

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Ивановский государственный химико-технологический университет

**ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТОК  
КОМБИНИРОВАННЫХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Составители: Е.В.Таланов  
Н.Ю.Смирнов  
А.А. Мельников

Иваново 2007

Составители: Е.В. Таланов, Н.Ю. Смирнов, А.А. Мельников.

УДК 744:621(07.07)

Построение разверток комбинированных поверхностей:  
методические указания / Сост.: Е.В. Таланов, Н.Ю. Смирнов,  
А.А. Мельников; Иван.гос.хим.-технол.ун-т.- Иваново, 2007.

В методических указаниях изложены теоретические основы построения разверток простых и комбинированных, т.е. состоящих из плоских и кривых элементов, поверхностей, даны методические указания по выполнению этих работ.

Методические указания предназначены для использования студентами первого курса специальности МАХП в курсе «Начертательная геометрия. Инженерная графика».

Рецензент

кандидат технических наук Н.Р. Кокина  
(Ивановский государственный химико-  
технологический университет)

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1.	Способ вращения	4
2.	Построение развертки цилиндрической поверхности	8
3.	Построение развертки конической поверхности	14
4.	Построение условных разверток неразвертывающихся кривых поверхностей	16
5.	Методические рекомендации	18
6.	Примеры выполнения работ	20
	Список рекомендуемой литературы	24

## ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях рассматриваются вопросы построения разверток комбинированных поверхностей, применяемых при выполнении фасонных частей трубопроводов, а также проводящих устройств машин и механизмов (патрубков, переходов, насадок и т.д.).

Под комбинированными понимаются поверхности, состоящие из плоских элементов (треугольников, многоугольников) и кривых поверхностей (в основном цилиндрических и конических).

Следует иметь в виду, что при изготовлении фасонных частей из листового материала (стали, жести, винипласта и т.д.) лист подвергается деформации. Его наружные волокна растягиваются, а внутренние сжимаются, и лишь средний (нейтральный) слой остается неизменным. При построении разверток следует оперировать этими средними поверхностями, что и делается в данной работе.

### 1. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ

При построении разверток рассматриваемых конструкций необходимо уметь определять натуральные величины отрезков прямых линий и плоских многоугольников. Решение этих задач целесообразно выполнять способом вращения.

При использовании этого способа изменяется положение объекта проецирования при неизменном положении плоскостей проекций. Следовательно, новые проекции строятся в одной и той же системе плоскостей проекций.

Пусть требуется повернуть некоторую точку  $A$  вокруг оси  $i$ , перпендикулярной к плоскости  $H$ , на угол  $\alpha^\circ$  (рис. 1.1). Траекторией движения точки  $A$  будет окружность, лежащая в плоскости  $\beta$ , перпендикулярной к оси вращения, с центром  $O$  на оси  $i$  и радиусом вращения  $R$ .

Фронтальной проекцией окружности будет прямая линия, совпадающая со следом  $\beta_v$ . Горизонтальная проекция точки  $A$  будет перемещаться по окружности с центром в  $O_H \equiv I_H$ . Построение проекций точки  $A_1$  в новом положении показано на рис. 1.1 стрелками.

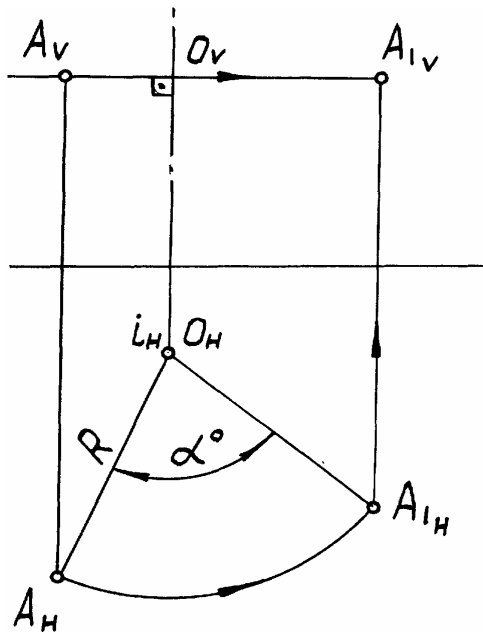


Рис. 1.1

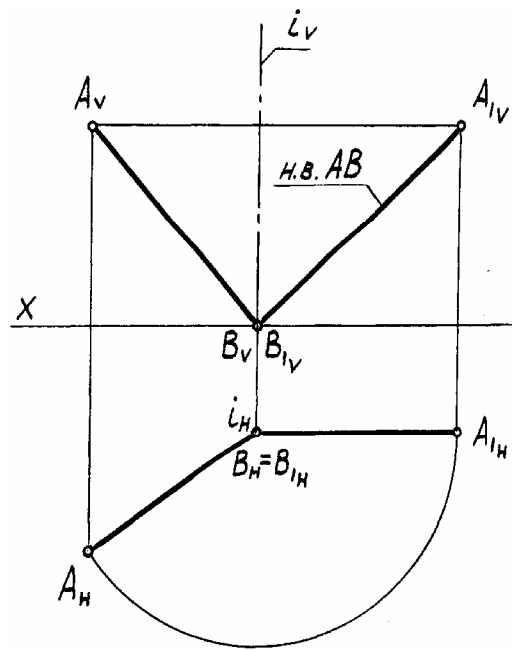


Рис. 1.2

На рис 1.2 способом вращения определяется натуральная величина отрезка прямой  $AB$ . Задача упрощается, если ось  $i$  выбрать проходящей через один из концов отрезка (напр. т.  $B$ ). Тогда вращение отрезка  $AB$  сведется к вращению только точки  $A$ . В результате такого вращения можно отрезок из общего положения привести в частное, например, параллельное плоскости  $V$ . Такое положение отрезка определяется его горизонтальной проекцией, которая должна быть параллельна оси  $X$ . При этом отрезок  $A_1B_1$  займет положение фронтали, у которого фронтальная проекция  $A_{1v}B_{1v}$  будет равна натуральной величине отрезка  $AB$ . Заметим, что величина горизонтальной проекции остается неизменной, так как не меняется угол наклона отрезка к горизонтальной плоскости проекции, от которого зависит величина проекции отрезка. Используя это свойство, можно применить способ вращения, не задаваясь изображением оси вращения, а одну из исходных проекций, не меняя ее формы и величины, сразу переместить в требуемое положение. Другая проекция строится так, как было показано выше. Такой способ является частным случаем способа вращения и называется плоскопараллельным перемещением. На рис. 1.3 этим способом определена натуральная величина отрезка  $AB$ . Для этого отрезок  $AB$  перемещается относительно плоскости  $H$  в новое положение  $A_1B_1 \parallel V$ . Проекция  $A_{1H}B_{1H}$  располагается параллельно оси  $X$  на любом свободном поле чертежа. При этом  $A_{1H}B_{1H} = A_HB_H$ . Новая проекция  $A_{1v}B_{1v}$

является натуральной величиной отрезка АВ.

Все плоские элементы рассматриваемых конструкций в данной работе представляют собой фигуры, занимающее частное (проецирующее) положение относительно плоскостей проекций. На рисунках 1.4, 1.5 и 1.6 способом вращения показано определение натуральной величины треугольника. На рис. 1.4 треугольник ABC повернут вокруг оси  $i$  до совмещения с горизонтальной плоскостью проекций  $H$ .

На рис. 1.5 и 1.6 натуральная величина треугольника ВСД определена вращением вокруг стороны ВД до совмещения с плоскостью  $H$ . В первом случае (рис. 1.5) найдена высота СИ треугольника, во втором (рис. 1.6) - одна из его сторон - ВС.

