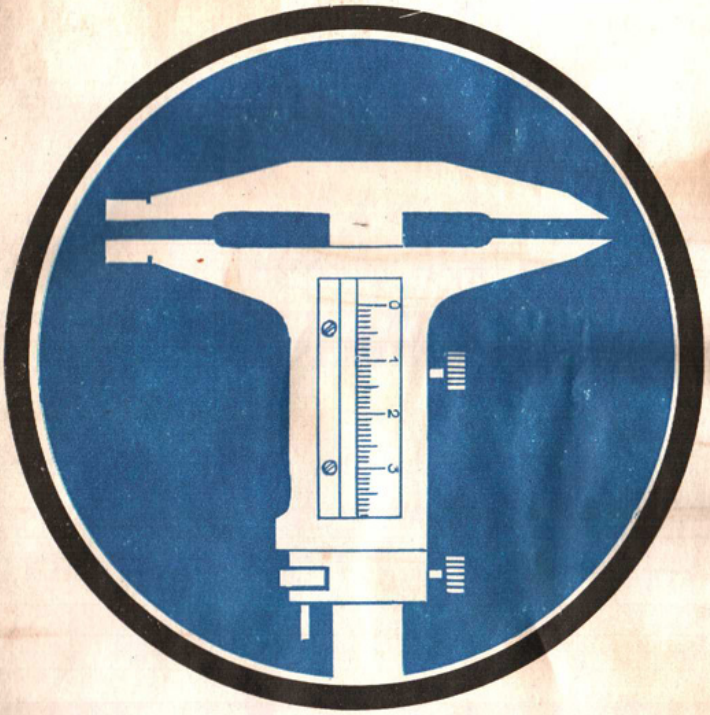
Библиотека СОК

25 коп.

А. М. НЕКРАСОВ

РАЗМЕТКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВОЗДУХОВОДОВ



А. М. НЕКРАСОВ

РАЗМЕТКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВОЗДУХОВОДОВ

СТРОЙИЗДАТ. ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЛЕНИНГРАД
1984

ББК 38.762.2
Н 48
УДК 697.922

Рецензент — Ленинградский инженерно-строительный институт

Некрасов А. М.

Н 48 Разметка вентиляционных воздуховодов.— Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1984.— 80 с., ил.

Описан многолетний опыт работы автора на стройке по разметке вентиляционных воздуховодов. Даны чертежи раскроя частей воздуховодов и их практическое использование непосредственно на строительной площадке.

Предназначена для рабочих, занятых раскроем и монтажом вентиляционных установок.

Н $\frac{3206000000-186}{047(01)-84}$ 148—84

ББК 38.762.2
6С9.4

Алексей Михайлович Некрасов

РАЗМЕТКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВОЗДУХОВОДОВ

Редактор *Н. Н. Днепрова*
Мл. редактор *Л. Н. Лаврова*
Внешнее оформление *Н. И. Абрамова*
Художественный редактор *О. В. Сперанская*
Технический редактор *Н. Н. Дмитриева*
Корректор *Т. Б. Верникова*

ИБ № 3576

Сдано в набор 28.09.84. Подписано в печать 27.11.84. М-45359. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 5,0. Усл. кр.-отт. 5,31. Уч.-изд. л. 4,92. Изд. № 2345Л. Тираж 20 000 экз. Заказ 1948. Цена 25 коп.

191011, Ленинград, пл. Островского, 6. Стройиздат, Ленинградское отделение. Типография № 2 Ленуприздата, 191104, Ленинград, Литейный пр., 55
1797

© Стройиздат, Ленинградское отделение, 1984.

ОТ РЕДАКЦИИ

В решениях XXVI съезда КПСС и в последних постановлениях партии и правительства большое внимание уделяется вопросам экономии материалов. Правильная разметка фасонных частей воздуховодов дает возможность экономить не только металл, но трудовые и материальные ресурсы, время на монтаж.

В связи с этим необходимо использовать опыт старых мастеров. А. М. Некрасов — ветеран труда, проработавший на стройках Ленинграда более 50 лет. Его богатый опыт по разметке и устройству вентиляционных воздуховодов, на основе которого написана данная брошюра, поможет молодым рабочим освоить эту редкую специальность и повысить свою квалификацию.

I. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Построение перпендикуляра

Из точек *A* и *B* на отрезке прямой (рис. 1, *а*) проводим две взаимно пересекающиеся дуги радиусом *R*, несколько большим ее половины. Получаем точки пересечения *1* и *2*. Соединив полученные точки прямой, получим перпендикуляр к этой линии.

Построение прямоугольного треугольника при помощи окружности

Проводим окружность радиусом *R*, на ней проводим хорду, которая соединит две точки окружности *D* и *C*. Точку *C* соединим с центром окружности *O* и продлим прямую *CO* до пересечения с окружностью (точка *E*). Соединив точку *E* с точкой *D*, получим прямоугольный треугольник (рис. 1, *б*).

Построение прямоугольного треугольника с соотношением сторон 3 : 4 : 5

Данный прямоугольный треугольник имеет отношения сторон 3 : 4 : 5, т. е. если малый катет будет равен трем единицам длины, например 300 мм (3 раза по 100 мм), то больший — 400 мм (4 раза по 100 мм), а гипотенуза будет равна 500 мм (5 раз по 100 мм). Единицы размеров могут быть любые, но с тем же отношением 3 : 4 : 5.

Построение. Чертим отрезок прямой *AB,* равный четырем единицам длины (например, 400 мм), из точки *A* проводим дугу радиусом *R,* равным трем единицам длины (300 мм), а из точки *B* проводим дугу радиусом R_1, равным пяти единицам длины (500 мм), до пересечения с дугой, проведенной радиусом R, получим точку *C.* Соединив точку *C* с точками *A* и *B,* получим прямоугольный треугольник (рис. 2).

Выверка прямоугольного треугольника

При точном построении вышеуказанным способом прямоугольные треугольники точны, и их прямой угол равен 90°. Они обычно вырезаются из листового материала, для удобства делаются разных размеров и служат при разметке воздуховодов. Убедиться в правильности прямого угла можно следующим образом. На отрезке *CE* совмещается сторона AB прямоугольника и прочерчивается сторона *BF,* после чего его поворачивают на 180° вправо и опять совмещают сторону *AB* по прямой CE и прочерчивают сторону *BF*. Если прочерченные линии совпадают, то это говорит о том, что угол *ABF* прямой (т. е. 90°). При точной разметке все линии совпадают (рис. 3).

Деление прямого угла на 2 части

Из точки O (рис. 4, *а*) проводим дугу радиусом *R* до пересечения сторон OB и OA, получаем точки *1* и *2,* из которых тем же радиусом проводим взаимно пересекающиеся дуги. Точку пересечения дуг *3* соединяем с точкой *0*. Линия *O3* разделит прямой угол пополам.

Деление прямого угла на 3 части

Из точки O (рис. 4, *б*) проводим дугу произвольным радиусом *R* до пересечения сторон. Получаем точки *1* и *2*. Тем же радиусом делаем засечки на дуге из точек *1* и *2*. Получаем точки *3* и *4,* соединив которые с точкой *O* прямыми линиями, разделим угол на три части. Таким же образом можно разделить четверть окружности заданного радиуса на три части.

Деление окружности на 5 частей

Проводим окружность нужного радиуса (рис. 4, *в*), делим ее взаимно перпендикулярными диаметрами на четыре части (точки BDCF). Радиус окружности делим пополам (точка A). Из точки *A* радиусом *R1* проводим дугу до пересечения с диаметром *BC*. Получаем точку *E*. Из точки *D* радиусом *R2,* равным величине *DE,* делаем засечку на окружности (точка *1*). Хорда *D1* разделит окружность на 5 частей.

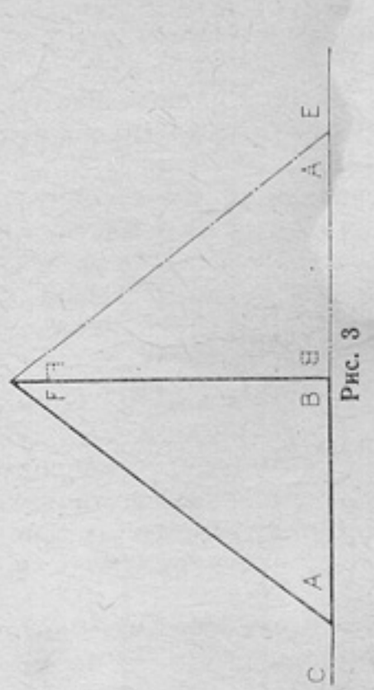


Рис. 3

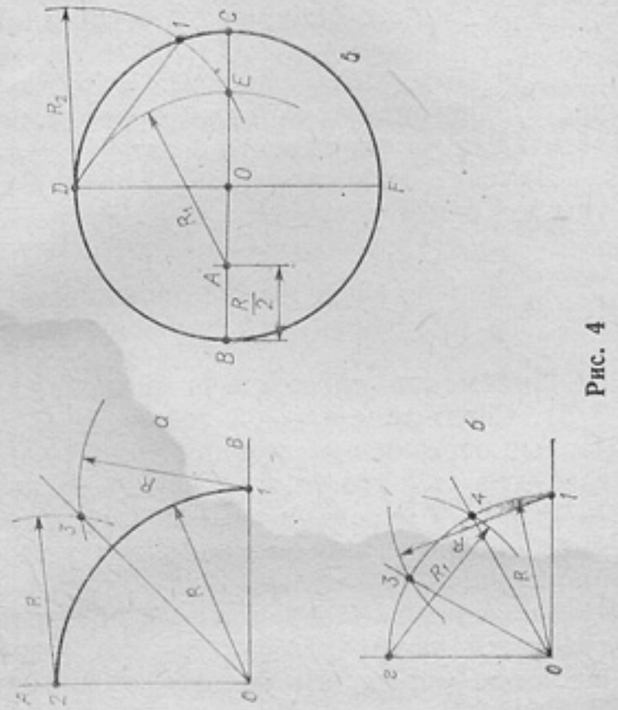


Рис. 4

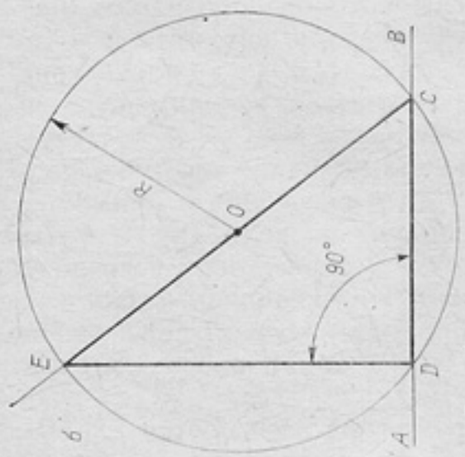
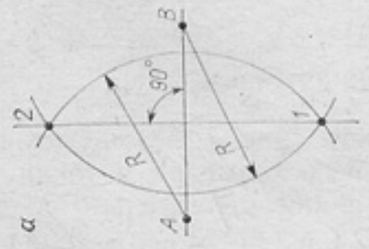


Рис. 1



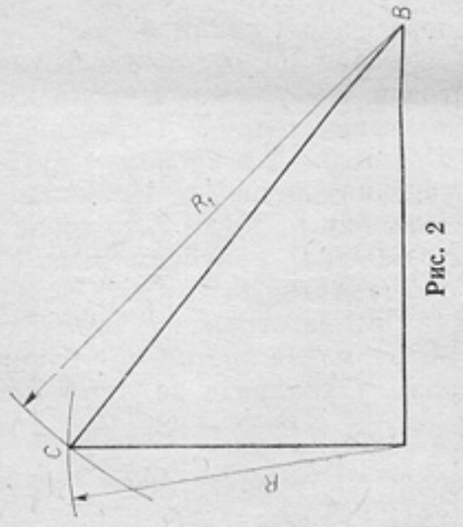


Рис. 2

Деление окружности на 6 и 12 частей

Для того, чтобы разделить окружность на 6 равных частей, достаточно радиус, которым проводилась окружность, отложить засечками на окружности 6 раз.

Деление окружности на 12 частей (рис. 5, *а*) производится так же, как деление угла и четверти окружности на 3 части.

Проведение окружности через три произвольно расположенные точки

Имеем три произвольно расположенные точки ABC (рис. 5, *б*). Соединяем прямой точки *A—B* и *B—C*. Разделим полученные отрезки при помощи радиуса *R*. Взаимно пересекающиеся дуги радиуса *R* из точек *A, B* и *C* пересекутся в точках *1—2* и *3—4*. Соединив точки *1—2* и *3—4* прямыми до их взаимного пересечения, получим точку *0*, т. е. центр окружности, проходящий через точки *A, B, C*.

Указанный способ можно использовать в тех случаях, когда требуется изготовить деталь или отводку препятствия, но невозможно определить радиус или диаметр.

Построение завитка по четырем центрам

Строим квадрат (рис. 6, *а*), углы которого обозначим цифрами *1—2—3—4*. Продлив каждую сторону квадрата в одну сторону, получаем линии *A, B, C, D*. Затем из точки *1* (рис. 6, *б*) радиусом, равным стороне квадрата, проводим дугу до пересечения линии *A*, получаем точку *5*.

Берем циркулем расстояние, равное величине от точки *4* до точки *5*. Из точки *4* проводим дугу до пересечения с прямой *B*, получаем точку *6*. Переставляем циркуль на величину от точки *6* до точки *3* и проводим дугу из точки *3* через точку *6* до пересечения с линией *C*. Получаем точку *7*. Переставляем циркуль на величину от точки *7* до точки *2* и проводим дугу до пересечения с линией *D*, получаем точку *8*. На этом и заканчивается построение завитка.

При изготовлении «улиток» вентилятора пользуются данным методом для построения боковых стенок его корпусов. При этом размер квадрата задается соответственно номеру вентилятора.

Квадрат, вписанный в окружность

Чтобы вписать квадрат в окружность (рис. 7, *а*), достаточно провести два взаимно перпендикулярных диаметра и точки их пересечения с окружностью *1—2—3—4* последовательно соединить (как хорды). Получим вписанный в окружность квадрат.

