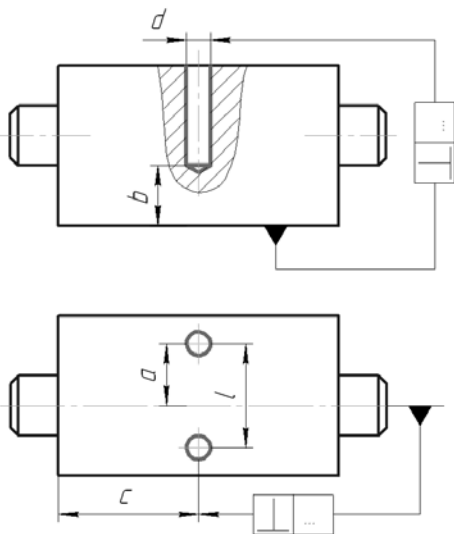
25



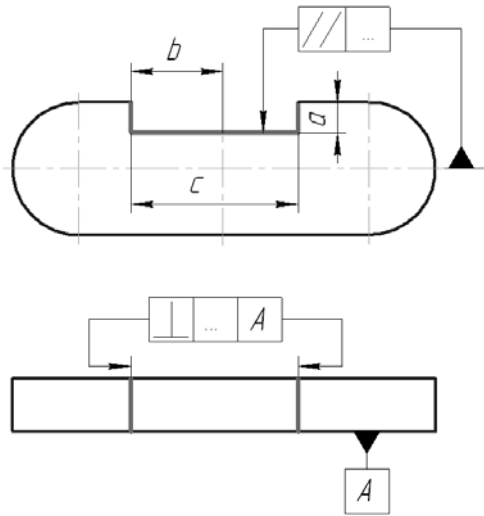
26



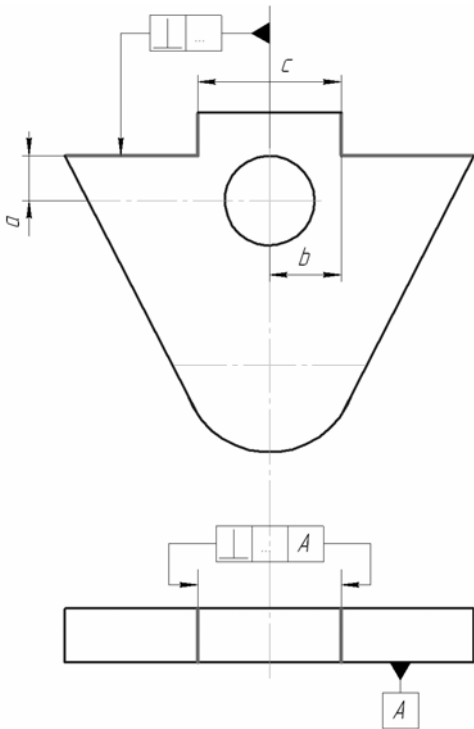
27



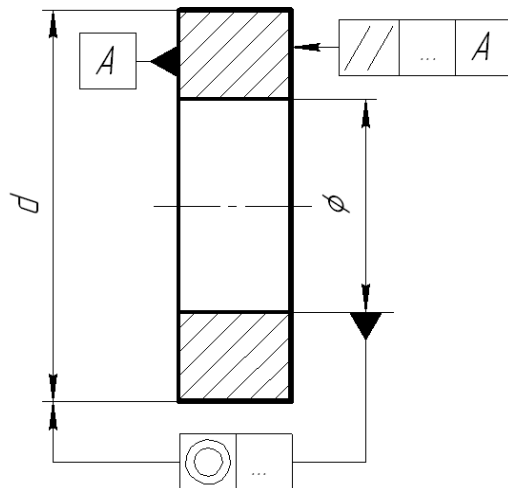
28



29



30



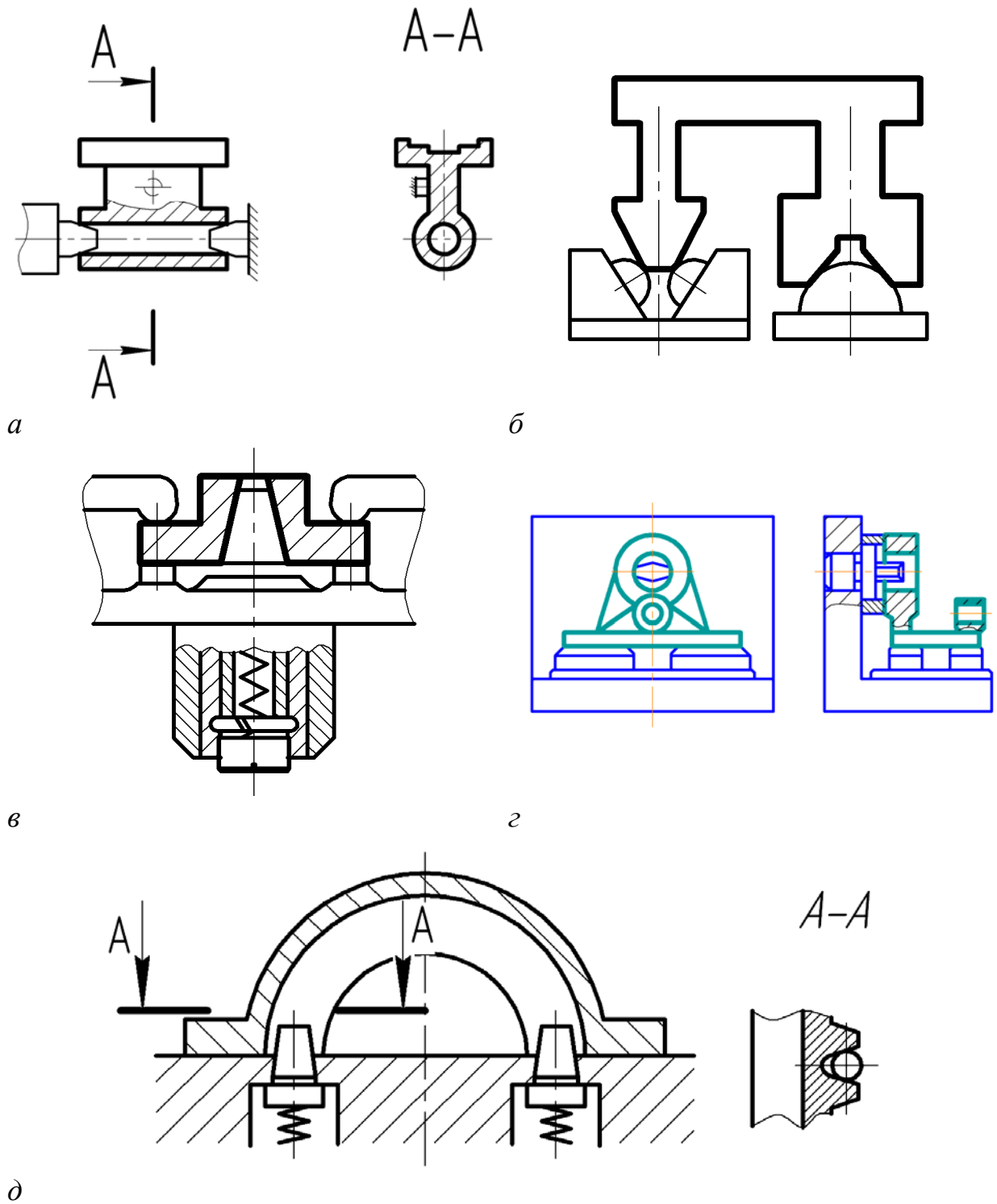


Рисунок 1 – Комбинированные схемы установки корпусных деталей:  
 а – на жесткий и подводимый центры с упором в жесткий штырь; б – на цилиндрическую и сферические опоры; в – на опорный штыри и подпружиненный конический палец; г – на опорные штыри и срезанный палец; д – на плоскую поверхность и ребрами на подпружиненные конические пальцы