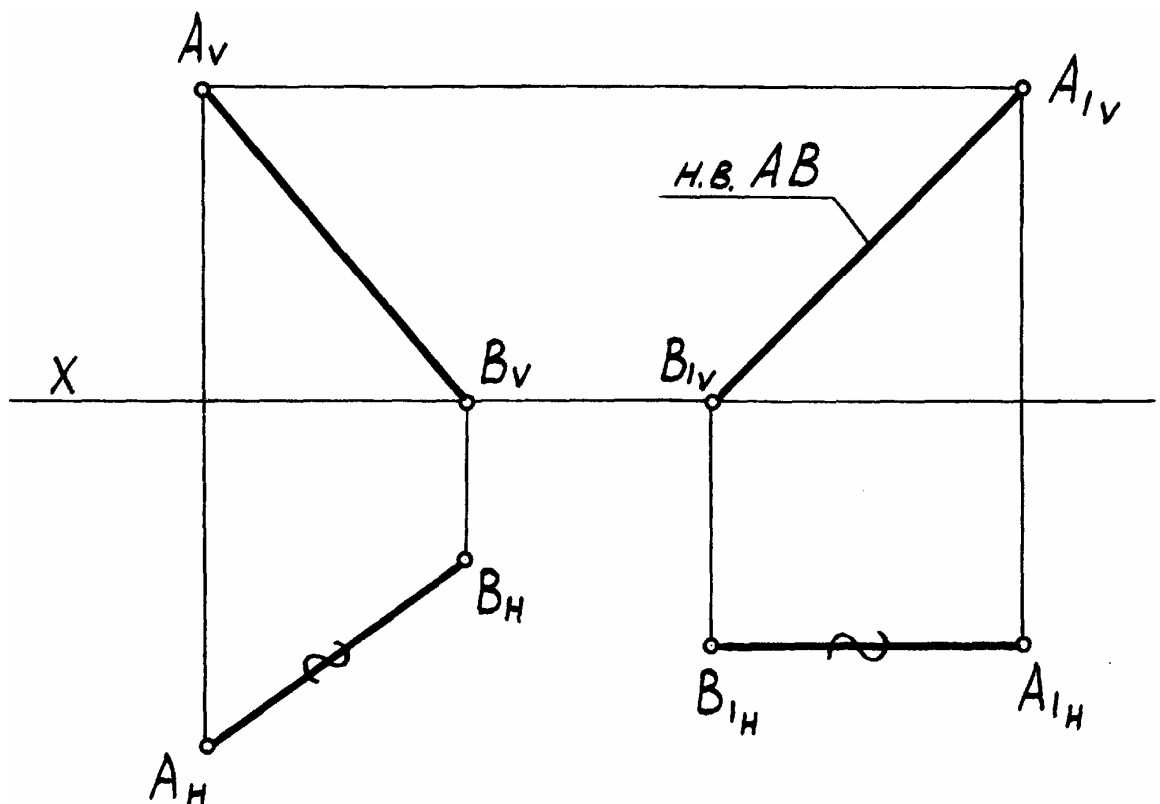


Рис. 1.3

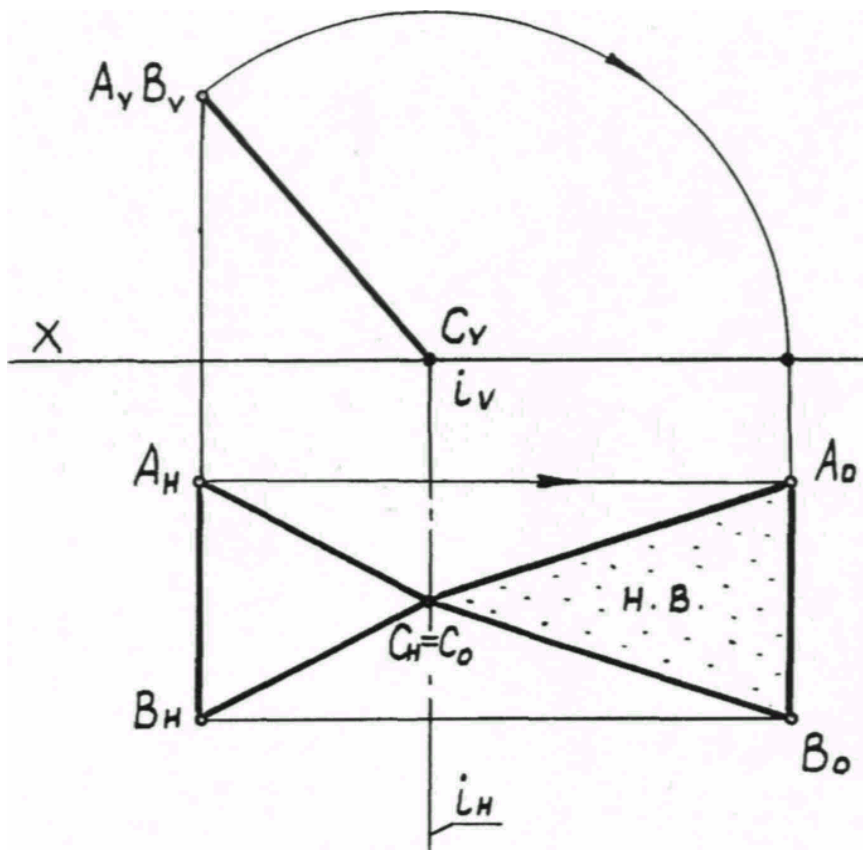


Рис. 1.4.

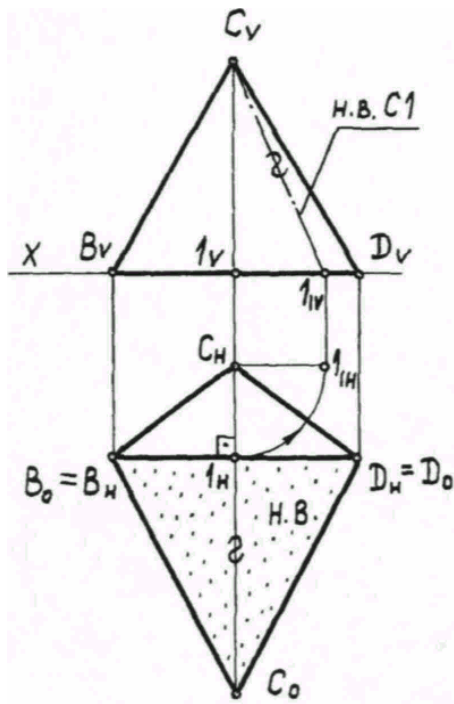


Рис. 1.5

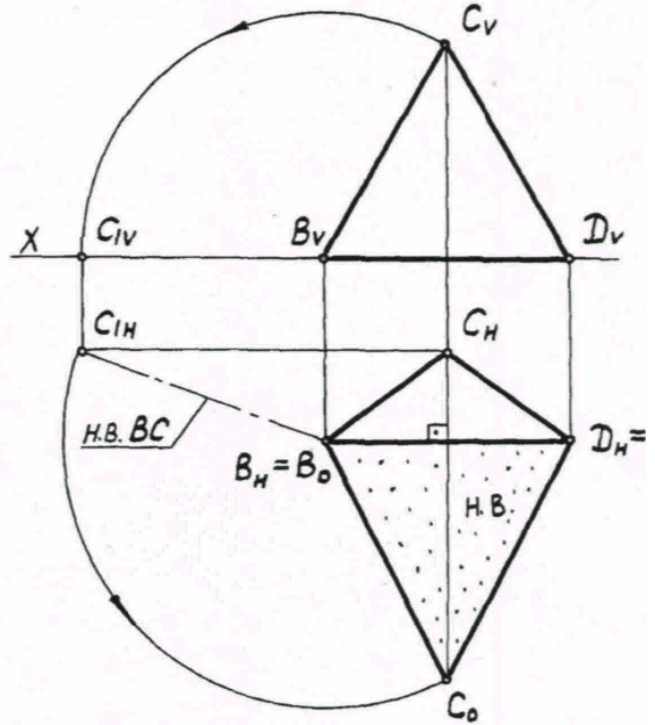


Рис. 1.6.

## 2. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

### 2.1. Рассмотрим построение развертки поверхности прямого усеченного цилиндра (рис. 2.1).

Разделив окружность основания на равное количество частей (например на 12), отложим от точки "A<sub>0</sub>" вправо то же количество отрезков, равных по величине хорде  $1_n 2_n$  (или  $A_0 B_0 = p d$ ). Из полученных точек проведем вертикальные линии, соответствующие образующим цилиндрической поверхности. Отложив на этих линиях величины образующих и соединив точки плавной линией, получим развертку боковой поверхности цилиндра.

### 2.2. Рассмотрим построение развертки конструкции, состоящей из двух звеньев цилиндрической формы (рис. 2.2).

Построение развертки звена I выполняется так, как показано на рис. 2.1.

Для построения развертки звена II проводим плоскость  $\alpha$ , перпендикулярную образующим цилиндра. Находим положение этой плоскости на развертке и откладываем от нее вверх и вниз величины соответствующих образующих (показаны засечками). Полученные точки соединяем плавной кривой линией.



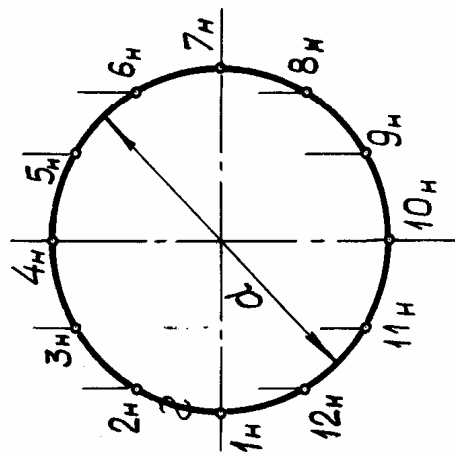
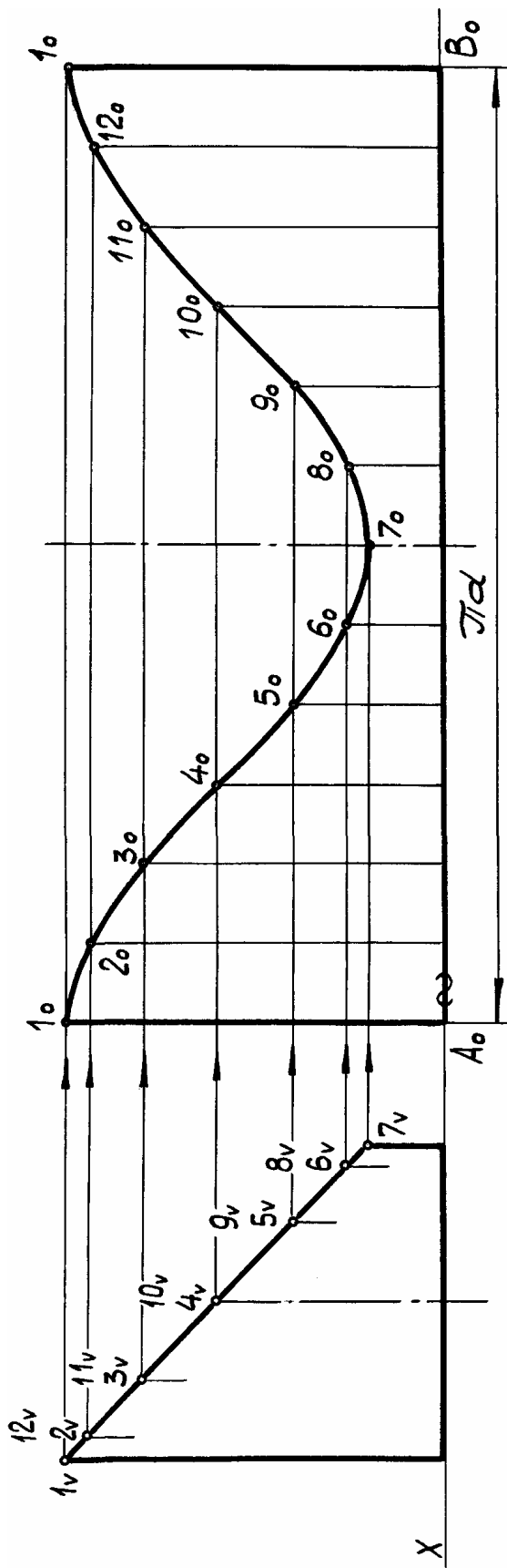