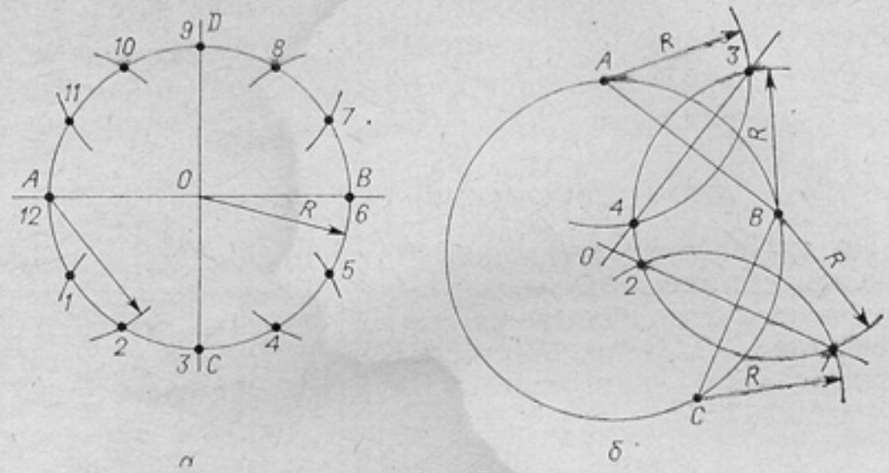


Рис. 5

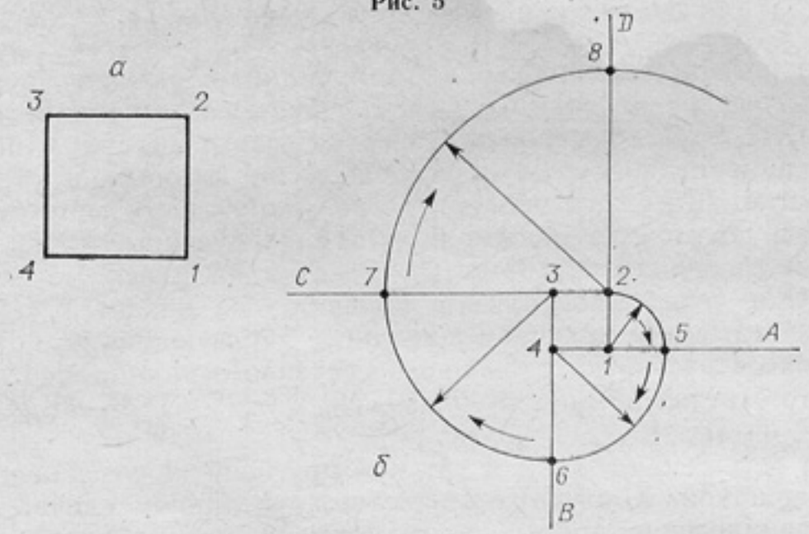


Рис. 6

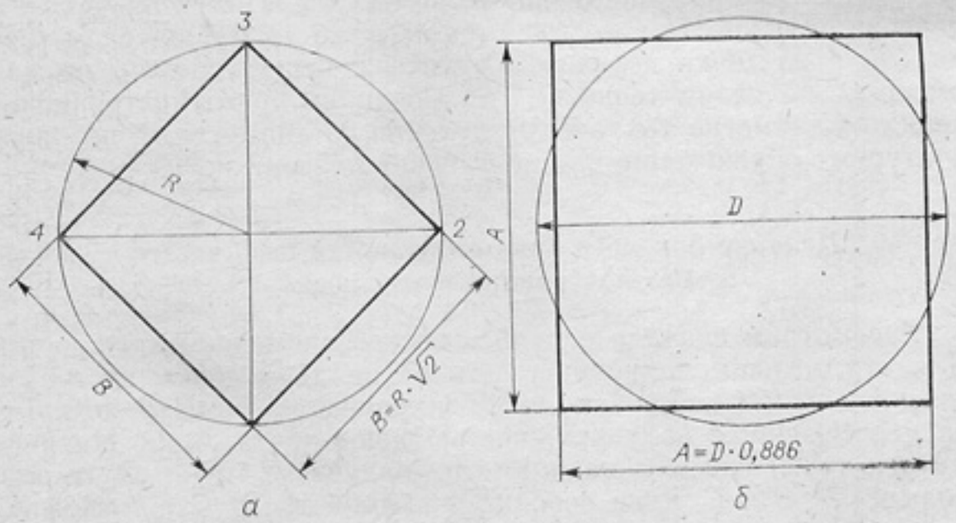


Рис. 7

Сделать это можно быстро математическим путем: сторона вписанного в окружность квадрата $B=R\sqrt{2}$, например R=100, вписанный квадрат равен $100\sqrt{2}=100\cdot 1{,}41=141$.

Квадрат, равновеликий по площади кругу

На практике иногда возникает необходимость, не изменяя площади сечения воздуховода, перейти с круглого сечения на квадратное. Это достигается математическим путем: $A=D\cdot 0{,}886$ (рис. 7, *б*), где *A* — сторона квадрата, *D* — диаметр воздуховода; 0,886 — коэффициент. Например, дан диаметр 200 мм: $200\cdot 0{,}886=177$.

Нахождение контурных образующих

На рис. 8, *а* изображен прямой цилиндр, верхняя часть которого усечена не параллельно плоскости его основания на величину *A*. Чтобы построить развертку такого цилиндра, необходимо нанести контуром образующие, по которым и строится развертка. Для этого проводится полуокружность диаметром *D*, которая делится на равных 6 частей. Полученные точки деления, обозначенные буквами *C*, сносятся на плоскость основания. Они делят фронтальную проекцию на 6 частей (1^{I}—6^{I}), в результате чего получаем контурные образующие, по которым и строится развертка указанного усеченного цилиндра. На рис. 8, *а* это отрезки прямых 0—0^{I}, 1^{I}—1^{II}, 2^{I}—2^{II}, 3^{I}—3^{II}, 4^{I}—4^{II}, 5^{I}—5^{II}, 6—6^{II}.

На рис. 8, *б* изображен прямой круговой конус с недоступной вершиной. Контурные образующие в данном случае наносятся аналогично предыдущему примеру, только здесь проводятся две полуокружности диаметром *D* и *d*. Полученные точки деления окружности *C* опускаются на диаметр d. Получаем точки *O6*, а из точки деления *c* опускаем перпендикуляр на диаметр *D*, получаем точки O^{I}—6^{I}. Соединив прямыми точки деления на диаметре *d* с точками деления на диаметре *D*, получим контурные образующие для построения развертки.

Деление бокового вида окружности на 6 частей без построения окружности

Рассмотрим сначала случай с построением полуокружности. Для этого делим полуокружность на шесть равных частей и опускаем из каждой точки перпендикуляры на диаметр, которые на пересечении с полуокружностью дают точки *A*, *C*. На рис. 9,*а* эти точки снесены на диаметр, получаем точки *O* (центр диаметра), *B* и *E*. Если соединить прямой точку *O* с точкой *A*, то получим треугольник *OAB* с углом 60° (рис. 9, *б*). Соединив

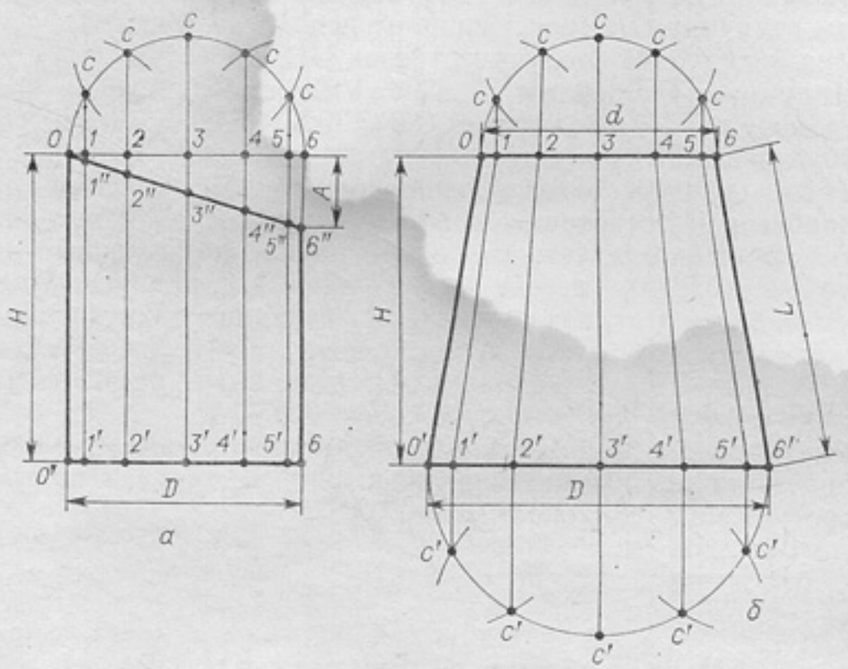


Рис. 8

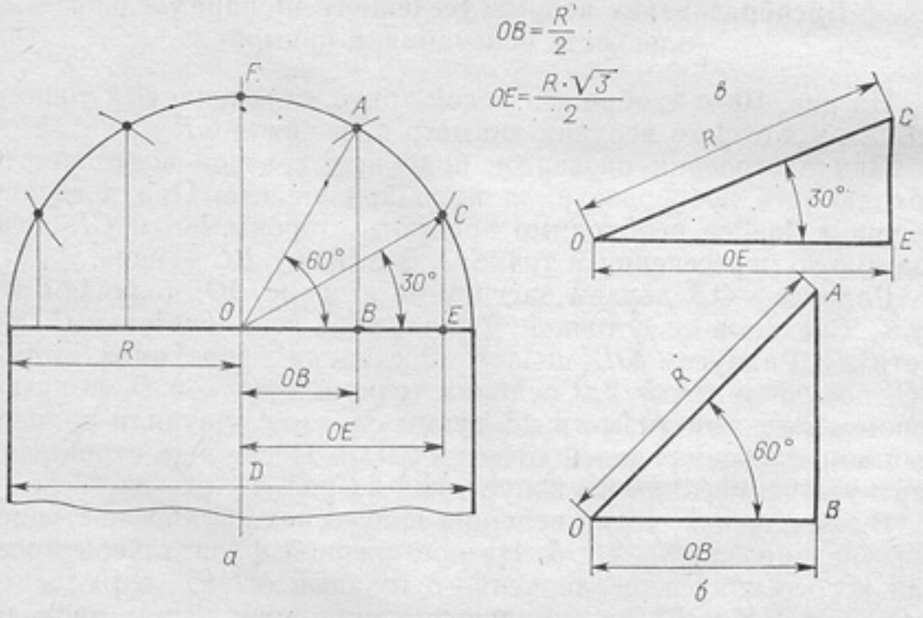


Рис. 9

точку O с точкой C, получим треугольник OCE с углом 30° (рис. 9, *в*).

Умножив радиус данной полуокружности на косинус 60°, получим величину OB (расстояние от центра до точки B), а умножив на косинус 30°, получим отрезок OE.

Например, $D=600$ мм, $R=300$. Умножив радиус на косинус 60° и косинус 30°, получаем: $OB=300\cdot0{,}5000=150$ мм, $OE=300\cdot0{,}8660=259{,}8$ мм.

Такое деление можно выполнить математическим путем, не прибегая к построению полуокружности и делению на шесть частей. Отсюда следует, что любой радиус, умноженный на косинус 60° (0,5000), всегда будет равен 1/2 радиуса. Поэтому точка B будет всегда находиться на середине радиуса. При нахождении точки E нужно перемножить радиус на косинус 30° (0,8660). Таким образом, при делении диаметра на шесть частей получим точку B: $OB=1/2\ R$ и $OE=0{,}8660\ R$.

Указанный способ верен для любого диаметра, во много раз ускоряет процесс разметки и очень удобен, так как не требует построения полуокружности.

II. РАЗМЕТКА ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ

Преобразование конуса, усеченного не параллельно плоскости основания, в прямой

На рис. 10, *а* изображен косой конус, ограниченный точками ABCD, у которого верхний диаметр d_1 и нижний d.

При построении разверток подобных конусов возникает необходимость преобразования их в правильные. При доступной вершине конуса необходимо продлить стороны DA и CB до их взаимного пересечения в точке O, а сторону BC — вниз.

Радиусом OB делаем засечку на стороне AO, получаем точку *1*. Соединив ее с точкой B, получаем вспомогательный диаметр d_3. Радиусом OD делаем засечки на продленной стороне BC, получаем точку *2*. Соединив точку *2* с точкой D, получаем вспомогательный диаметр d_2. Таким образом получили правильный конус, ограниченный точками *2D1B*. После чего строим развертку заданного косого конуса, как на рис. 24.

В тех случаях, когда вершина конуса недоступна, поступаем, как указано на рис. 10, *б*. На построенной фронтальной проекции косого конуса, ограниченного точками $MHPT$, параллельно сторонам MH и PT на одинаковом расстоянии от них проводим прямые линии (F—F, F_1—F_1) до их взаимного пересечения так, чтобы точка пересечения (S) находилась в пределах проекции

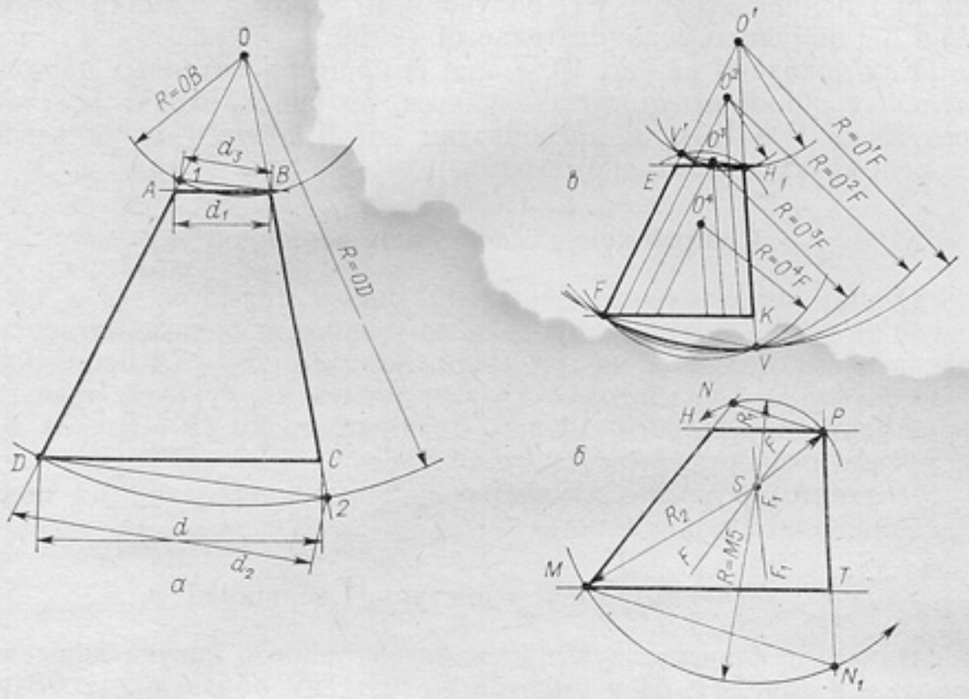


Рис. 10

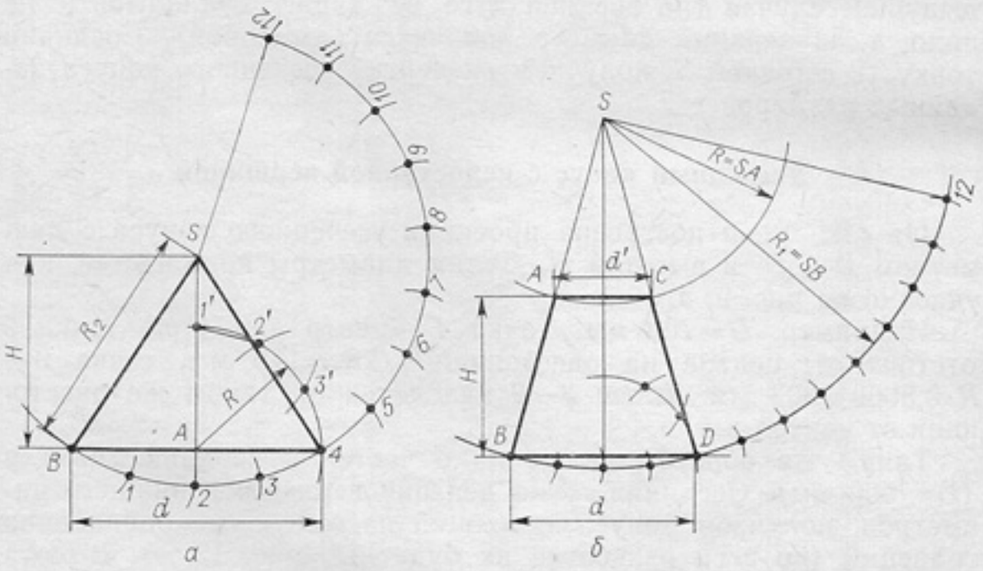


Рис. 11

конуса. Радиусом $R_1=SP$ делаем засечку на продленной стороне MH, получаем точку N. Радиусом $R_2=SM$ делаем засечку на продленной стороне PT, получаем точку N_1. Соединив точки M и N_1, получаем вспомогательный диаметр.