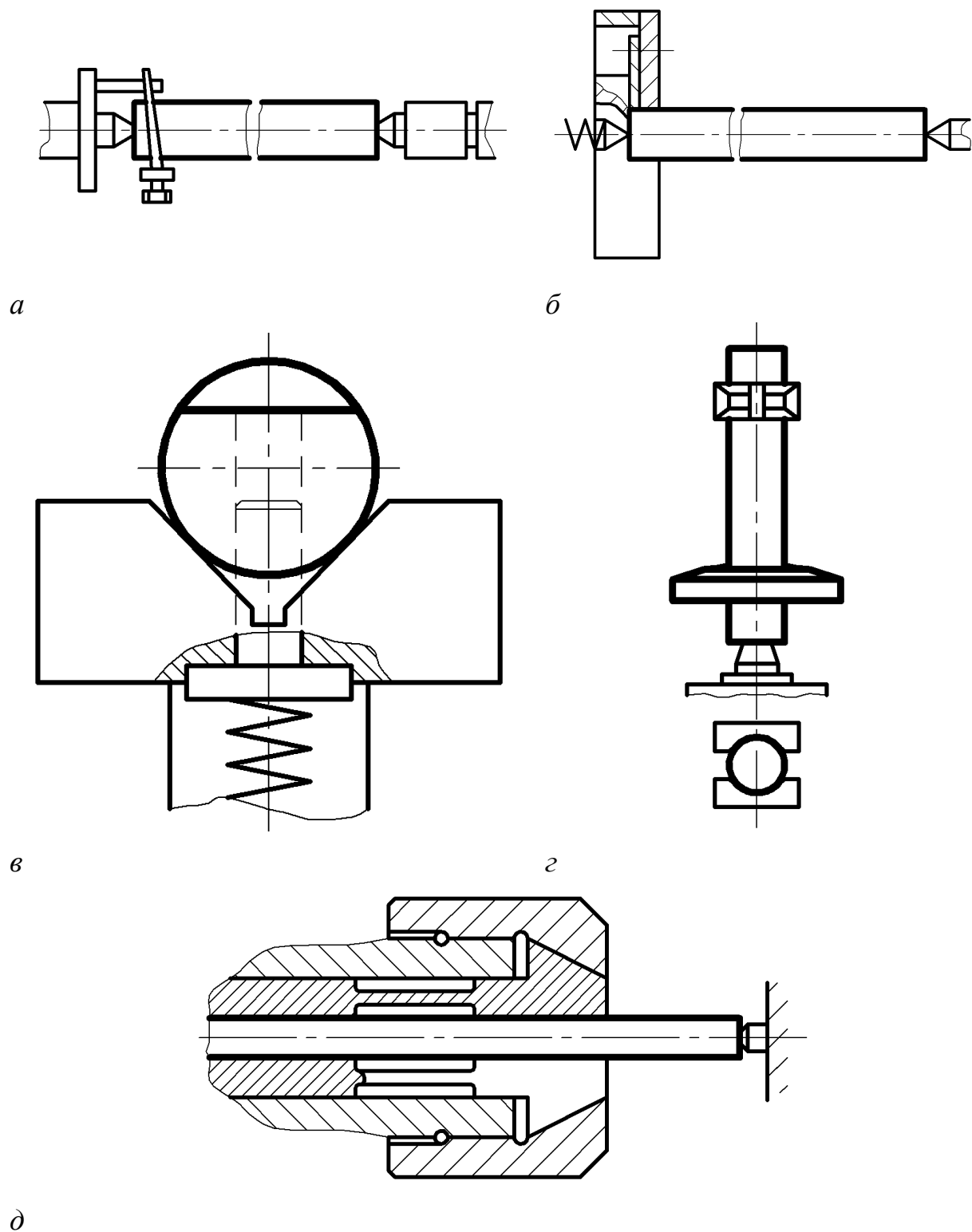


Рисунок 2 – Семы установки валов:  
*a* – в жесткие центры; *б* – в передний плавающий и задний подводимый центры;  
*в* – в призму и на подпружиненный цилиндрический палец; *г* – в узкие призмы и центровым отверстием на жесткий центр; *д* – в цанговом патроне с упором в торец