Рис. 2.1

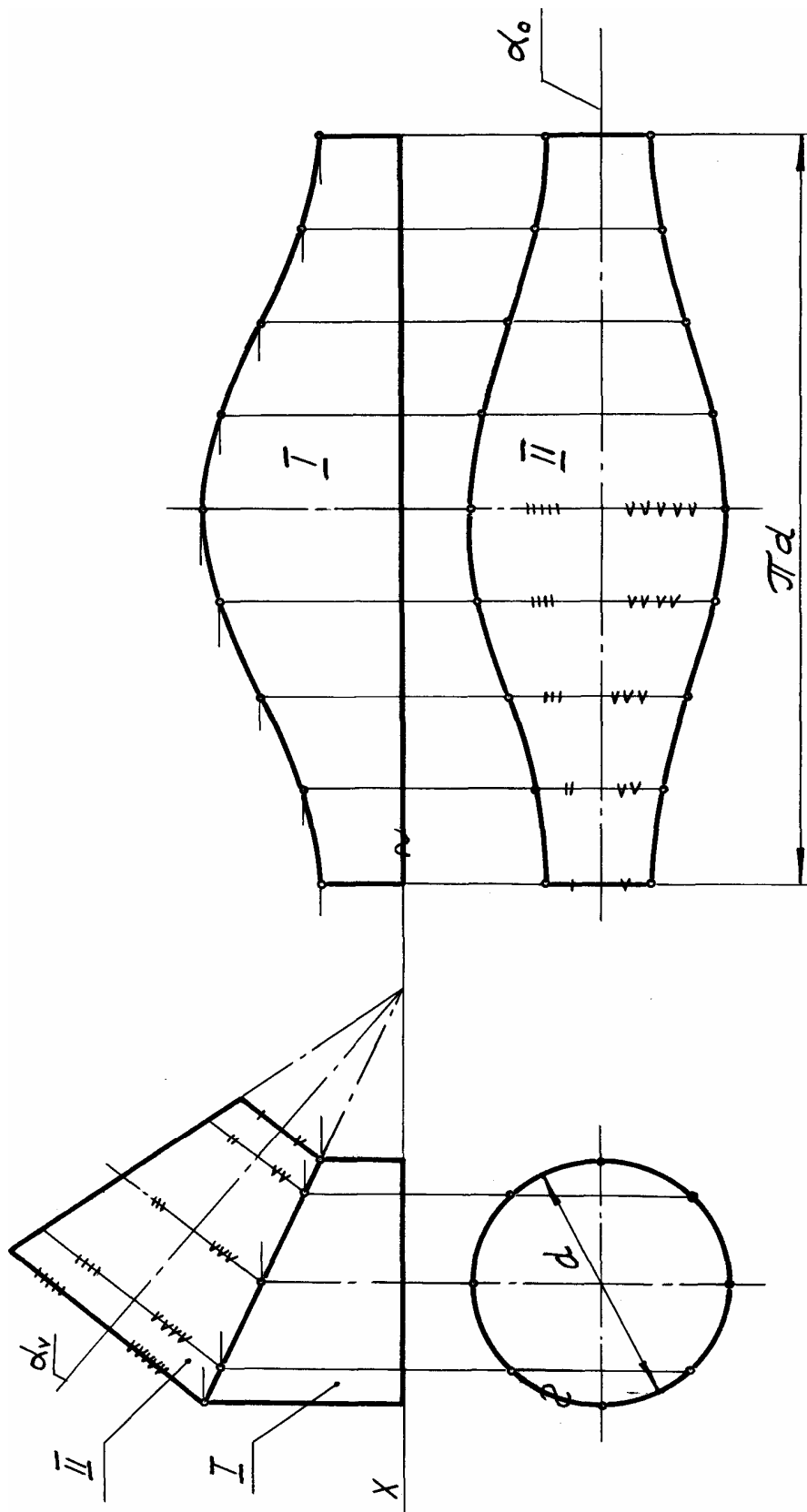


Рис. 2.2.

**2.3. Рассмотрим построение развертки цилиндрической поверхности, ось которой параллельна одной из плоскостей проекций, т.е. является прямой уровня (рис. 2.3).**

Вписываем в цилиндр правильную, например, 8-мигранную призму и, разрезав ее поверхность по одному из ребер (в данном случае по ребру  $5_0-5_1$ ), будем развертывать поверхность призмы. Построение развертки производится на плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций и проходящей через ребро  $5_0-5_1$ . Из точки  $5_v$ ,  $4_v$ ,  $3_v$  и т.д. проводим прямые, перпендикулярные к образующим цилиндра. На них способом засечки отмечаем точки  $4_0$ ,  $3_0$ ,  $2_0$  ... Например, точка  $4_0$  определена засечкой из точки  $5_0$  радиуса  $5_04_0 = 5_H4_H$ . Точка  $3_0$  определена на соответствующей прямой засечкой из точки  $4_0$  тем же радиусом, т.к. основание цилиндра разделено на равные части. Из точек  $4_0$ ,  $3_0$ ,  $2_0$ , ... проводим образующие поверхности в натуральную величину. Полученные точки соединяем плавными кривыми линиями. На развертке (рис. 2.3) стрелками показано определение т. А, лежащей на цилиндрической поверхности. Этот прием следует применять в тех случаях, когда часть цилиндрической поверхности отсекается плоскостью (например,  $\alpha$ , рис. 2.4).