Как показано на рис. 10, *в*, при помощи проведенных параллельных линий центр дуг смещается, но они проходят все через точки V и V_1, т. е. преобразуют косой конус в правильный со вспомогательными диаметрами.

Полный конус с доступной вершиной

Строим фронтальную проекцию конуса диаметром d и высотой H (рис. 11, *а*). Радиусом R из точки A проводим четверть окружности, делим ее на три части. Радиусом $R_2=SB$ проводим дугу из точки S, а из точки B откладываем хорду *1—2*, равную 1/12 части окружности, 12 раз. Соединив точку *12* с точкой S, получаем развертку указанного конуса.

В зависимости от способа соединения прибавляем на шов (сварка, фальц или клепка).

Усеченный конус с доступной вершиной

Начертив фронтальную проекцию усеченного конуса диаметра d^1 и d (рис. 11, *б*) и высотой H, продлим образующие AB и CD до их взаимного пересечения в точке S. Радиусом $SB=R$ и $SA=R_1$ проводим дуги. На дуге, проведенной $R_1=SB$, откладываем хорду, равную 1/12 окружности диаметра d, как и в предыдущем случае (по верхней дуге ее длины откладывать не надо, т. к. верхний диаметр получится сам собой). Соединив точку 12 с точкой S, получаем развертку усеченного конуса заданных размеров.

Усеченный конус с недоступной вершиной

На рис. 12, *а* построена проекция усеченного конуса с диаметром D и D_1 и высотой H. Делим диаметры на 6 частей, как указано на рис. 9, *а*.

Например, $D=700$ мм. Точка *4* — центр диаметра, точка 5 отстоит от центра на расстоянии $1/2R=175$ мм, точка 6— $R\cdot 0{,}8660=303$ мм. Точки *3—2* находятся на таком же расстоянии от центра влево.

Таким же образом делим на 6 частей и верхний диаметр ($D=500$ мм). Соединив точки деления верхнего и нижнего диаметров, получаем конус, состоящий из отдельных равнобоких трапеций (во всей развертке их будет 12, рис. 12, *в*). Высота каждой трапеции будет $=L$, а размеры нижнего и верхнего оснований равны соответственно 1/12 хорды окружности, рис. 12, *б*.

Так при $D=700$ мм хорда 1/12 части окружности будет

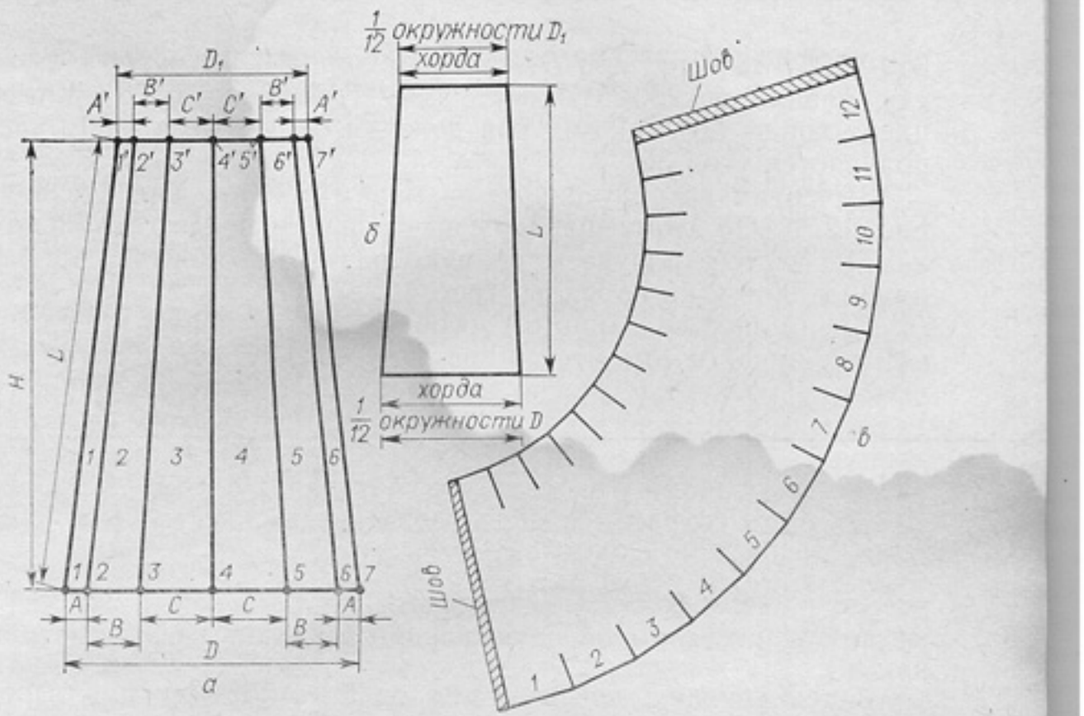


Рис. 12

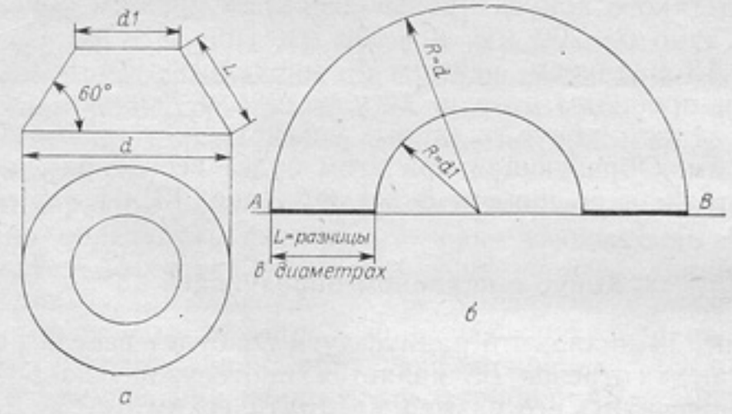


Рис. 13

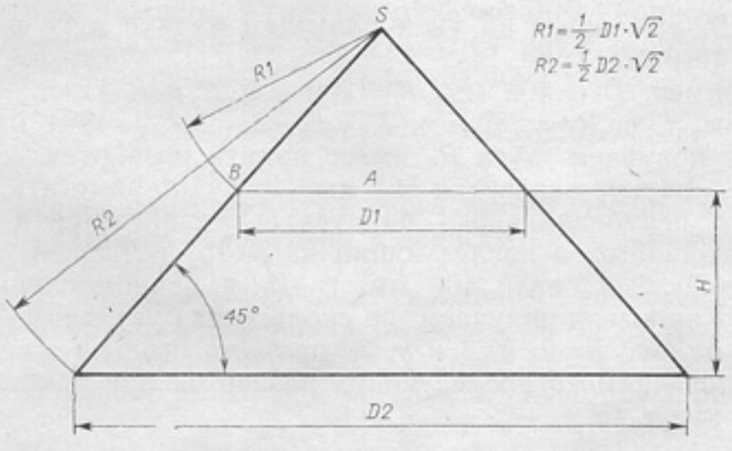


Рис. 14

$350 \cdot 5176 = 181$ мм, при $D_1 = 500$ мм хорда 1/12 части окружности равняется $250 \cdot 5176 = 128$ мм, где число 5176 — коэффициент хорды 30°, так как при делении окружности на 12 частей получается угол 30°.

Вычертим по полученным размерам шаблон, как указано на рис. 12, *б*. По этому шаблону вычерчиваем последовательно таких 12 частей, получаем полную развертку конуса, прибавив нужные припуски на фальц (рис. 12, *в*).

Преимущество данного способа разметки конуса с недоступной вершиной в том, что по подготовленному, как указано выше, шаблону развертку можно выполнить в различных вариантах. В зависимости от размера листового материала она может быть выполнена из 2 частей: из 7+5, 6+4, 8+4 и т. д., что дает возможность экономно расходовать материал, к тому же шаблон может быть сохранен и использоваться множество раз, чем не обладает ни один способ разметки.

Конус с наклоном образующей 60° с заданными диаметрами

В тех случаях, когда нужно сделать воронку или переход с одного диаметра на другой, но его высота не имеет значения, разметка такого конуса производится следующим образом. Например, дано $d = 200$ мм, $d_1 = 100$ мм (рис. 13, *а*). На отрезке прямой AB радиусом, равным d_1, проводим дугу 180°. Из этой же точки проводим вторую дугу радиусом, равным d, тоже на 180°. Получаем конус заданных диаметров, т. е. $d = 200$ мм и $d_1 = 100$ мм. Образующая при этом будет всегда равна разнице в диаметрах, а ее наклон будет 60° (рис. 13, *б*).

Конус с наклоном образующей 45°

Из рис. 14 видно, что радиус дуги D_1 будет всегда равняться BS, но так как отрезок BS является гипотенузой угла BAS, то нетрудно подсчитать его размер математическим путем. Для этого радиус D_1 умножаем на $\sqrt{2}$ и получаем радиус дуги развертки для диаметра D_1 (рис. 14).

Например, $D_1 = 400$ мм, $R = 200$ мм, $R_1 = R \cdot \sqrt{2} = 200 \cdot 1{,}41 = 282$ мм, т. е. $R_1 = 282$ мм. $R_2 = R_1 \cdot 2 = 282 \cdot 2 = 564$ мм. В результате получаем: дуга R_1 имеет радиус развертки 282 мм, а дуга R_2 — радиус развертки 564 мм. Нетрудно заметить, что при удвоении первоначального радиуса R_1 удваивается и R_2. При этом удваивается и последующий диаметр, т. е., если в нашем примере D_1 был равен 400 мм, то D_2 в данном случае будет 800 мм. Как вывод получаем: во сколько раз увеличим R_1 (возьмем ли радиус R_1 2, 3, 4 и т. д. раз), во столько же раз увеличивается диаметр последующих разверток при наклоне образующей конус 45°.

Нахождение радиуса, образующего развертку конуса, по разнице в диаметрах

Не строя проекцию конуса, можно по разнице в его диаметрах определить радиус дуги развертки, образующей конус. Для этого подсчитываем разницу в диаметрах. Пусть она будет 100 мм, делим ее пополам, получаем 50 мм, а высота конуса 300 мм. Чертим прямоугольник со стороной $A = 50$ и высотой H, равной заданному (рис. 15, *а*). Проводим диагональ BE. После этого определим, сколько раз сторона A (50 мм) уложится в половине диаметра d_1 (рис. 15, б). Предположим, что эта величина уложилась 2,5 раза (т. е. не полностью, а какая-то ее часть). Откладываем эту часть на вычерченном прямоугольнике (на рис. 15, *б* она равна отрезку $B—4$). На прямоугольнике откладываем отрезок вправо от точки B, получаем отрезок $B—4$. Из точки *4* восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с диагональю BE, получаем точку пересечения S'.

Так как отрезок A в половине диаметра d_1 в нашем примере уместился 2,5 раза, значит, берем две полные диагонали $B—E$ и плюс отрезок неполной диагонали, т. е. отрезок BS'. Общая сумма и даст величину радиуса дуги, по которой строится развертка конуса. По диаметру d_1, отняв диагональ B—E, получим второй радиус по диаметру d.

На рис. 15, *б* вычерчены конус и вспомогательные построения, поясняющие доказательства правильности данного способа определения радиусов по разнице в диаметрах. Таким способом можно определить любой радиус, не прибегая к построению проекции.

Например, при разбивке конусного воздуховода любой длины можно определить последовательное уменьшение диаметра последовательно составляющих конусов по всей линии.

Математическое определение дуг, образующих развертку конуса с недоступной вершиной. Формула приведена на чертеже *15, в*, где L — наклонная образующая конуса, ABC — прямоугольный треугольник, у которого сторона $AB = 1/2$ разницы в диаметрах нижнего и верхнего основания конуса, сторона BC = заданной высоте конуса. По этим двум сторонам (катетам) определяем величину L (гипотенуза):

$$L = \sqrt{AB^2 + BC^2};\ R_1 = L \cdot D/(D—d);\ R_2 = R_1 — L.$$

Построение развертки усеченного эллиптического конуса с круговым основанием и недоступной вершиной

На рис. 16, *а* показан вид указанного конуса. Диаметры верхнего и нижнего основания смещены на величину C.