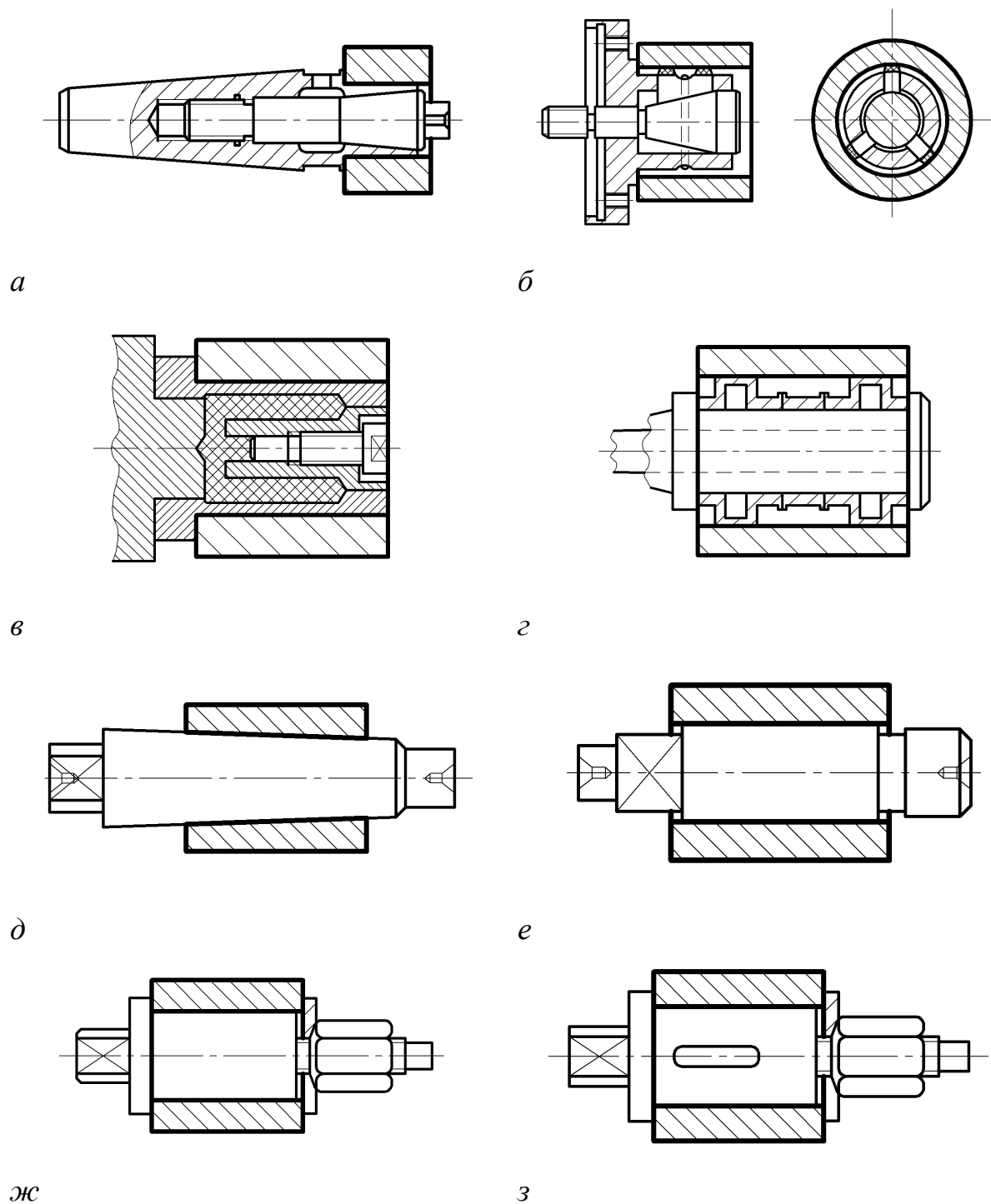


Рисунок 3 – Схемы установки втулок на оправки:

*a* – на консольную разжимную оправку; *б* – на консольную оправку с тремя разжимаемыми сухарями; *в* – на оправку с упругой гильзой, разжимаемой гидропластмассой; *г* – на разжимную оправку с гофрированными втулками; *д* – на жесткую оправку с малой конусностью; *е* – на жесткую оправку с натягом; *ж* – на оправку с зазором; *з* – на оправку с зазором и фиксацией по углу поворота шпонкой

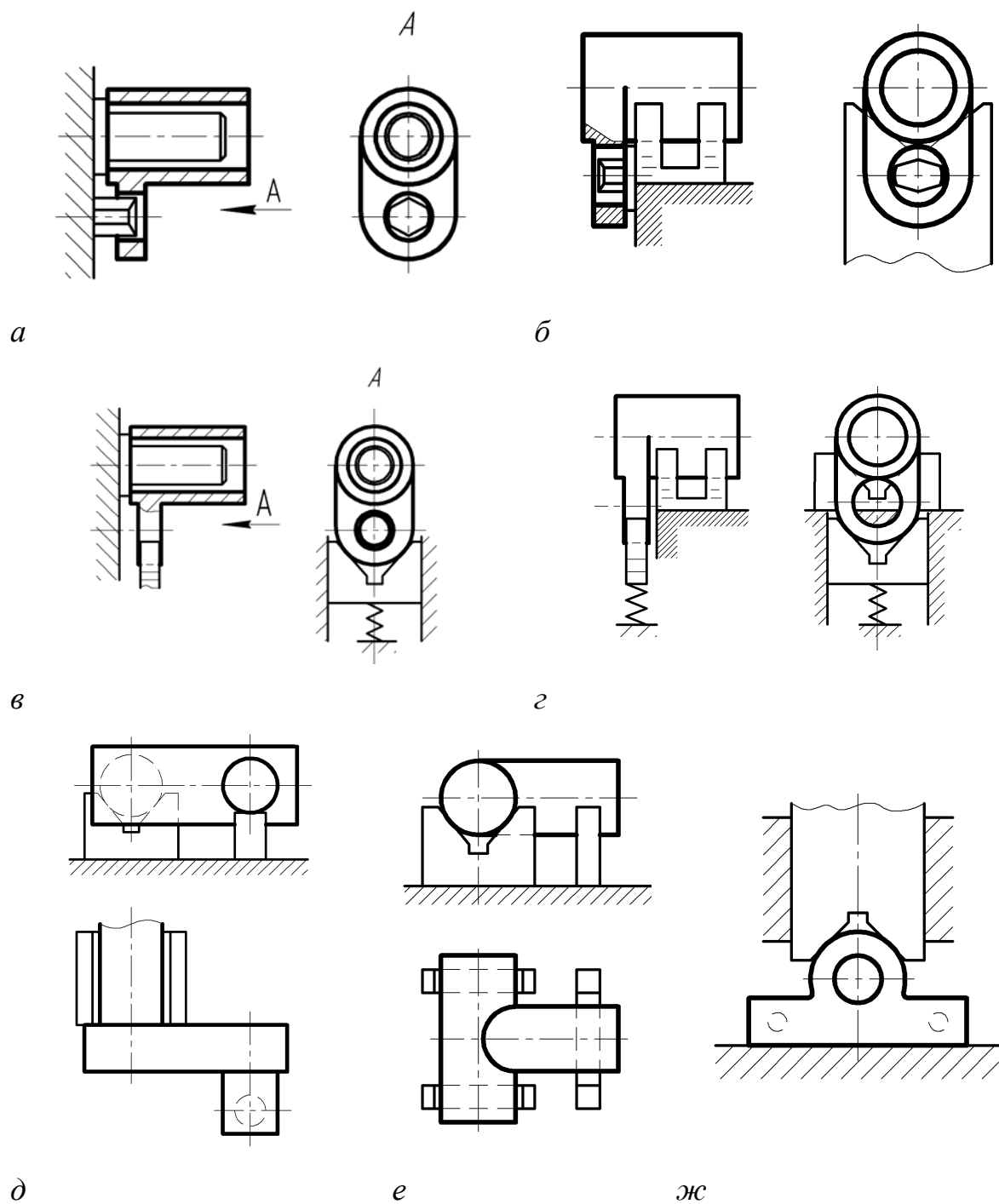








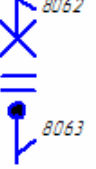
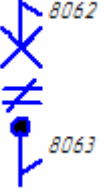
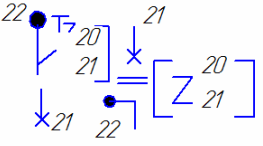


Рисунок 4 – Схемы установки заготовок на цилиндрические и плоские поверхности:

*a* – на длинный цилиндрический и короткий срезанный пальцы; *б* – на призму и срезанный палец; *в* – на длинный цилиндрический палец и короткую подпружиненную призму; *г* – на длинную и короткую подпружиненную призмы; *д* – на длинную призму с упором короткой цилиндрической поверхности на штырь; *е* – на три коротких призмы; *ж* – по двум плоскостям с центрированием наружной цилиндрической поверхности коротким призматическим зажимным устройством

### Приложение 3

№	Содержание	Условные обозначения
1	2	3
1	Линии и знаки, обозначающие звенья цепей: а) составляющее звено с известным номиналом (группы 7+, 8+)	
	б) составляющее звено с определяемым номиналом (группы 6-)	
	в) замыкающее звено, используемое для нахождения номинальных значений составляющих звеньев (группы 2=, 3=, 4=)	
	г) замыкающее звено, не используемое для поиска номинальных значений составляющих звеньев (группы 0≠, 1≠, 5≠)	
2	Вновь возникающая в операции поверхность 5 (код 51)	
3	Исчезающая в операции поверхность 5 (код 51)	