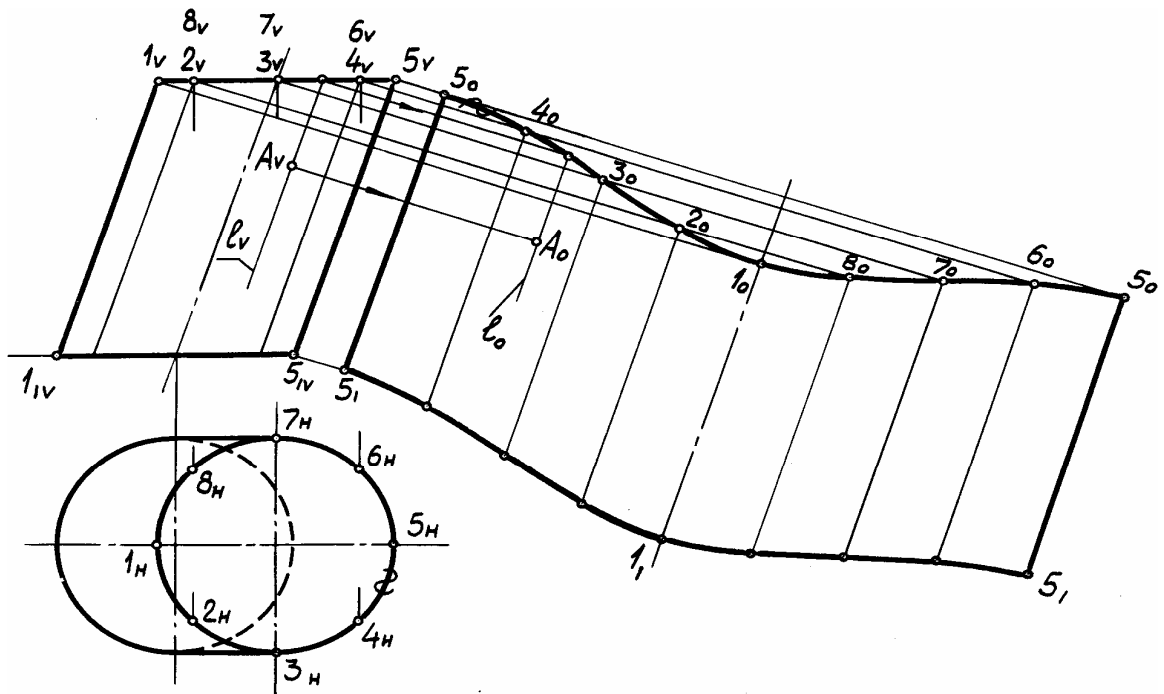


Рис. 2.3

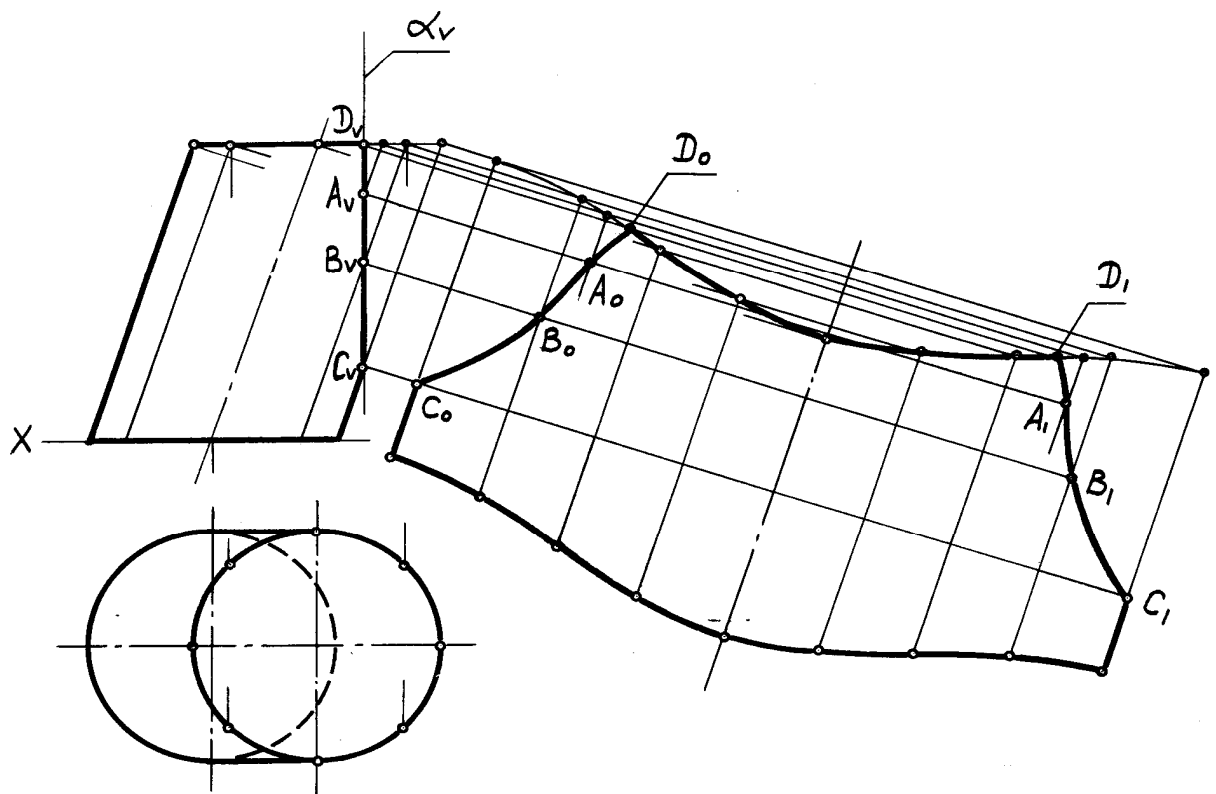


Рис. 2.4

**2.4. Рассмотрим построение развёртки цилиндрической поверхности, ось которой не параллельна ни одной из плоскостей проекций, т.е. является прямой общего положения (рис. 2.5).**

Произведем замену плоскостей таким образом, чтобы ось поверхности была параллельна новой плоскости проекций. В новой системе плоскостей проекций ( $V_1 / H$ ) цилиндрическая поверхность занимает положение такое же, как и в примере на рис. 2.3.

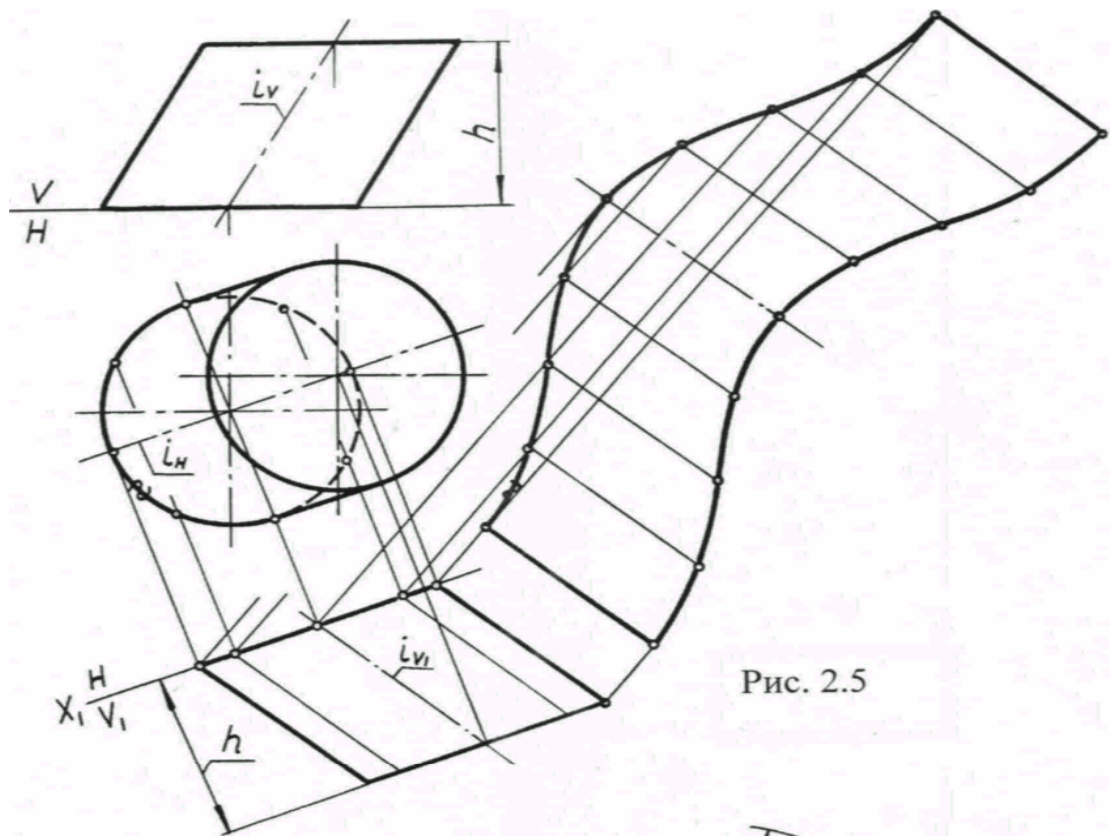


Рис. 2.5

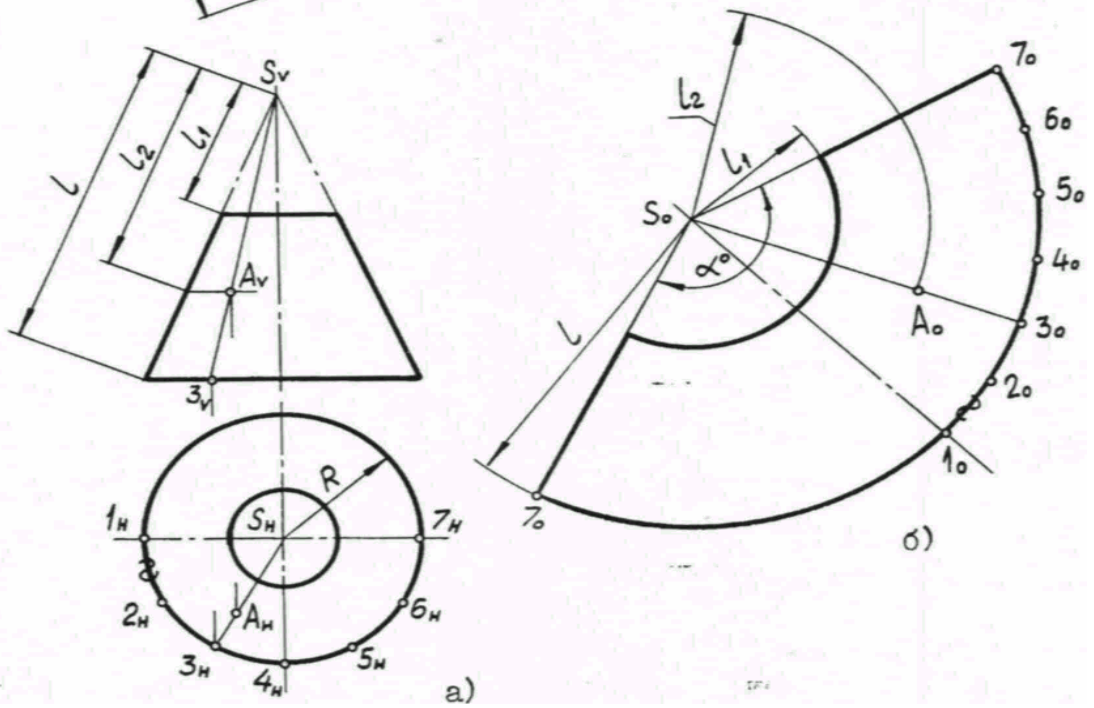


Рис 3.1

### 3. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТКИ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

#### 3.1. Рассмотрим построение развертки поверхности прямого усеченного конуса (рис. 3.1)

Прежде всего следует построить развертку неусеченного конуса. В этом случае развертка будет иметь форму сектора круга с центральным углом  $\alpha$  (рис. 3.1). Этот угол равен  $R/L \cdot 360^\circ$ . В практике для построения развертки конуса часто не пользуются углом  $\alpha$ , а применяют способ малых хорд. Этот способ состоит в том, что, взяв циркулем хорду стягивающую, например  $1/12$  длины окружности основания конуса, откладывают циркулем эти отрезки на дуге  $1_07_0$ . Таким образом, дуга  $7_01_07_0$  на развертке равна длине окружности основания конуса. Проведя дугу радиусом  $L_1$ , отсекаем на развертке поверхность верхней части конуса.