Для построения развертки указанного конуса поступаем следующим образом. Превращаем фронтальную проекцию в пря-

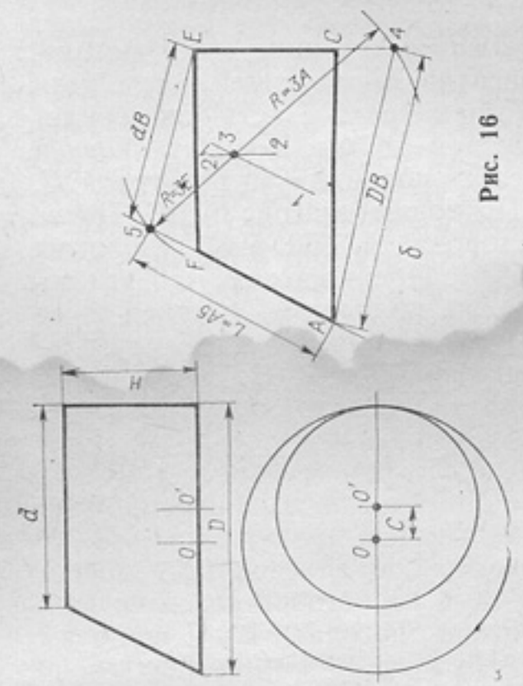


Рис. 16

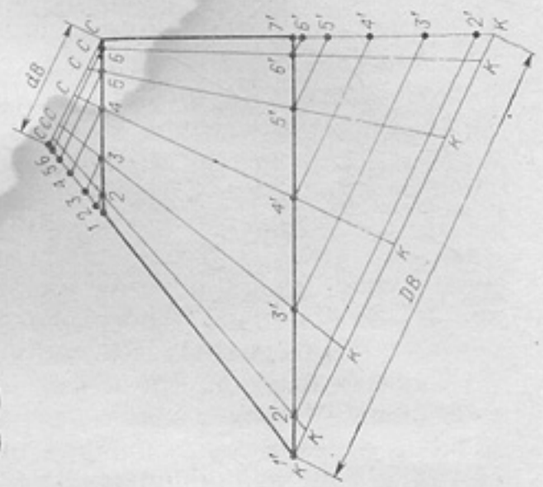


Рис. 17

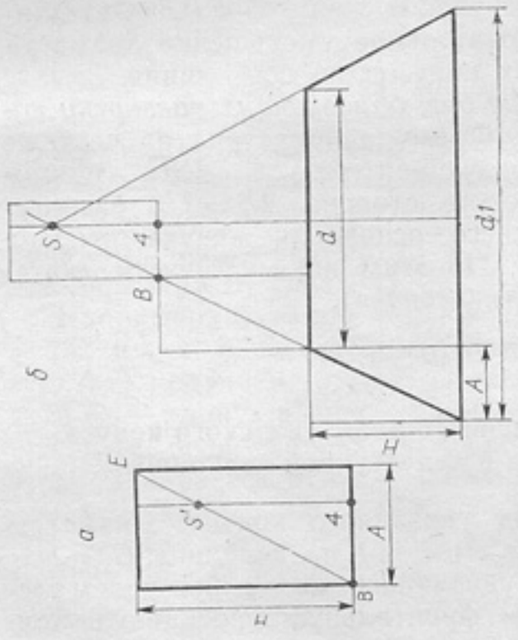


Рис. 15

мой конус, для чего поступаем, как было указано в рис. 10, т. е. параллельно образующим *AF* и *CE* проводим две прямые на одинаковом расстоянии от образующих. Получаем точку *3* (пересечение линий *1—1* и *2—2*), из точки пересечения *3* (рис. 16, *б*) радиусом, равным *3—A*, делаем засечку на продленной образующей *EC*. Получаем точку *4*, далее из точки *3* радиусом, равным *3E*, делаем засечку на продленной образующей *AF*. Получаем точку *5*. Соединив точку *5* с точкой *E*, получаем вспомогательный диаметр *dB*. Соединив точку *4* с точкой *A*, получаем вспомогательный диаметр нижнего основания *DB*. Таким образом, получаем прямой конус, ограниченный точками *5—E—4—A* (рис. 16, *б*).

Разбиваем вспомогательные диаметры *dB* и *DB* на шесть частей, соединяем точки деления верхнего и нижнего основания *dB* и *DB* прямыми линиями, получаем образующие, которые пересекут диаметры заданного конуса в точках *2—3—4—5—6* и в точках $2^1—3^1—4^1—5^1—6^1$ (рис. 17). Параллельно диаметру *dB* и *DB* сносим точки деления на правую образующую.

Вычерчиваем шаблон 1/12 развертки полного прямого конуса (рис. 18, *а*). По полученному шаблону вычерчиваем полную развертку прямого конуса (рис. 18, *б*). Снеся последовательно на левую образующую точки деления 2—3—4—5—6, пронумеровываем их на левой боковой образующей (рис. 17). Таким же образом сносим точки деления нижнего основания на правую образующую, т. е. точки $2^1—3^1—4^1—5^1—6^1$ и также их пронумеровываем.

Обозначим точки деления вспомогательного диаметра *dB* буквой *C*, а точки деления вспомогательного нижнего диаметра *DB* — буквой *K*. На развертку полного конуса, на его образующие сносим отрезки с левой образующей поочередно (рис. 17). *C—1, C—2, C—3, C—4, C—5, C—6*. Соединив точки *1—2—3—4—5—6—7*, получаем 1/2 развертки верхнего основания конуса. Повторив то же самое вправо, получим контур кривой второй половины развертки или по вырезанной заштрихованной части обчерчиваем вторую половину развертки.

Таким же образом откладываем отрезки от точек *K—K—2, K—3, K—4, K—5, K—6*. Получаем контур кривой развертки нижнего основания конуса.

Изложенное последовательное описание построения указанного выше способа дает вполне ясное представление о построении развертки по рис. 16—18.

Построение развертки конуса со смещенными центрами оснований при помощи разбивки на треугольники

В тех случаях, когда конус имеет небольшую высоту, но большие диаметры верхнего и нижнего оснований, а центры оснований смещены, приходится прибегать к другому методу по-

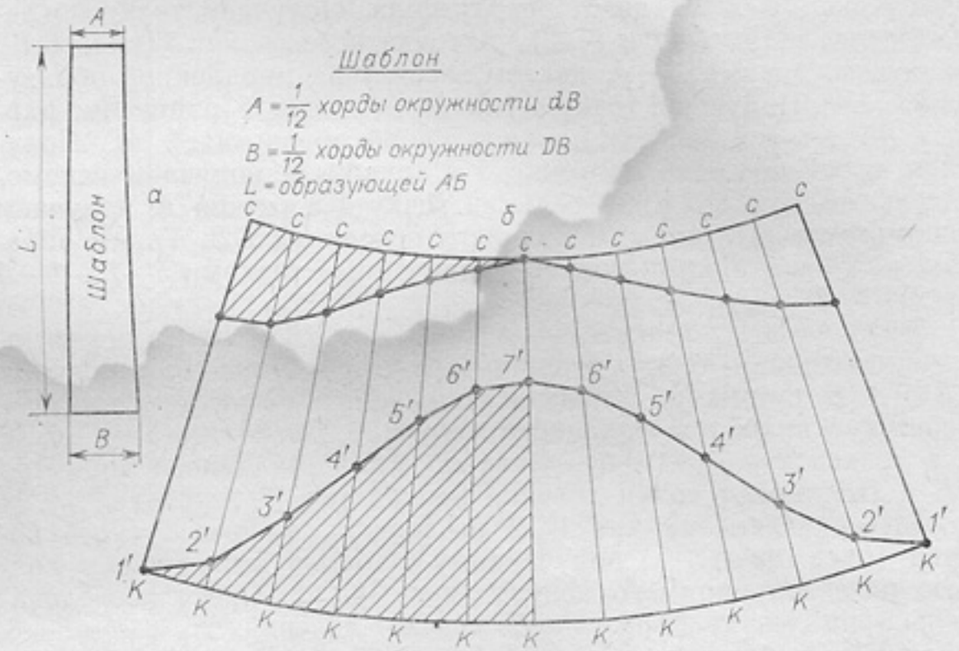


Рис. 18

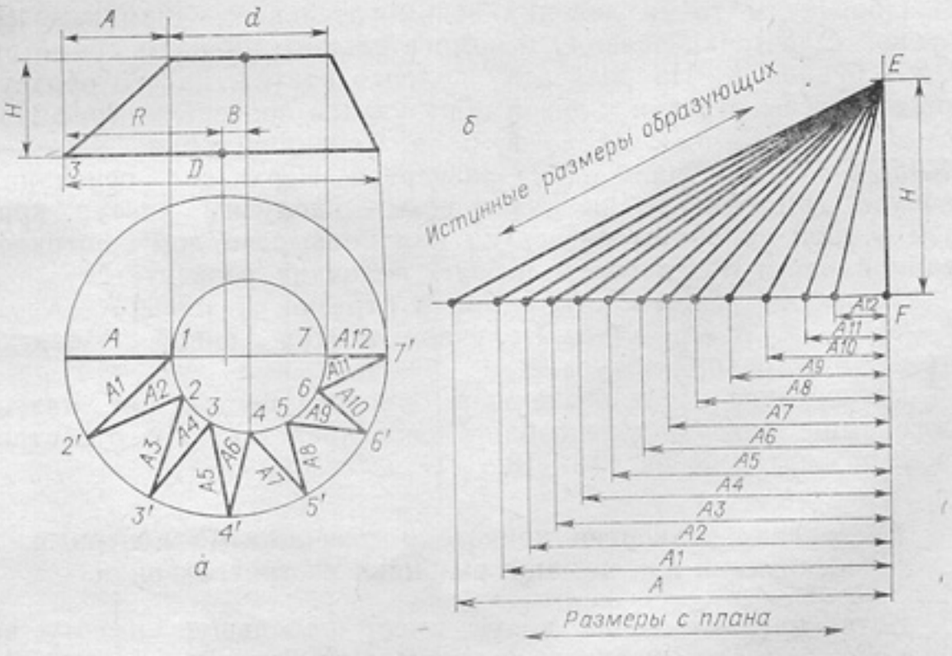


Рис. 19

строения. Проводим прямую, равную нижнему основанию. Параллельно ей проводим вторую прямую на заданной высоте H из центра нижнего основания, отступив на величину смещения верхнего основания B, восстанавливаем перпендикуляр. От точки пересечения перпендикуляра с верхней параллельной прямой вправо и влево откладываем по половине величины диаметра верхнего основания (точки *1—2*). Соединив точки *1—2* с точками *3—4* (диаметр нижнего основания), получаем фронтальную проекцию конуса, ограниченного точками *1—2—3—4* и высотой H. После этого чертим план конуса. Половину его вида в плане — полуокружность верхнего основания — делим на 6 частей, получаем точки *1—2—3—4—5—6—7*. Разделив полуокружность нижнего основания также на 6 частей, получаем точки $1^1—2^1—3^1—4^1—5^1—6^1—7^1$. Соединяем полученные точки в следующем порядке (рис. 19, *а*): $1^1—1$, $1—2^1$, $2^1—2$, $2—3^1$, $3^1—3$, $3—4^1$, $4^1—4$, $4—5^1$, $5^1—5$, $5—6^1$, $6—7^1$, $7^1—7$. Получаем образующие $A—A_1—A_2—A_3—A_4—A_5—A_6—A_7—A_8—A_9—A_{10}—A_{11}—A_{12}$ в плане. Так как образующие на плане не являются истинными образующими и для построения развертки не могут быть применены, необходимо определить их истинную величину.

Для определения истинных величин образующих проводим отрезок горизонтальной прямой (рис. 19, *б*), из точки F восстанавливаем перпендикуляр FE, равный высоте заданного конуса. На горизонтальной прямой от точки F влево откладываем длину всех образующих с плана $A—A_1 \ldots A_{12}$. Все точки отложенных размеров соединяем с точкой E на перпендикуляре. Эти отрезки и будут истинными величинами образующих.

Теперь надо определить хорды 1/12 окружностей D и d. Например, в данном случае $D=600$ мм, $R=300$ (хорда 155 мм), $d=400$ мм, $R=200$ (хорда 103 мм).

Хорды 1/12 окружностей будут равны:

$R \cdot 5176 = 300 \cdot 5176 = 155$ мм (сотые округлены); $R \cdot 5176 = 200 \cdot 5176 = 103$ мм (сотые округлены).

Получив все данные, можем приступить к разметке развертки (рис. 20). Проводим прямую, равную истинной величине образующей A. Из точки 1 проводим дугу $R=A_1$, из точки 1^1 проводим дугу R1. В пересечении получаем точку 2^1, из точки 2^1 проводим дугу $R=A2$, из точки *1* радиусом $R2$ проводим дугу, пересечение — точка *2*. Из точки *2* радиусом $A3$ проводим дугу. Из точки 2^1 проводим дугу R^1: пересечение — точка 3^1. Из точки 3^1 проводим дугу $R=A4$, из точки *2* проводим дугу R_2: пересечение — точка 3. Из точки *3* проводим дугу $R=A_5$, из точки 3^1 проводим дугу R_1: — пересечение — точка 4^1, из точки 4^1 проводим дугу $R=A_6$, из точки *3* проводим дугу R_2: пересечение — точка *4*, из точки *4* проводим дугу $R=A_7$, из точки 4^1 проводим дугу R_1: пересечение — точка 5^1, из точки 5^1 проводим дугу $R=A_8$, из точки *4* проводим дугу R_2: пересечение — точка *5*. Из точки *5* проводим дугу $R=A_9$, из точки 5^1 проводим дугу

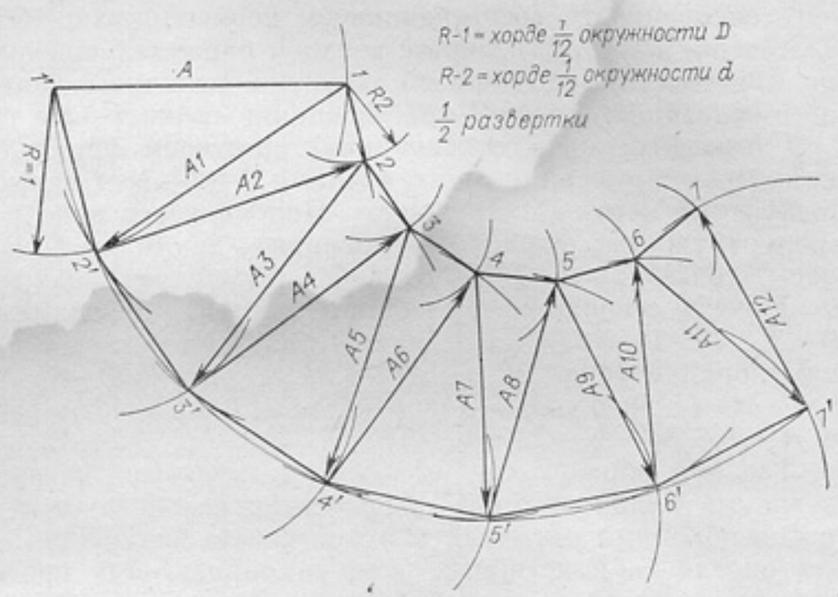


Рис. 20

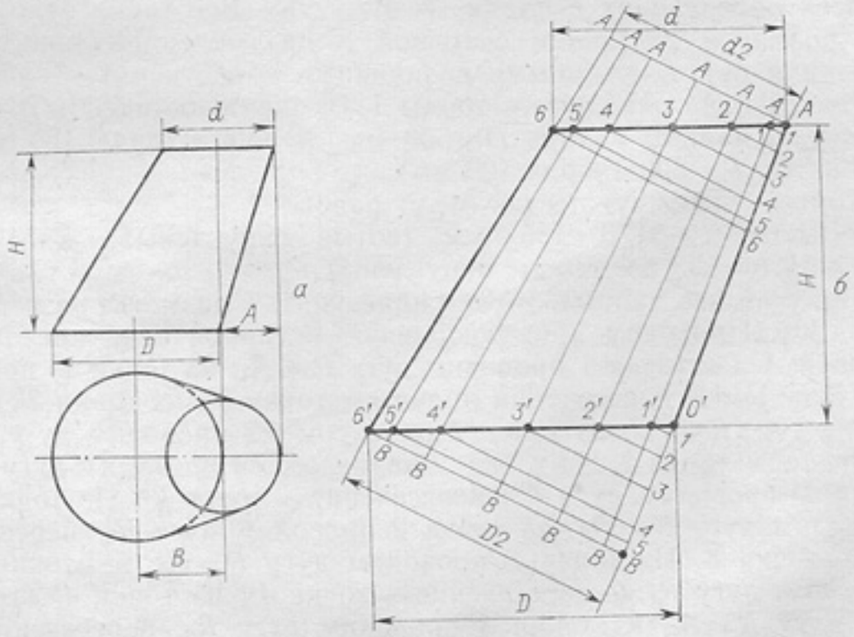


Рис. 21

R_1: пересечение — точка 6^1, из точки 6^1 проводим дугу $R = A_{10}$, из точки 5 проводим дугу R_2: пересечение — точка 6. Из точки 6 проводим дугу $R = A_{11}$, из точки 6^1 проводим дугу R_1: пересечение — точка 7^1. Из точки 7^1 проводим дугу $R = A_{12}$, из точки 6 проводим дугу R_2: пересечение — точка 7.