4	Исчезающая и вновь возникающая в операции осевая линия 806 (коды 8062, 8061)	
5	То же, при известном смещении осевой линии 806 (смещение 8062)	
6	То же (смещение 8062-8063 – замыкающее звено, используемое для поиска номиналов)	
7	То же (смещение 8062-8063 – замыкающее звено, не используемое для поиска номиналов)	
8	Удаляемый с поверхности 2 в операции 20 припуск (код 22-21 – замыкающее звено)	

1	2	3
9	То же (припуск составляющее звено)	
10	Поверхность с кодом 64 при необходимости разрыва линии в схеме	
11	Размер между поверхностью В (код II) и поверхностью 2 (код 23) на операции (составляющее звено с известным номиналом)	
12	То же (составляющее звено с определяемым номиналом)	
13	То же (замыкающее звено, используемое для нахождения номиналов составляющих звеньев)	
14	То же (замыкающее звено, не используемое для нахождения номиналов составляющих звеньев), в т.ч. заменяющих звеньев	
15	Радиус цилиндрической поверхности I (код II), возникающий на операции, и ось этой поверхности (код 8011)	
16	Отклонение от соосности поверхности I (код оси 8013) и поверхности 4 (код оси 8045)	
17	Отклонение от перпендикулярности поверхностей I (код 13) относительно поверхности 3 (код 34)	
18	Отклонение от параллельности поверхности I (код 13) относительно поверхности 2 (код 23)	

**Пример оформления титульного листа**

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

Кафедра «Технология и оборудование  
машиностроительного производства»

**КУРСОВАЯ РАБОТА**  
**по дисциплине «Основы технологии машиностроения»**

**Вариант № \_\_\_\_\_**

Выполнил  
студент гр. \_\_\_\_\_ И.И. Иванов

Проверил \_\_\_\_\_ П.П. Петров

Новополоцк, 2014