Для построения на развертке точки, лежащей на поверхности конуса, следует пользоваться образующей, проходящей через эту точку. Отрезок  $S_0A_0$  на развертке определен вращением образующей  $SA$  до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций, и равен величине  $L_2$ .

Если коническая поверхность отсекается плоскостью (напр.,  $\beta$ , рис. 3.2), то точки, определяющие линию сечения, находятся аналогично точке  $A$  (рис. 3.1.).

#### 3.2. Рассмотрим построение развертки поверхности наклонного конуса (рис. 3.3)

Заменяем поверхность конуса поверхностью пирамиды, вписанной в конус. За основание пирамиды примем правильный 8-угольник. Построение развертки конуса сведется к построению треугольников по трем сторонам. Предварительно способом вращения определяем натуральные величины образующих  $S_2, S_3, S_4$ .

На развертке (рис. 3.3) размеры сторон выделенного точками треугольника  $I_0S_02_0$ :

$$S_01_0 = S_V1_V, \quad S_02_0 = S_V2_1, \quad 1_02_0 = 1_H2_H.$$

Затем к этому треугольнику пристраиваются последовательно остальные три треугольника. Через полученные точки проводим лекальную кривую и достраиваем симметричную левую часть линии. Этот способ построения разверток называется **способом триангуляции**.

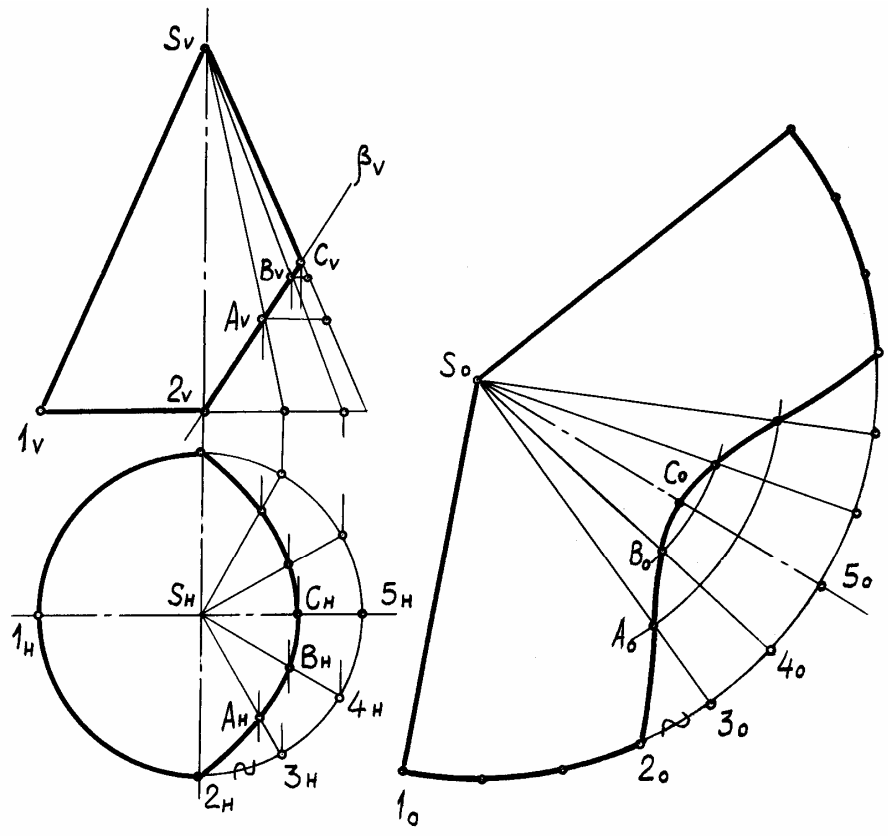


Рис. 3.2

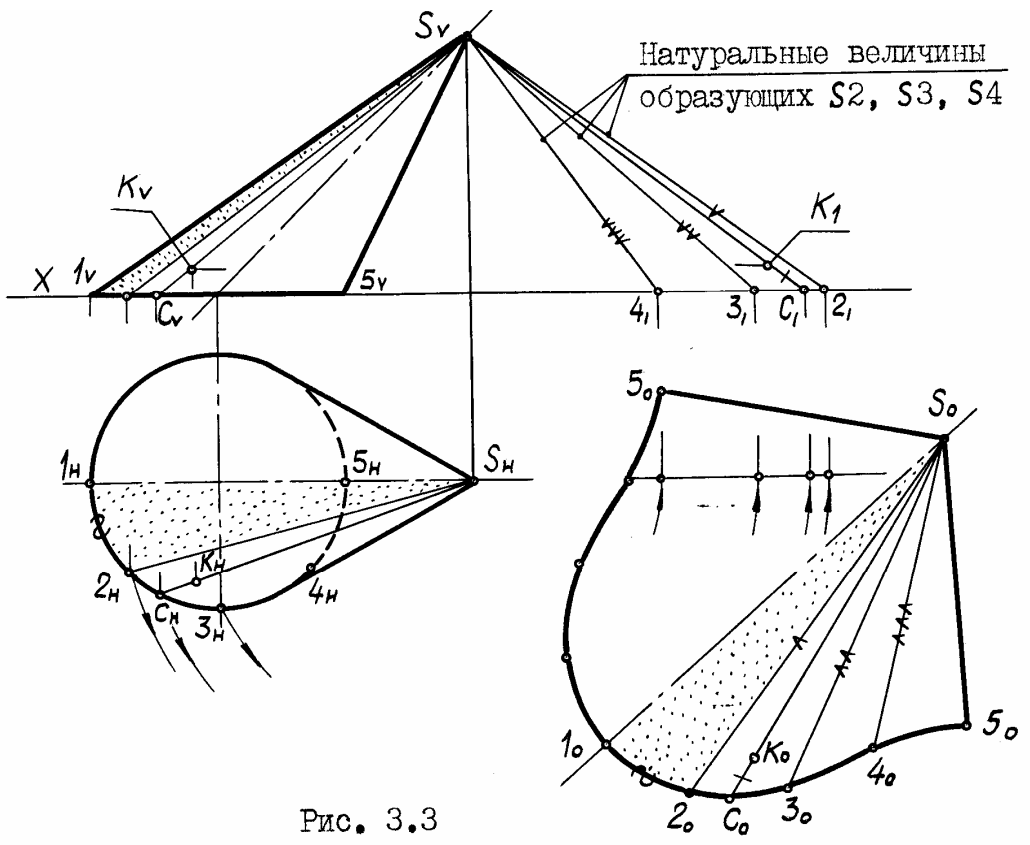


Рис. 3.3

#### 4. ПОСТРОЕНИЕ УСЛОВНЫХ РАЗВЕРТОК НЕРАЗВЕРТЫВАЮЩИХСЯ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Развертки теоретически неразвертывающихся поверхностей называют условными. Для построения таких разверток заданную поверхность заменяют некоторой развертываемой поверхностью, развертку которой и применяют за условную развертку данной неразвертываемой поверхности. Для построения условных разверток прямолинейчатых неразвертываемых поверхностей применяется способ триангуляции (см. рис. 3.3).

Рассмотрим построение развертки патрубка, круглые основания которого не параллельны друг другу (рис. 4.1).

На рис. 4.1 поверхность патрубка задана двумя окружностями, одна из которых (радиусом  $R$ ) лежит в горизонтальной плоскости проекций, вторая (радиусом  $R_1$ ) – в наклонной фронтально–проецирующей плоскости.

Ошибочно думать, что заданная поверхность является конической. На данной поверхности невозможно провести образующие, пересекающиеся в одной точке. Такая поверхность называется случайной, развертка ее строится приближенно.

Данная поверхность заменяется вписанным многогранником. Окружности оснований делим на равное количество частей, и соответствующие точки деления соединяем прямыми – образующими этой поверхности. Четырехугольники, расположенные между двумя парами образующих (напр. АВ21), не являются плоскими, так как хорды, стягивающие дуги окружностей, не лежат в одной плоскости. Проведя в этих четырехугольниках диагонали, тем самым расчленим их на составляющие треугольники. Таким образом, вся поверхность будет приближенно заменена треугольниками.

Определяя натуральные величины сторон всех треугольников и последовательно пристраивая их (по трем сторонам) друг к другу, мы получаем развертку поверхности. Через полученные вершины треугольников проводим плавные кривые линии.

Определение натуральных величин образующих и диагоналей выполнено способом плоскопараллельного перемещения (см. рис. 1.3).