Соединив точки 1—2—3—4—5—6—7 и точки 1^1—2^1—3^1—4^1—5^1—6^1—7^1 прямыми линиями, получаем контур 1/2 развертки данного конуса. При окончательной вырезке необходимо прибавить соответствующие припуски в зависимости от рода соединения заготовки после скругления и от рода соединения готового конуса с другими элементами воздуховода.

Построение развертки усеченного конуса, центр верхнего основания которого смещен за пределы нижнего основания

На рис. 21, *а* показан боковой вид конуса, центр верхнего основания смещен на величину B по отношению к нижнему основанию (см. план).

Для построения развертки указанного конуса достаточно построить его боковой вид (рис. 21, *б*). Построение же развертки производится аналогично построению конуса, показанного на рис. *16—18*. Необходимо заметить, что метод построения развертки подобных конусов остается тот же, независимо от величины смещения оснований. Развертка конуса, показанного на рис. 21, *б*, приведена на рис. 22 (1/2 развертки), а вторая половина размечается аналогично левой стороне.

Построение конуса, усеченного не параллельно плоскости основания, с доступной вершиной и его развертка

Построение (рис. 23): проводим отрезок прямой, равной диаметру нижнего основания D. На заданной высоте H проводим параллельно основанию вторую прямую АА, от перпендикуляра высотой H откладываем величину E параллельно уклону конуса, получаем точку 1. Из точки 1 проводим дугу радиусом, равным диаметру верхнего основания конуса d. Параллельно основанию проводим отрезок прямой B—B на высоте угла наклона диаметра d. Пересечение линии B—B с дугой $R = d$ дает точку 2. Теперь отрезок 1—2 будет равен заданному d. Таким образом, получили фронтальную проекцию конуса, усеченного не параллельно основанию. Смещение центров верхнего и нижнего основания для построения развертки не имеет значения, оно может быть различным, так же как и величина наклона d. Принцип построения развертки остается тот же.

На рис. 24 построенный выше конус повторен без описания его построения, и показан способ получения его развертки. Он аналогичен описанным предыдущим и так же делится его про-

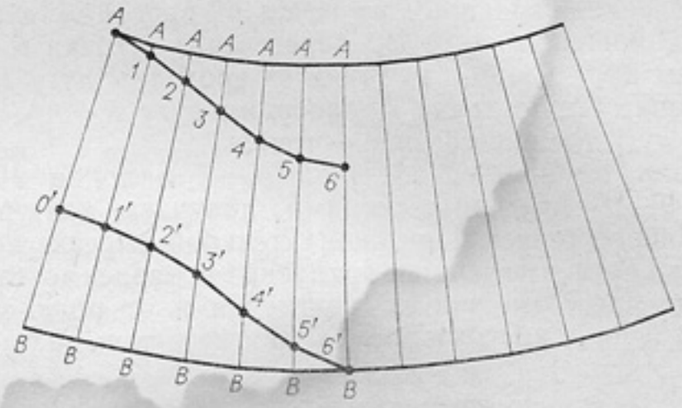


Рис. 22

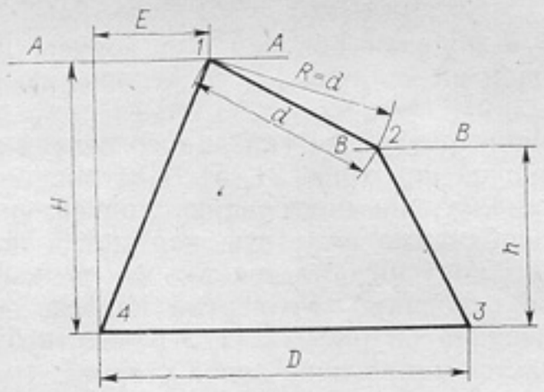


Рис. 23

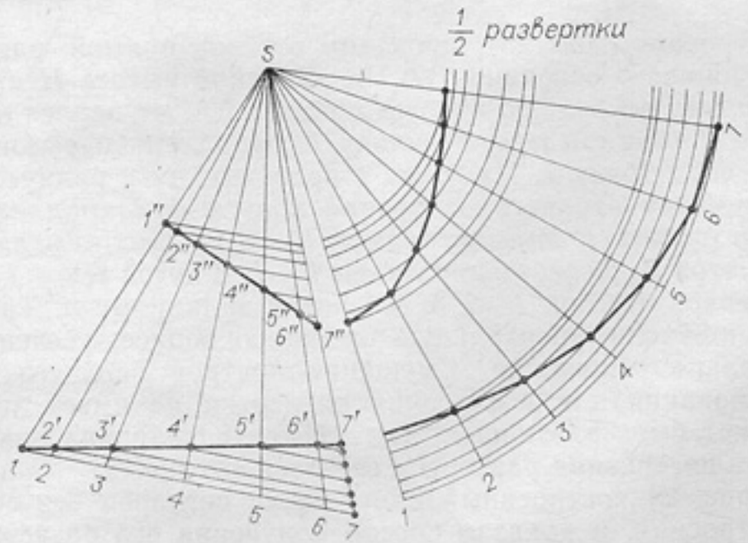


Рис. 24

екция диаметров на 6 частей, находятся образующие и точки деления на образующих. Построение развертки производится при помощи циркуля. Точки деления образующих *1″—2″—3″—4″—5″—6″—7″* и точки *1′—2′—3′—4′—5′—6′—7′* сносятся на правую крайнюю образующую, радиусами из всех точек последовательно чертятся дуги из одного центра *S*. После этого на крайней нижней дуге откладывается шесть хорд 1/12 окружности диаметра *D*, точки нанесенных хорд 1—2—3—4—5—6—7 соединяются с центром *S*. Контур развертки получается после того, как мы диагоналями соединим последовательно точки пересечения прямых образующих с радиусами. Верхняя правая пойдет вверх, нижняя — сверху вниз. На рис. 24 показана 1/2 развертки, получение второй половины не представляет труда.

Разметка конусного воздуховода

При изготовлении конусного воздуховода, состоящего из последовательно уменьшающихся конусов, необходимо рассчитать, насколько будет уменьшаться каждое звено.

Например, дан воздуховод (рис. 25, *а*) длиной 5000 мм, начальный диаметр 800 мм, конечный диаметр 300 мм. В зависимости от формата листов определяем, из скольких звеньев будет изготавливаться воздуховод. Предположим, из четырех звеньев. Значит, каждое звено будет уменьшаться при разности начального диаметра 800 мм и конечного 300 мм на 500 мм. Разделив разницу в диаметрах на 4, получим 125 мм. Это значит, что каждое звено будет уменьшаться в диаметре на 125 мм, т. е. 800—675, 675—550, 550—425, 425—300. Чтобы разметить звенья конусов данного воздуховода, достаточно вычертить начальный конус с диаметрами 800 и 675 мм — конус *1* (рис. 25, *б*). После этого положим развертку конуса кривой АВ на край листа, чтобы кривая *АВ* находилась в пределах листа. Очерчиваем кривую АВ, а стороны *LL* продлеваем параллельно кривой АВ, прочерчиваем кривую *Cd*, получаем звено *2*. По звену *2* таким же образом размечаем звено *3* (*EF*) и т. д. (рис. 25, *в*).

Принципиально таким же образом (рис. 26, *а*) производится расчет и разметка квадратного или прямоугольного конусного воздуховода с той лишь разницей, что квадратный и прямоугольный отвод имеет четыре конусные стенки. Поэтому расчет уменьшения сечения каждого звена нужно делать по двум сторонам для прямоугольного сечения, а если воздуховод квадратный, то достаточно одного начального шаблона.

На рис. 26, *б* показана закономерность вышеуказанного расчета и построения звеньев воздуховода.

Отвод круглый 90°

На рис. 27, *а* показан круглый отвод, состоящий из четырех звеньев и двух стаканов, каждое звено имеет форму цилиндра,

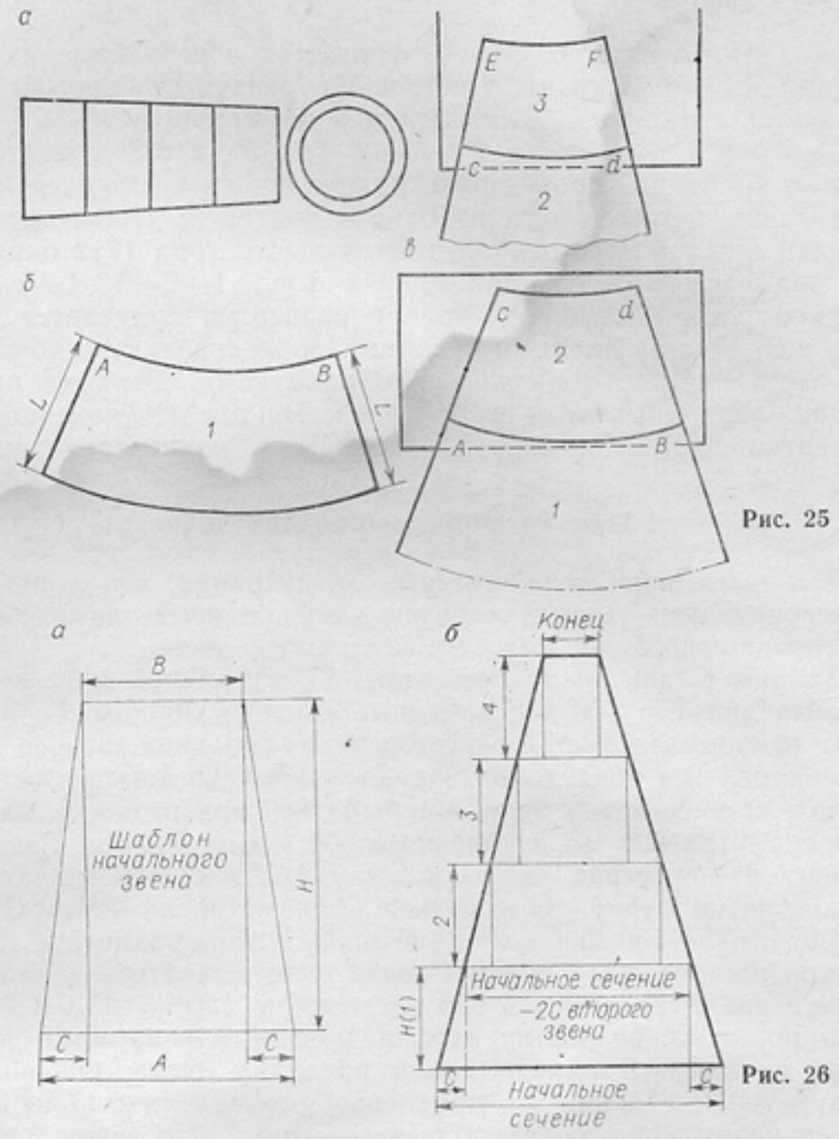


Рис. 25

Рис. 26

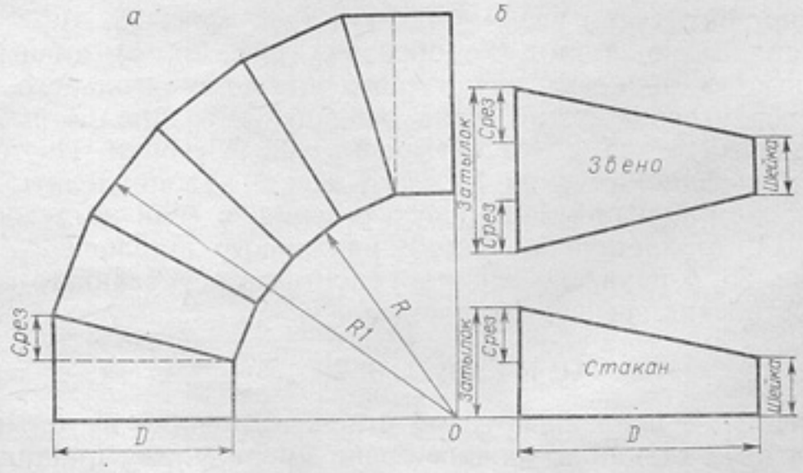


Рис. 27

усеченного с двух сторон не параллельно плоскости основания. Узкая часть звена называется шейкой, а широкая часть — затылком. Размер затылка складывается из величины шейки и двух срезов (рис. 27, *б*). Стакан имеет 1 срез и шейку. Как видно из рисунка, образующие затылок и шейку стакана расположены под прямым углом по отношению к основанию D, радиусы R (внутренний) и R_1 (наружный) задаются. Количество звеньев и стаканов может быть различно. На практике обычно количество звеньев со стаканами 3, 5, 7. На рисунке имеем 2 стакана и 4 звена.

Для изготовления заданного отвода необходимо по заданным величинам R—R_1 и D произвести расчет величины шейки, затылка и среза.

Например, дано $R=300$ мм, количество звеньев 4, количество стаканов 2 (всегда), диаметр отвода 400 мм. Находим величину шейки ($1{,}57 \cdot R/n = 15{,}7 \cdot 300/6 = 78{,}5$, где $1{,}57 = \pi/2$; n — количество стаканов и звеньев вместе) и величину среза ($1{,}57 \cdot 400/(c-2) = 628/10 = 62{,}8$, где $c-2$ — количество срезов в отводе). Так как в нашем примере отвод состоит из четырех звеньев по два среза $4 \cdot 2 = 8$ и двух стаканов по одному срезу $2 \cdot 1 = 2$, то всего 10 срезов.

Отсюда получаем: шейка равна 78,5 мм, срез — 62,8 мм.

Получив эти данные, можем приступить к разметке стакана отвода, по которому вычерчиваются звенья как по шаблону.