Схемы определения натуральных величин образующих и диагоналей  
 $F_6, E_5, D_4, C_3, B_2 \quad G_6, F_5, E_4, D_3, C_2, B_1$

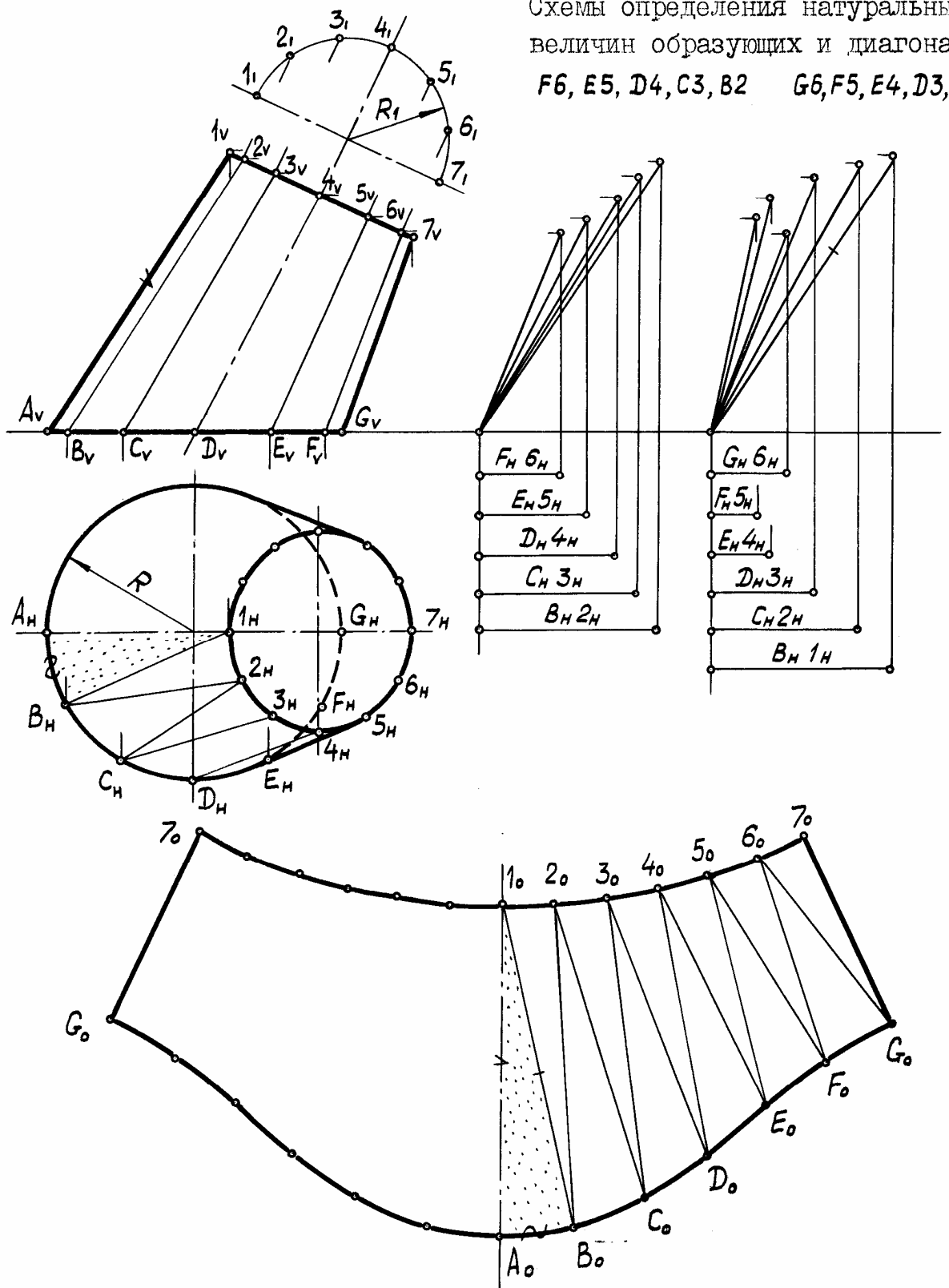


Рис.4.1

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Работа выполняется на листе чертежной бумаги формата А2.

Прежде чем приступить к решению задачи, нужно внимательно изучить геометрическую форму заданной комбинированной поверхности.

Рекомендуем, при возникновении сложности с представлением формы детали, сделать из подручного материала (дерево, пластилин и т.д.) модель детали.

Перед построением развертки, с целью обеспечения самоконтроля, целесообразно начертить ее схему. Это позволит избежать возможных ошибок при нахождении геометрических элементов.

При этом изображение всех образующих и диагоналей на ортогональных проекциях конструкции не является обязательным.

С целью лучшего понимания форм на чертежах индивидуальных заданий границы соединяемых поверхностей конструкций изображены сплошными основными линиями. На развертке эти линии соответствуют линиям сгиба и согласно ГОСТ 2.303-68 должны изображаться тонкими штрих-пунктирными линиями с двумя точками, а на ортогональных проекциях - тонкими сплошными линиями.

При построении развертки выполняют следующие технические требования:

1. Если поверхность имеет плоскость симметрии, то линию разреза поверхности следует выбирать так, чтобы развертка имела ось симметрии. Это упрощает разметку и построение развертки.

2. Линия разреза должна быть наиболее короткой, так как в этом случае наиболее короткими будут шов, например, сварной.

3. С целью уменьшения отходов листового материала следует учитывать размещение разверток на полосе материала, предназначенной для их вырубki. Так, в примере на рис. 5.1 целесообразно звенья конструкции размещать на одном цилиндре путем вращения их вокруг своей оси на угол  $180^\circ$ . Развертка в этом случае получится без отходов.

4. На чертеже развертки следует указать размеры, необходимые для раскроя (разметки) и габаритные.

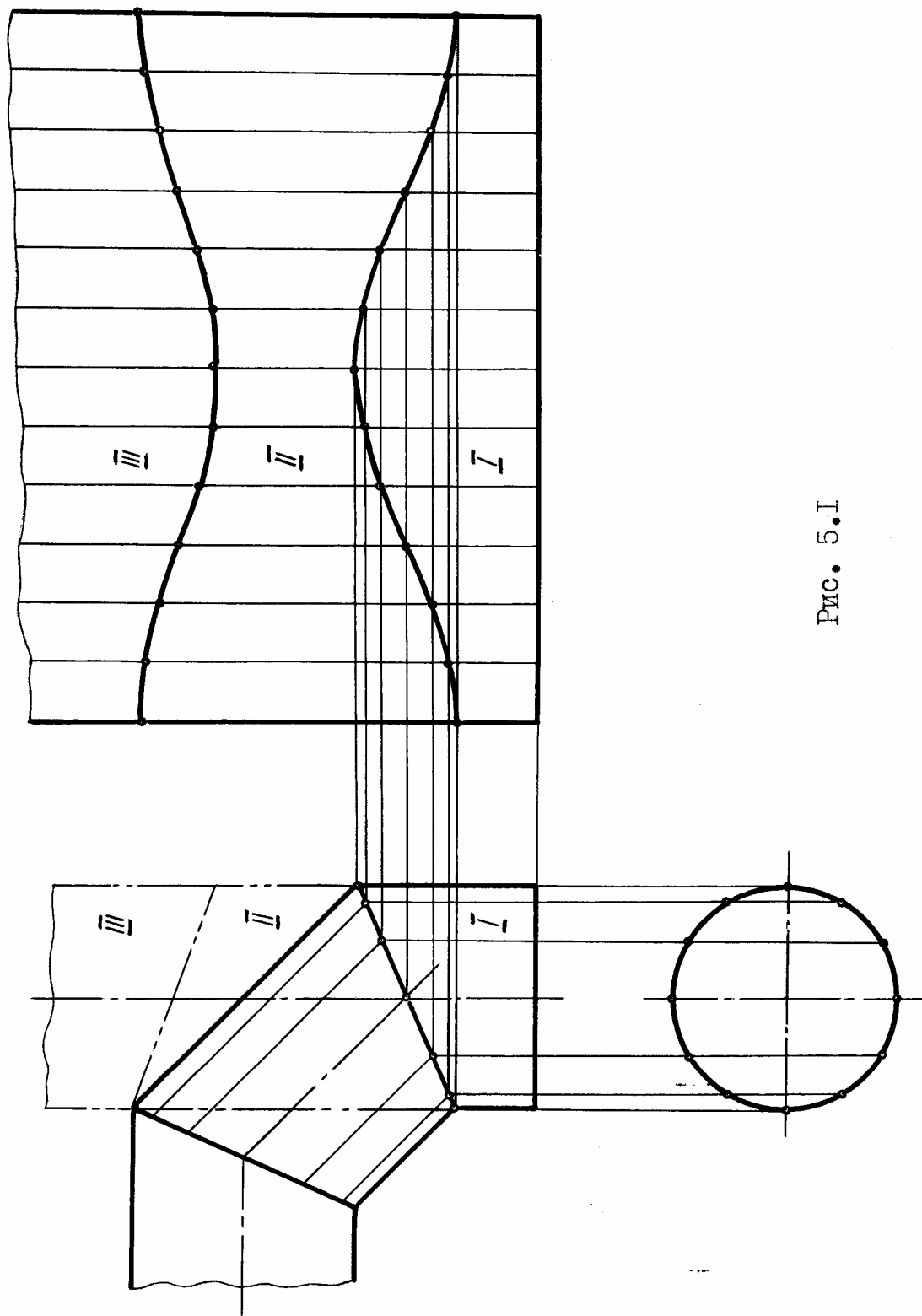
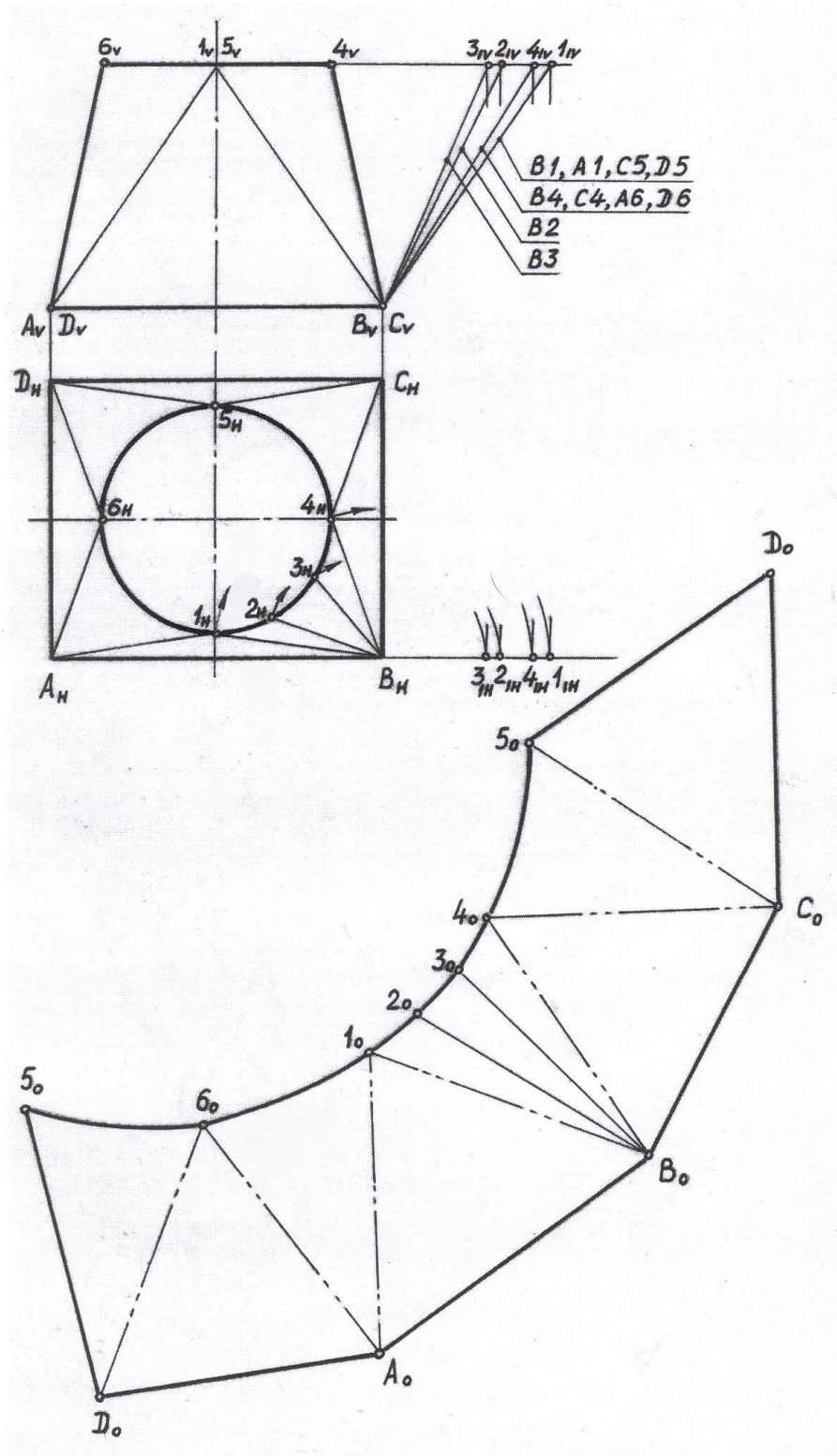


Рис. 5.1

## 6. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Пример 1



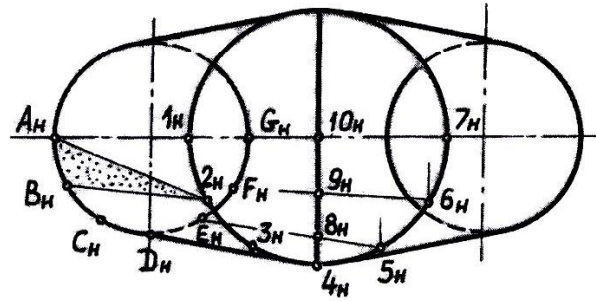
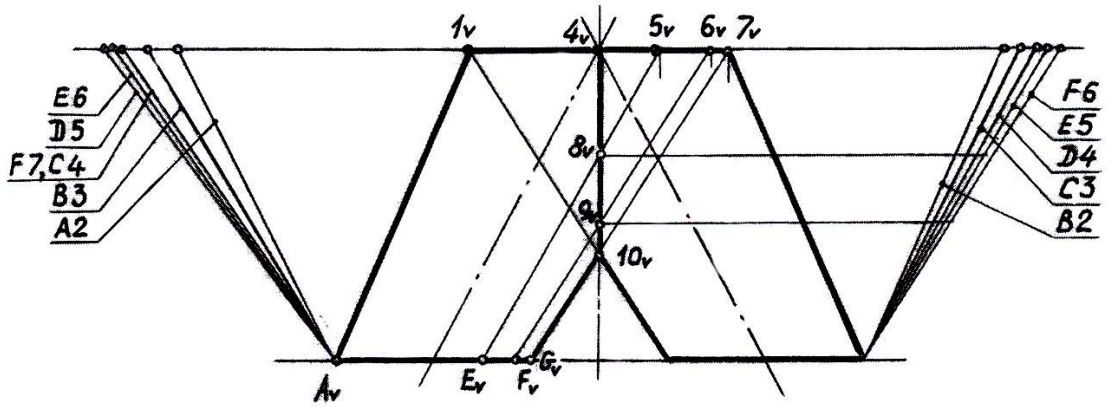
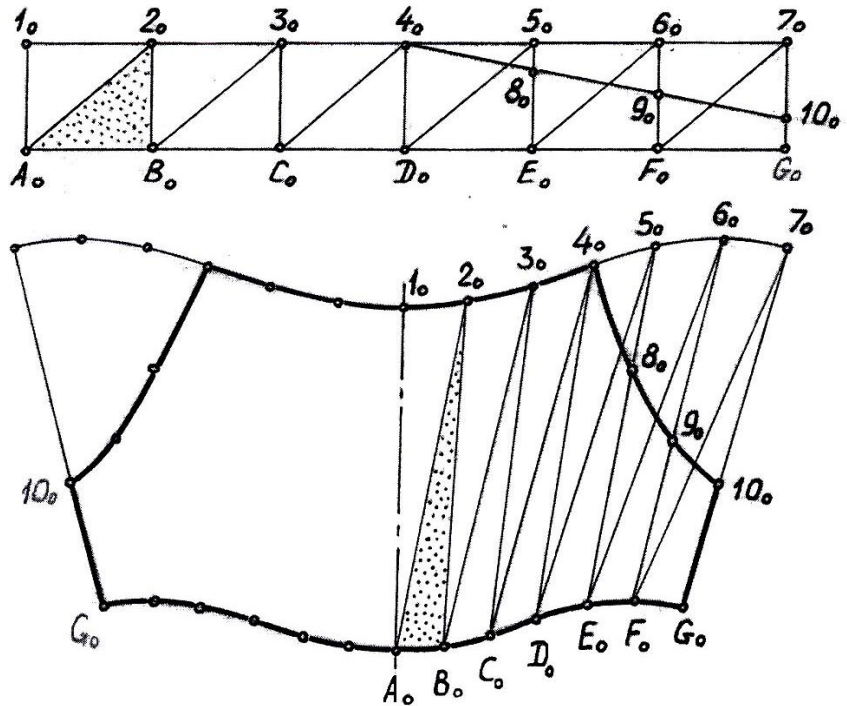
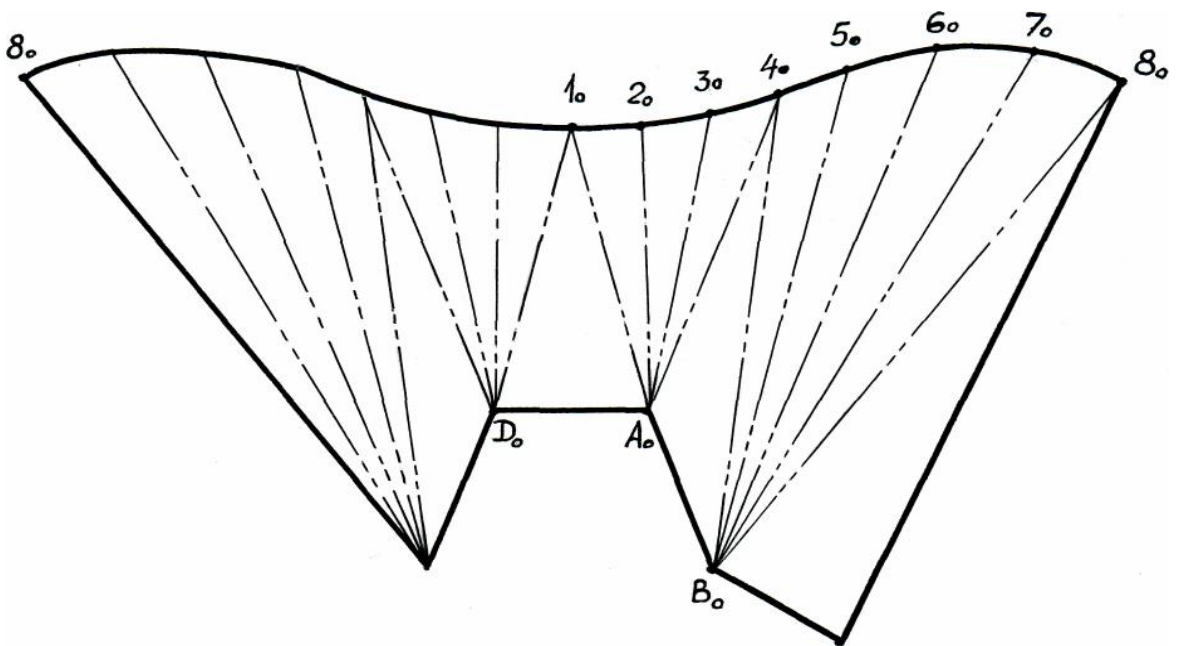
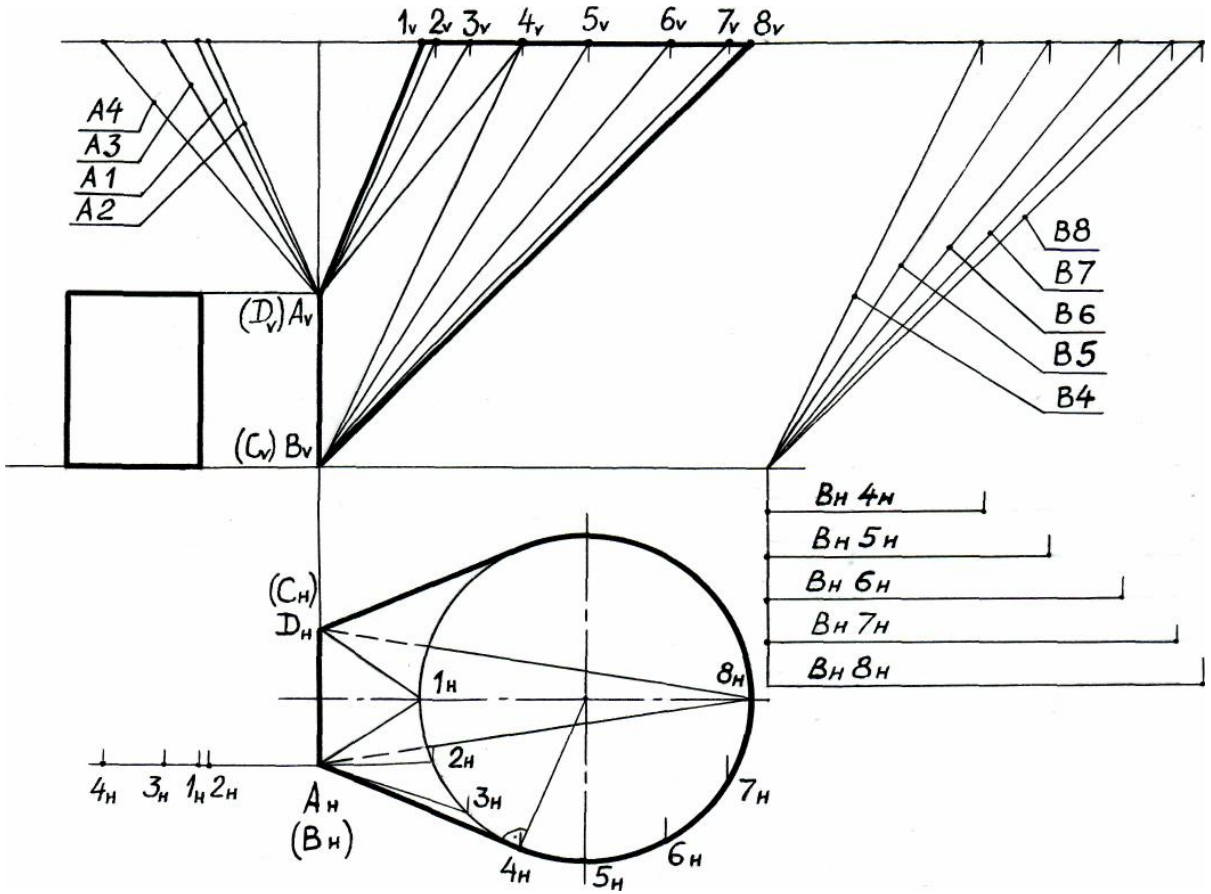