Разметка шаблона. Проводим прямую *F—F1*. На ней откладываем отрезок, равный 1/2 развертки (из примера, приведенного выше, 628 мм), получим точку *A*. Параллельно ей проводим прямую *m—K* на расстоянии величины шейки плюс припуск на торцевой фальц 15 мм, т. е. $78{,}5+15=93{,}5$ мм. Из точек *F* и *A* восстанавливаем перпендикуляры. От точек *m* и *K* на перпендикулярах откладываем величину среза (62,8 мм), получаем точки *E* и *E′*, соединяем эти точки между собой. От точки *K* откладываем величину диаметра (400 мм), от точки *E* также откладываем величину диаметра (400 мм), получаем точки *1* и *2*. Отрезок *2—E′* делим пополам, получаем точку *M*. Делим пополам отрезок *m—1*, получаем точку *N*. Точки *N* и *M* соединяем прямой и получаем отрезок *M—E′*, делим пополам и находим точку *4*. Отрезок *M—4* переносим на линию *MN*, находим точку *5*. Точки *5—4* соединяем. Отрезок *4—E′* делим пополам и получаем точку *6*, размер *4—6* переносим на линию *4—5*, получаем точку *7*. Из точки *5* откладываем размер *4—6* на линию *5—4* и на линию *MN*, получаем точки *8—9*, соединяем их по прямой. То же самое проделываем из точки *N*, отрезок *mN* делим пополам, получаем отрезок *10—N*, откладываем на линии *NM*, получаем точку *11*. Соединяем прямой точки *10* и *11*, отрезок *m—10* делим пополам, получаем точку *12*. Размер *12—10* переносим на линию 10—11, получаем точку, соединяем точки *13* и *12* прямой и получаем размер *12—10*, из точки *11*

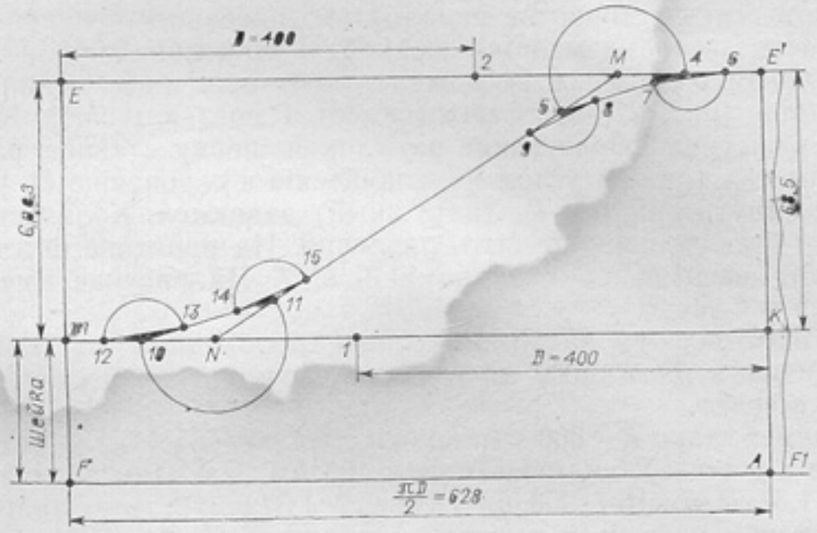


Рис. 28

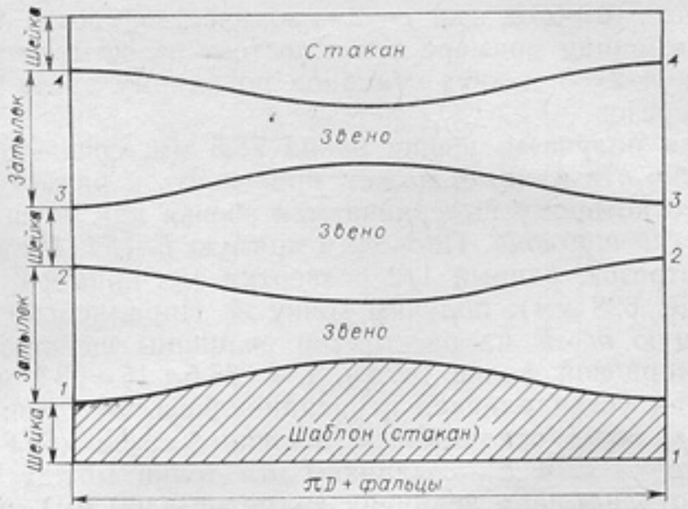


Рис. 29

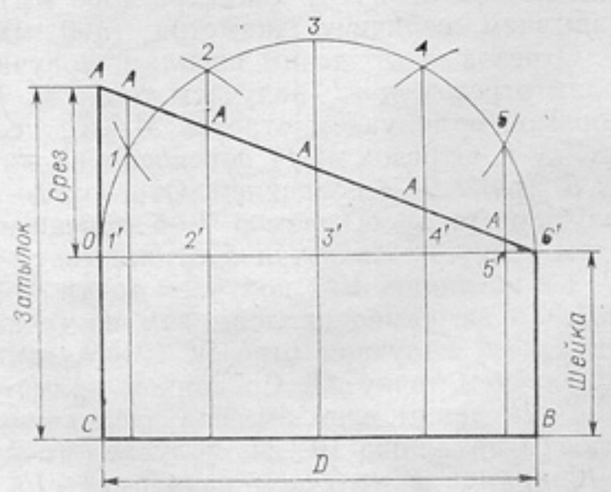


Рис. 30

откладываем на линии *NM* отрезок *11—10,* получаем точки *14—15,* соединяем их прямой. Получаем 1/2 развертки, теперь вырезаем по линиям *n—12, 12—13, 13—14, 14—15, 15—9, 9—8, 8—7, 7—6, 6—E'*. По вырезанной верхней части очерчиваем вторую половину шаблона, вырезаем полностью и получаем шаблон стакана отвода (сделав припуски на продольные фальцы, рис. 28).

На рис. 29 показан шаблон — стакан (заштрихован), по которому размечается необходимое число звеньев и стаканов. Разметка производится следующим образом: от края листа отмечаем длину шаблона (πD+фальцы), от полученной отметки параллельно вертикальному краю листа проводим прямую. По краю листа слева и по проведенной прямой справа откладываем поочередно размер шейки+затылок+шейка+затылок+ +шейка+затылок+шейка в зависимости из количества звеньев, из которых будет изготавливаться отвод+два стакана. Конечно, если по данному шаблону изготавливается несколько отводов, то общее количество суммируется.

Отложив указанные размеры шеек и затылков, накладываем концы верхней кривой на отметку *1,* прочерчиваем кривую, поворачиваем шаблон на 180°, концы кривой совмещаем с отметками *2—2,* опять прочерчиваем кривую. Опять поворачиваем шаблон на 180°, совмещаем концы кривой с отметками *3—3.* Аналогичным способом повторяем проведение кривой от точек *4—4* и т. д. Разметив таким образом нужное количество звеньев и стаканов, вырезаем их по проведенным кривым, получаем части отвода. Данный способ раскроя имеет отходы только по длине развертки, по кривым линиям нет отходов. За счет того, что продольные фальцы будут расположены поочередно на 180° от одного звена к другому, можно получить звенья, фальцы которых будут расположены по внутреннему радиусу отвода. Для этого все звенья надо вычертить так, как (рис. 29) звено *3* (кривые которого идут от точек *2—2* и *3—3*). Это приведет к ненужной потере материала в виде отходов. Обычно при изготовлении нескольких отводов размеченные вышеуказанным способом звенья при изготовлении отводов подбирают так, чтобы в одном отводе фальцы были в одну сторону, а в другом — в другую. Указанный способ разметки шаблона стакана является лучшим, удобным и быстрым, а также дающим точный профиль кривой среза, не требующей дальнейшей подрезки и подгонки, что очень важно, так как в изготовлении вентиляционных установок приходится иметь дело с воздуховодами больших диаметров и из довольно толстого материала.

Геометрический способ разметки шаблона стакана круглого отвода. Чертим боковой вид стакана отвода (рис. 30). Для этого проводим прямую, равную диаметру отвода D. Из точки С восстанавливаем перпендикуляр, равный затылку стакана, а из точки В — перпендикуляр, равный шейке. Соединяем от-

ложенные точки на перпендикулярах прямой. Получаем контур цилиндра, усеченного не параллельно плоскости основания. Проводим параллельную линию на высоте шейки. Получаем величину среза стакана (ОА), делим проведенную линию пополам. Из полученной точки проводим полуокружность радиусом диаметра D, делим полуокружность на 6 частей, из точек деления 1—2—3—4—5, опускаем перпендикуляры на прямую D, которые пересекут прямую 0—6 в точках 1′—2′—3′—4′—5′, а наклонную прямую — в точках, обозначенных одинаковой буквой А, после чего можем приступить к построению развертки.

Строим прямоугольник со стороной, равной затылку (по вертикали), и стороной, равной 1/2 развертки заданного диаметра. Параллельно отрезку 1/2 πD проводим параллельную линию на высоте, равной величине шейки. Делим прямоугольник по его длине на 6 равных частей, от прямой 0—6′ на перпендикулярах деления откладываем отрезки О—А (он остается полностью), 1′-А, 2′-А, 3′-А, 4′-А, 5′-А. Соединив последовательно слева направо все точки А, получаем 1/2 кривой среза стакана отвода. По вырезанной заштрихованной части очерчиваем вторую половину кривой шаблона стакана (рис. 31).

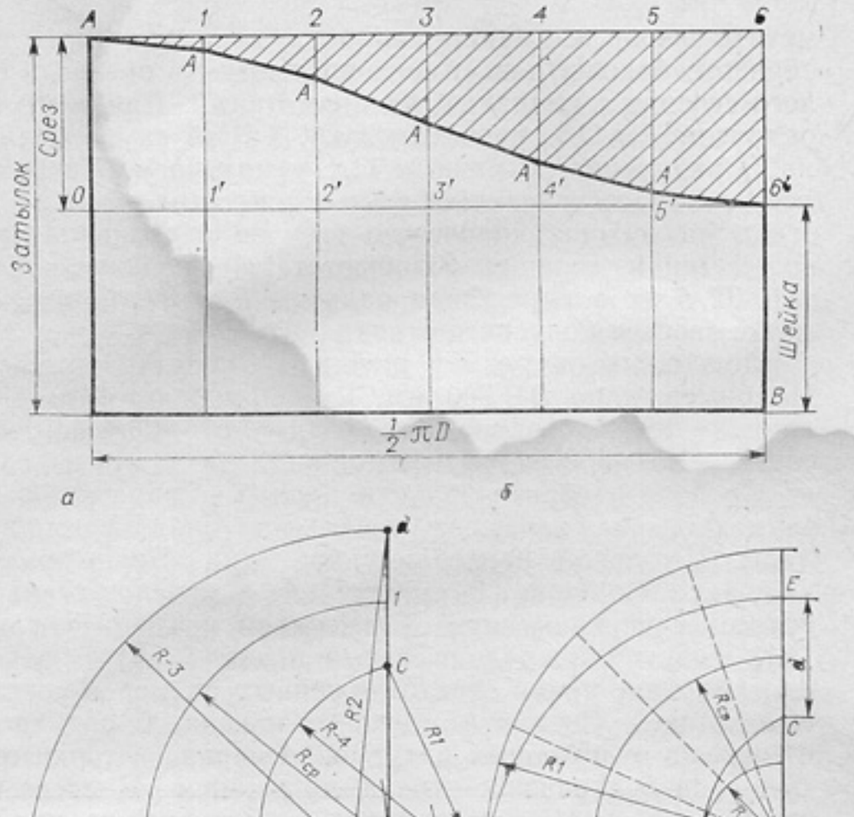


Рис. 31

Конусный прямоугольный или квадратный отвод

Построение бокового вида. Построение бокового вида указанного отвода производится следующим образом (рис. 32). На горизонтальной прямой восстанавливаем перпендикуляр. Из точки *О* проводим дугу радиусом, равным среднему радиусу отвода $R_{ср}$. От точек этой дуги *1* и *2* откладываем по 1/2 сечения заданного отвода. Получаем точки *А — В* (большее сечение) и точки *dC* (меньшее сечение). Из точек *С* и *В* проводим дуги радиусом *R1*, равным величине *СО*, до их взаимного пересечения, получаем точку *S*. Из этой точки радиусом *R4* проводим дугу, которая соединит точки *СВ*. Получаем внутренний радиус отвода. Таким же образом, но из точек *d* и *А* проводим дуги радиусом *R2*, равным величине *АО*, получаем точку пересечения *S′*. Из этой точки проводим дугу радиусом *R3*, которая соединит точки *d* и *А*, и получаем наружный радиус отвода. Получаем вид боковой стенки конусного прямоугольного или квадратного отвода. О разметке торцевых стенок отвода будет сказано ниже.

Рис. 32

Разметка, построение и расчет круглого конусного отвода

Построение бокового вида круглого конусного отвода ничем не отличается от построения бокового вида прямоугольного или квадратного отвода. На рис. 32, *б* показан круглый отвод с диаметрами *D* и *d*, ограниченный точками *А, В, С, Е*. Чтобы раз-

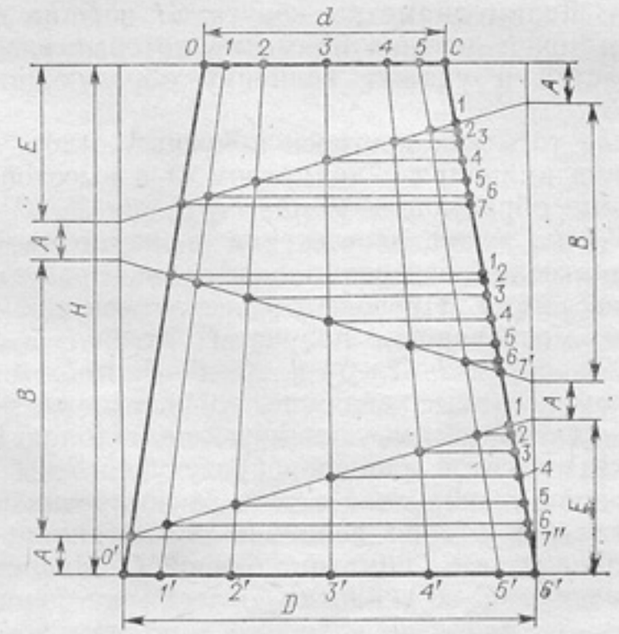


Рис. 33

метить звенья и стаканы данного отвода, поступаем следующим образом: боковой вид отвода вписываем в обычный отвод круглого сечения с одинаковыми диаметрами. Для этого из точки *O* радиусом $R=OB$ проводим дугу. То же самое делаем из точки *O* радиусом *R1*, равным *OA*, и получаем боковой вид круглого отвода с вписанным в него конусным отводом. Разбиваем отвод на нужное количество звеньев и стаканов (прямой отвод). Линии деления разобьют также и конусный отвод. На рис. 32, *б* их четыре. Зная радиусы *R* и *R1*, приступаем к разметке звеньев конусного отвода.

Подсчитываем размер шейки и затылка обычного отвода. Например, дано D=660 мм, R=400 мм, n=4, c=8−2=6. Величина шейки равна $1{,}57 \cdot R/n = 1{,}57 \cdot 400/4 = 157$; величина среза — $1{,}57 \cdot 660/(c-2) = 1036/6 = 172$ мм.