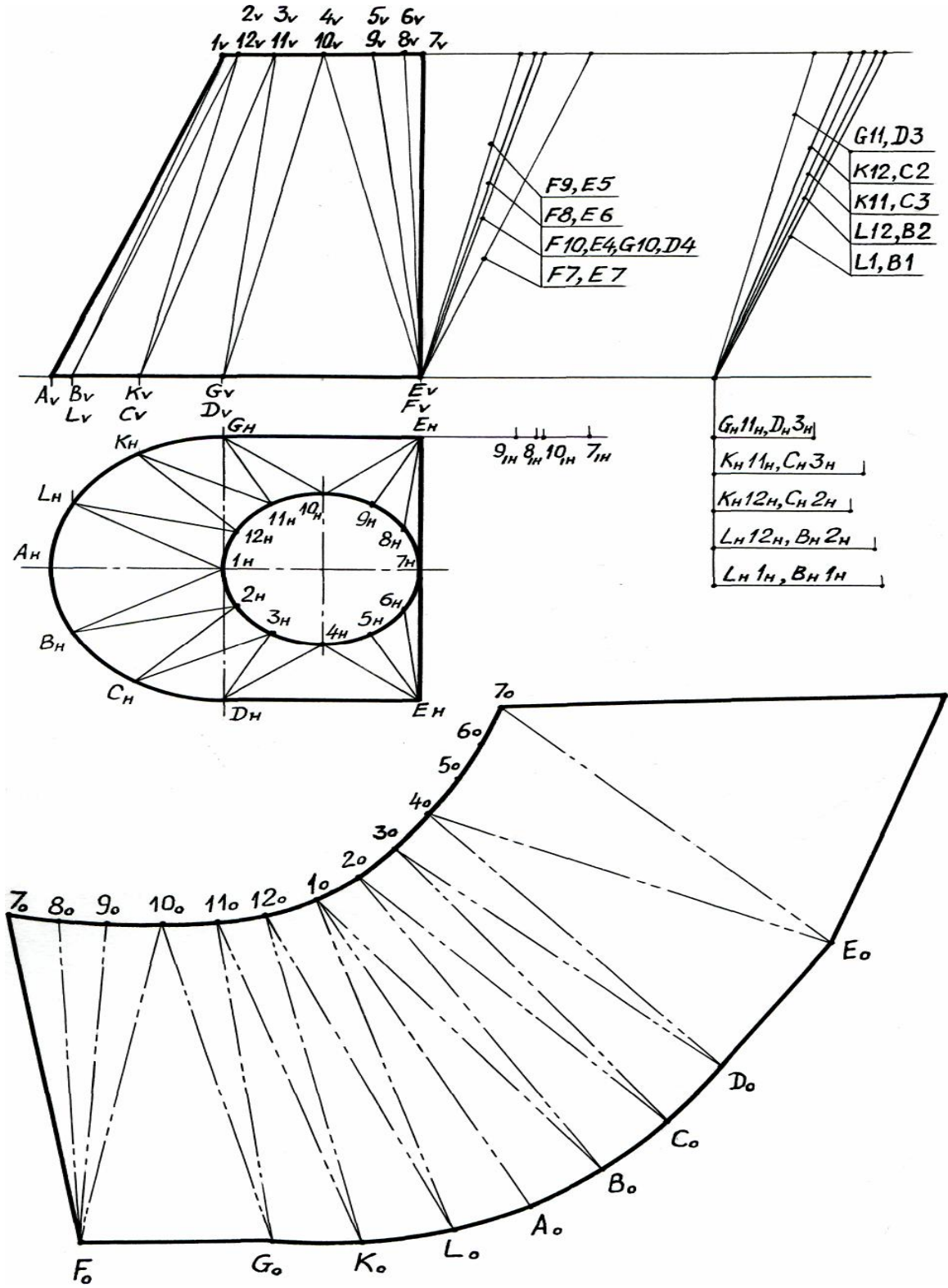
Схема соединения точек на развертке







Пример 4



## Список рекомендуемой литературы

1. Левицкий, В.С. Машиностроительное черчение/ В.С. Левицкий. М.: Высш. шк. 1988. - 331 с.
2. Чекмарев, А.А. Инженерная графика/ А.А. Чекмарев.- М.: Высш. шк. 1988. -335 с.
3. Машиностроительное черчение / О.Д. Меерзон [и др.].- М.: Высш. шк., 1987. - 335 с.
4. Попова, Г.Н., Машиностроительное черчение: справ.( Г.Н. Попова, С.Ю. Алексеев. - Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1986.-447 с.
5. Раздаточный материал к лекционному курсу «Начертательная геометрия» для студентов специальностей механического профиля / Сост. Н.Ю. Смирнов; Иван. гос. хим.-технол. ут-т.- Иваново, 2001.- 32с.

Редактор Г.В. Куликова

Подписано в печать 8.11.2007. Усл. печ. л. 1,40. Уч. изд. л. 1,55.

Формат 60/84 1/16.Тираж 500 экз. Заказ

ГОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет  
Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики и финансов

ГОУ ВПО «ИГХТУ»

153000 г. Иваново, пр. Ф.Энгельса,7