Проводим горизонтальную прямую, равную диаметру отвода *D*, из ее конечных точек восстанавливаем перпендикуляры. На левом перпендикуляре откладываем размер шейки (*A*), затылок звена (*B*), шейку (*A*) и затылок стакана (*E*). На правом перпендикуляре откладываем размер затылка стакана (*E*), шейки (*A*), размер затылка звена (*B*) и размер шейки (*A*). Верхние точки всех отложенных размеров соединяем прямой линией. Соединив точки отложенных размеров *B* слева с точками отложенных размеров *A* справа и точки отложенных размеров *B* справа с точками размера *A* слева, получаем звенья и стаканы, развернутые и составившие прямую трубу. После этого от центра верхнего основания откладываем вправо и влево радиус конусного отвода (его меньшего диаметра), соединения точки *0—0′* и *C—6′* прямыми, получаем вписанный конусный отвод заданных диаметров и заданного количества звеньев. Делим диаметры конуса *C1* и *D* на шесть частей, соединяем точки деления прямыми, которые разобьют все звенья на 6 частей и укажут величину образующих каждого звена (рис. 33).

После того как построен конусный отвод, вписанный в боковой вид цилиндра с диаметром D и высотой H, и проведены контурные образующие *0—0′*, *1—1′*, *2—2′*, *3—3′*, *4—4′*, *5—5′* и *C—6′*, их точки пересечения с наклонными образующими звеньев отвода поочередно сносим на правую крайнюю образующую конуса. Проведя от этих точек прямые параллельно верхнему основанию, получаем точки *1—2—3—4—5—6—7* (рис. 33), потом *1—2—3—4—5—6—7′* и *1—2—3—4—5—6—7″*. Получаем истинные величины образующих всех звеньев. Вычертив, как уже было указано выше, шаблон 1/12 окружностей *d* и *D* и высотой, равной образующей *0—0′*, размечаем развертку полного конуса. На рис. 34 построена развертка 1/2 конуса, так как вторая половина симметрична первой. Верхние точки образующих пометим буквой *C*. После этого с рис. 33 (образующая *C—6′*) сносим отрезки на первую образующую

(рис. 34) *C—1*, на вторую образующую *C—2*, на третью — *C—3*, на четвертую — *C—4*, на пятую — *C—5*, на шестую — *C—6*, на седьмую — *C—7*. В таком же порядке, начиная с первой образующей, сносим отрезки *C—7′*, *C—6*, *C—5*, *C—4*, *C—3*, *C—2*, *C—1* и дальше, тоже начиная с первой образующей, сносим отрезки *C—1*, *C—2*, *C—3*, *C—4*, *C—5*, *C—6*, *C—7″*. Соединив все снесенные отрезки на образующие конуса последовательно между собой, получаем кривые контуров всех звеньев. На рис. 34 показана разметка 1/2 развертки. Отложив в обратном порядке от средней линии отрезки, получим вторую половину развертки.

Из описанного необходимо отметить, что для того чтобы построить контур конуса, состоящего из звеньев конусного отвода, нет необходимости геометрического построения, указанного на рис. 32, *б*. Зная больший и меньший диаметры конусного отвода и его средний радиус, нетрудно определить размеры вспомогательного диаметра цилиндра, в который вписывается конусный отвод. Он будет равен большему диаметру конусного отвода и высоте, равной дуге среднего радиуса. Пусть конусный отвод, показанный на рис. 32, *б*, будет иметь заданные размеры: $D=600$ мм, $d=400$ мм, $R_{ср}=900$ мм. Тогда обычный круглый отвод будет иметь размеры: $R=R_{ср}-D=900-600=300$ мм. Получаем: $R=300$ мм (внутренний), $R1=300+600=900$ мм. Количество звеньев пусть будет 4+2 стакана. По формуле расчета прямых круглых отводов под углом 90° находим величину шейки и затылков звена и стакана. После чего приступаем к построению бокового вида цилиндра, полученного диаметра (600 мм). На его боковых сторонах откладываем размеры шеек и затылков, т. е. дальше поступаем так, как было описано выше (рис. 33), и размечаем развертку конусного отвода (рис. 34).

Утки

Утка с прямой вставкой. В тех случаях, когда нужно обойти какое-либо препятствие при монтаже воздуховодов или изменить направление воздуховода по уровню, изготавливают детали, называемые уткой, которые могут быть как круглого, так и прямоугольного сечения. На рис. 35 показана утка с прямой вставкой прямоугольного сечения. Для построения бокового вида строим прямоугольник со сторонами: по горизонтали, равной длине утки *E*, и по вертикали со стороной *B* (сечение утки) плюс отступ *C*. Из точек *F* и *F1* проводим дуги *R* и *R2*. Соединив дуги *R* и *R2* касательными, получаем боковой вид утки заданных размеров с прямой вставкой *L*. Длина верхней и нижней стенки *A* равна части дуги *R2*+*L*+часть дуги *R1* (рис. 35, *а*). Если утка круглого сечения, то построение производится таким же образом с той лишь разницей, что ее дуги *R*

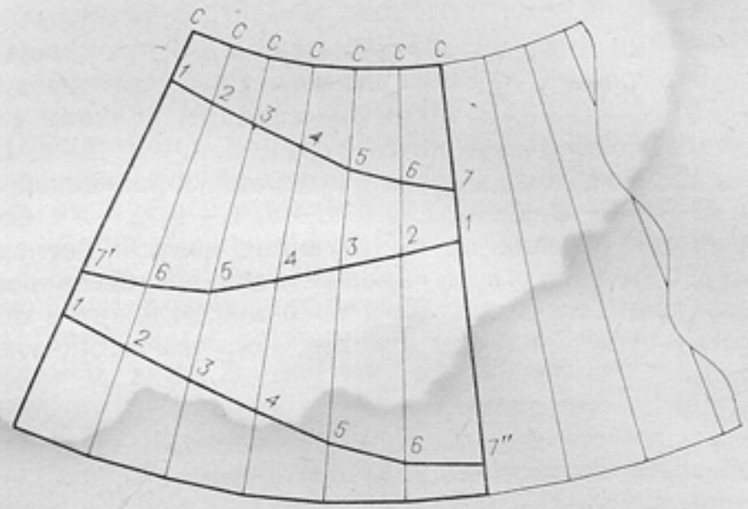


Рис. 34

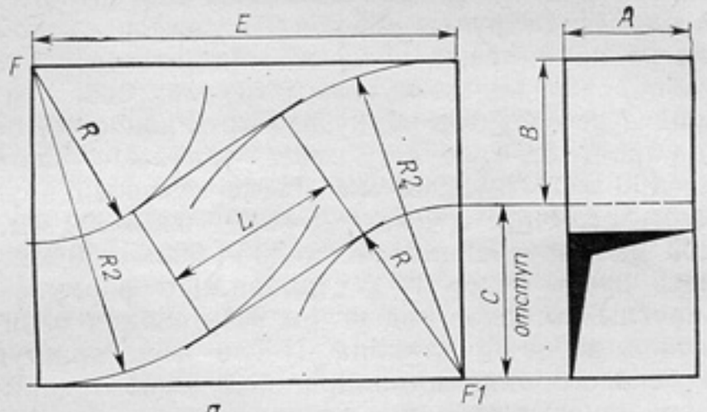


Рис. 35

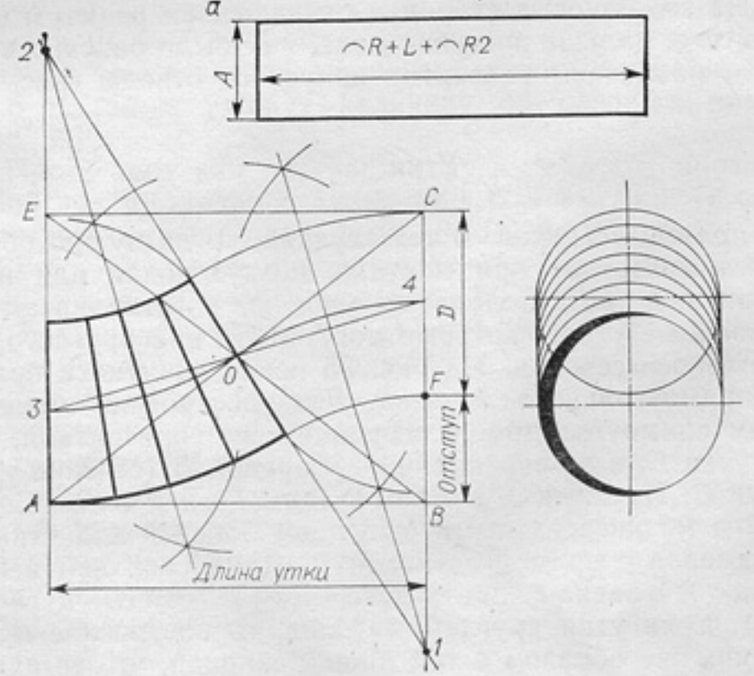


Рис. 36

разбиваются на несколько звеньев, из которых собираются закругленные концы утки и добавляется цилиндрическая часть *L*.

Утка из двух полуотводов круглая. Построение такое же, как было указано выше (рис. 36). Из точки *A* откладываем половину сечения утки (круглого или квадратного), получаем точку *3*; из точки *C* откладываем так же половину сечения, получаем точку *4*. Соединяем точки *3* и *4* прямой, делим ее пополам. Получаем точки *3—0—4*. Отрезок *0—4* делим пополам и отрезок *3—0* тоже. Проводим прямые, делящие отрезки пополам, до пересечения с продленной стороной прямоугольника *C—B* и стороной *AE* в точках *1* и *2*. Из точки *1* радиусом *1—C* и радиусом *1—F* проводим дуги. То же самое делаем из точки *2* — проводим дуги этими же радиусами. Получаем боковой вид утки. Если утка круглого сечения, то одну ее половину (например, из точки *2*) разбиваем на необходимое число звеньев, а по ним делаем второй полуотвод.

Построение утки при помощи квадрата, рассчитанного по формуле среднего радиуса. В тех случаях, когда длина утки не имеет значения, а важен отступ, можно математически при помощи простой формулы подсчитать квадрат, в котором будет быстро построен вид утки с заданным отступом, для чего нужно определить средний радиус утки.

Средний радиус утки $R_{ср}=1{,}69\cdot h\cdot 1{,}41$, где 1,69 — коэффициент стороны квадрата, h — величина отступа, $1{,}41=\sqrt{2}$. Например, дана величина отступа 500 мм, диаметр утки 400 мм:

$R_{ср}=h\cdot 1{,}69=500\cdot 1{,}69=845$ мм, сторона квадрата будет равна $h\cdot 1{,}69\cdot\sqrt{2}=500\cdot 1{,}69\cdot 1{,}41=1191$ мм.

Подсчитав $R_{ср}$ и сторону квадрата, чертим квадрат *ABCD* со сторонами 1191 мм; из его точек *A* и *C* проводим дуги *R* и *R2* и $R_{ср}$. От $R_{ср}$ откладываем половину сечения утки вверх и вниз (сечение *E*). Это и будут точки начала дуг *R* и *R2* (рис. 37). Если из стороны квадрата вычтем величину $2F+400$ (рис. 37), то получим нужную величину отступа (500 мм) и диаметр 400 мм (если утка круглая) или величину боковой стенки при прямоугольной утке 400 мм. На рис. 38 приведено аналогичное построение, разница лишь в том, что утка разбита на нужное количество звеньев, из которых она будет собираться.

Утка из отвода 90°. Дан отвод круглый или прямоугольный под углом 90°, *R* отвода =500 мм (рис. 39, *а*), диаметр 300 мм. Утка из данного отвода может быть сделана путем развертки одной его половины на 180° (указано пунктиром). Величину отступа данной утки можно подсчитать математически следующим образом. Определяем величину *C*: $C=R\sqrt{2}/2=500\cdot 1{,}41/2=352$. Отняв от радиуса 500 полученную сумму, т. е. 352, получаем $C=500-352=148$. Теперь определяем величину *B*: $B=(R+E\cdot\sqrt{2})/2=(500+300\cdot 1{,}41)/2=564$ мм. Отняв полученное число

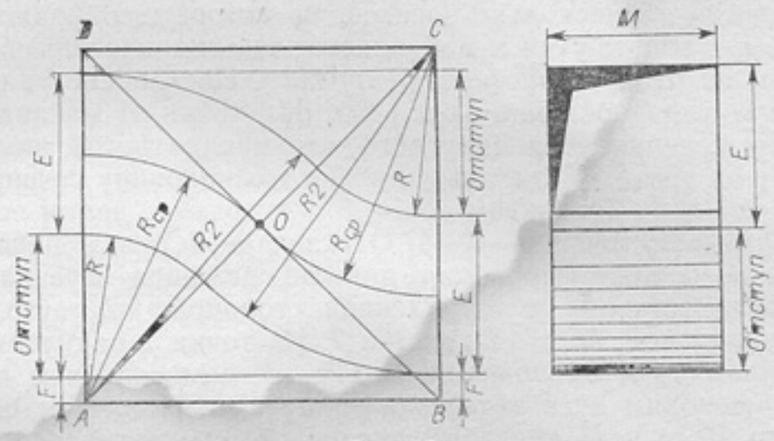


Рис. 37

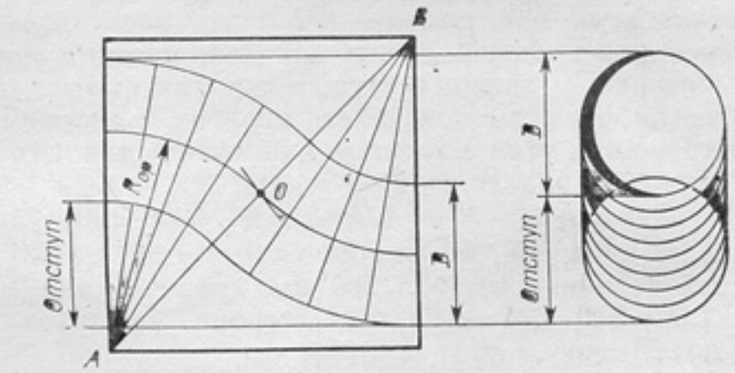


Рис. 38

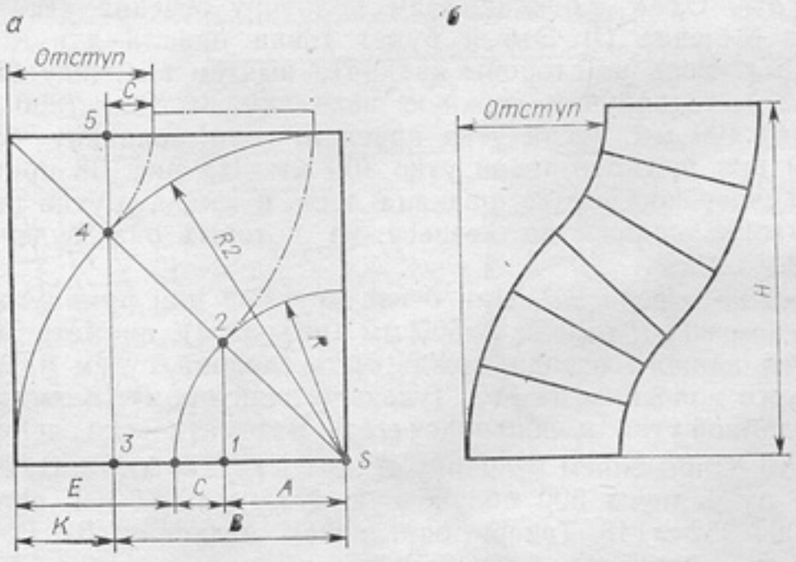


Рис. 39

от суммы радиуса R и сечения E, т. е. $800-564=236$, получили величину $K=236$ мм. Как видим из чертежа, относу соответствует сумма $K+C=236+148=384$ мм. Таким образом, при данных размерах отвода, если одну из его половин развернуть на 180°, получим утку с относом 384 мм. На рис. 39, *а* пунктиром показана развернутая половина отвода. На рис. 39, *б* дан отвод круглого сечения, разбитого на два полуотвода по 45°.

Таким же способом может быть подсчитан отступ отвода конусного квадратного сечения, а также круглого конусного отвода, показанного на рис. 40, *а* и *б*. Как видно из рис. 40, *а*, величина M (справа), прибавленная к отрезку K (величина между точкой затылка *1*, делящей дугу полного отвода пополам, и точкой *2*, прибавленная к величине K), дает сумму отступа.

Расчет и построение развертки конусной утки круглого сечения. По методу, указанному в описании к рис. 37, рассчитываем средний радиус (рис. 41). Из его точек *1* и *2* откладываем величину диаметра D (по $1/2\,D$) и величину диаметра d, складываем сумму дуг *1* и *2*, так как сумма двух дуг составляет (если их развернуть) полный средний радиус отвода (круглого или квадратного). Зная теперь средний радиус отвода, рассчитаем и построим развертку конусного отвода, описание которого дано на рис. 32—34.

Переходы

Переход с прямоугольника на круг. Строим фронтальную проекцию перехода со стороной прямоугольника E, высотой H и диаметром D (рис. 42). По фронтальной проекции строим план этого перехода, у которого указана меньшая сторона прямоугольника F. По центральной оси чертим окружность диаметра D. Как видим на плане, переход имеет симметричный вид, т. е. одна его половина симметрична другой. Поэтому, как основу для разметки, берем 1/4 перехода, 1/4 окружности, делим на три части, получаем точки *1—2—3—4*. Соединяем эти точки с точкой B, получаем его образующие *A—4*, *B—4*, *B—3*, *B—2*, *B—1*. Так как эти образующие в плане не являются истинными величинами образующих, по которым будем строить развертку, определяем их истинную величину, для чего радиусом *B—4*, *B—3*, *B—2*, *B—1* проводим дуги до пересечения со стороной *B—C*. Точки пересечения соответственно помечаем *1′—2′—3′—4′*. Далее берем отрезок *A—4*, определяем его истинную величину. Для этого отрезок *A—4* откладываем от точки B (на прямой *B—C*) и помечаем цифрой *5*. От точки B на стороне *B—A* откладываем высоту заданного перехода A, помечаем точкой C, соединяем точку C с точками *1′—2′—3′—4′* и точку *5* с точкой C, получаем истинные величины всех образующих, по которым и приступаем к построению развертки. Проводим прямую E (сторона, равная большей стороне прямоугольника).

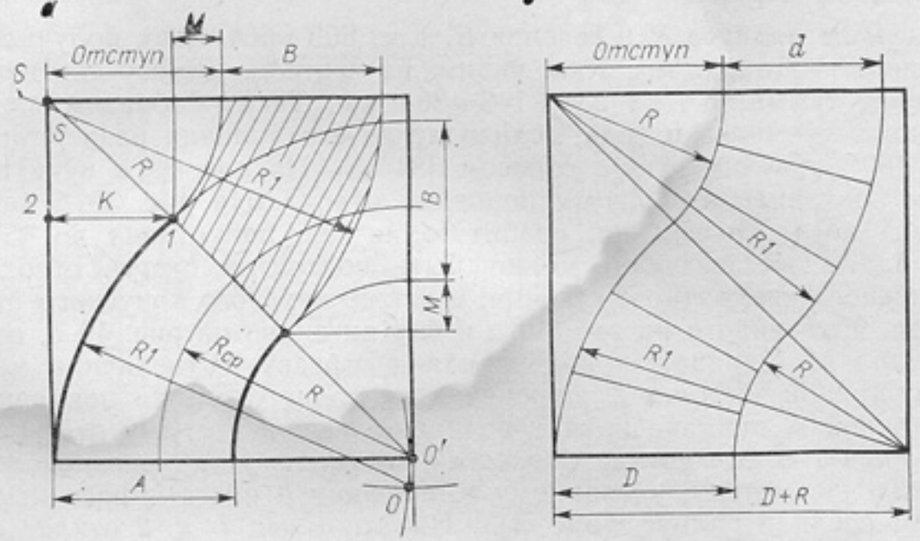


Рис. 40

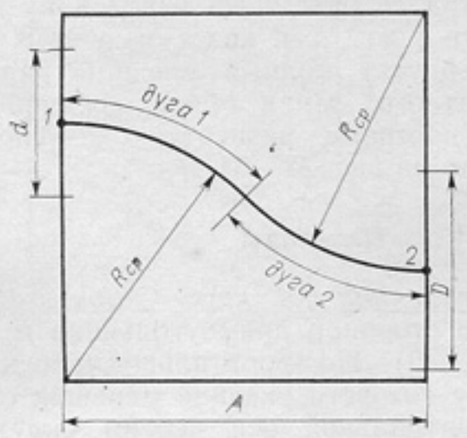


Рис. 41

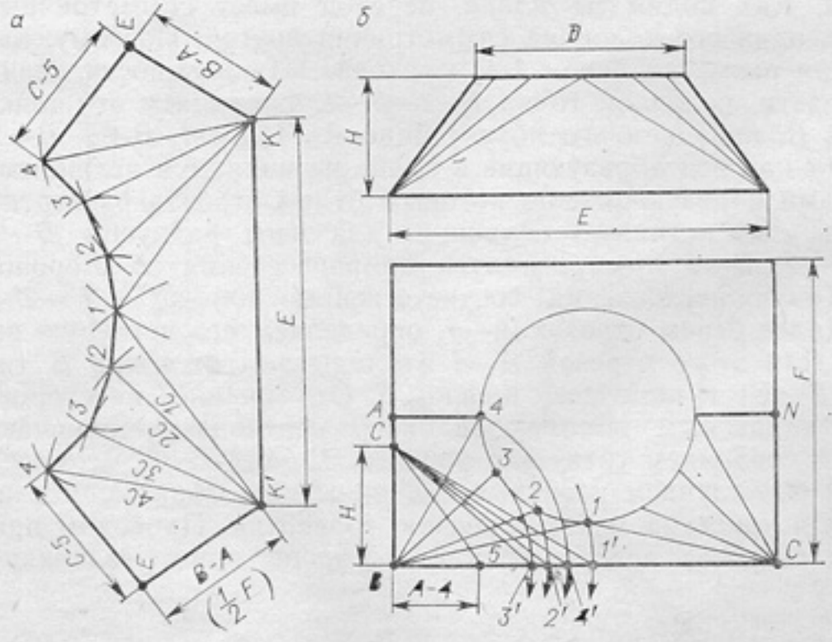


Рис. 42

Из точки K' (слева) радиусами, равными истинным образующим $C—1'$, проводим дуги из точек K' и K до их пересечения, получаем точку *1* (рис. 42, *а*). Далее из точек K' и K проводим дуги $C—2$, $C—3$, $C—4$, а из точки *1* проводим дуги, равные 1/12 хорды окружности D. В пересечении с ранее проведенными дугами получаем точки *2—2*. Из точек *2—2* проводим дуги хорд, получаем точки *3—3*. То же самое повторив из точек *3—3*, получаем точки *4—4*. Из точек *4—4* проводим дуги, равные отрезку $C—5$ (рис. 42), а из точек $K'—1$ и K дуги, равные отрезку $B—A$ (1/2 меньшей стороны прямоугольного основания). Получаем точки E. Соединив точки K' и K поочередно с точками $E—4—3—2—1—2—3—4—E—K'$, получаем контур развертки 1/2 заданного перехода, по которой вычерчивается вторая половина (рис. 42, *а*).

Переход с прямоугольного основания на круглое при помощи радиусов (симметричный). На рис. 43 даны три вида перехода (фронтальная, вид сбоку и план) с прямоугольным основанием сторон A и B, диаметром d и высотой H. Зная размеры обозначенных сторон, диаметр и высоту, нет необходимости строить его проекцию. При построении развертки поступаем следующим образом: пусть $A=500$ мм, $B=700$ мм, $d=300$ мм, $H=400$ мм. Сложив периметр сторон, получаем: $500+500+700+700=2400$ мм. Делим полученное число $2400/\pi$, получаем $2400:3{,}14=796$ (округлены десятые). Полученное число 796 принимаем за диаметр конуса нижнего основания вместо прямоугольного.

Вычерчиваем конус, показанный на рис. 43, *а*, у которого диаметр нижнего основания будет $D=796$ мм, верхнего основания $d=300$ мм и высота $H=400$ мм. Построив по данным размерам конус и продлив его наклонные образующие до их пересечения на осевой линии в точке S, получаем радиус дуг конуса L и $L1$. Для построения развертки (рис. 43, *б*) проводим дугу радиусом $L1$ из точки S, соединяем прямой начальную точку на дуге (точка *1*). Берем размер стороны B циркулем и откладываем его на дуге (точка *2*), из точки *2* откладываем размер стороны A (точка *3*), из точки *3* — размер B (точка *4*), и из точки *4* — размер A. Соединив точку *4* с центром S, получаем полную развертку перехода, у которого будет нижнее основание прямоугольное. Проведя вторую дугу $R=L$, получим круглое основание диаметра d и заданную высоту H.

Указанный способ пригоден тогда, когда при построении вспомогательного конуса (рис. 43, *а*) вершина пересечения наклонных образующих доступна.

Построение развертки перехода с квадрата (или прямоугольника) на круг со смещением их осей несимметрично во все стороны. На рис. 44, *а* показан план названного перехода и на рис. 44, *б* — его боковой вид. Для построения развертки такого перехода достаточно построить вид его в плане. Строим квад-

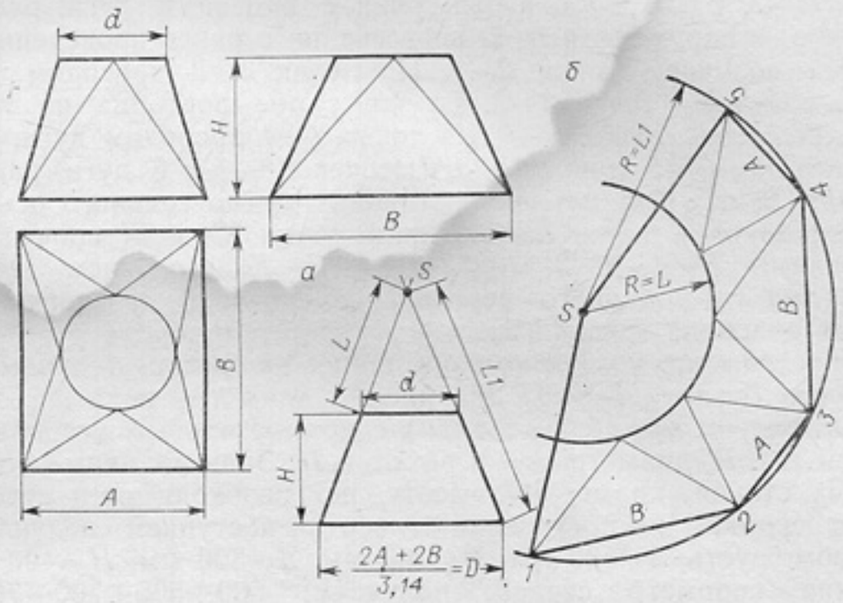


Рис. 43

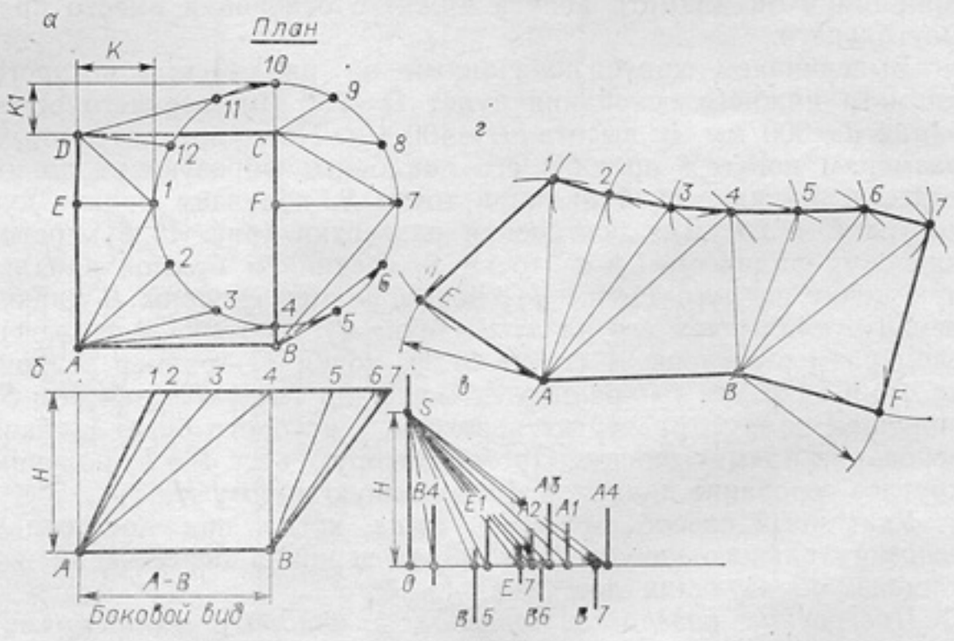


Рис. 44

рат (или прямоугольник) по заданным сторонам *AB—BC—CD—DA*. По необходимым заданным величинам смещения круга *K* и *K1* вычерчиваем окружность, делим ее на 12 частей, из точек деления *1—2, ..., 12* проводим прямые в вершину прямоугольника *A*: *1—A, 2—A, 3—A*, в вершину *B*: *B—4, B—5, B—6, B—7*, в вершину *C*: *C—7, C—8, C—9, C—10*, в вершину *D*: *D—10, D—11, D—12, D—1*. Точку *1* соединяем с точкой *E*, точку *F* с точкой *7*. Получаем таким образом контурные образующие (рис. 44, *а*). Определяем их истинные величины. На отрезке горизонтальной прямой из точки *0* восстанавливаем перпендикуляр на заданную высоту *H* (рис. 44, *в*). На горизонтальной прямой от точки *0* откладываем размеры образующих с плана, а от точки *S* по вертикальной прямой. Замеряем длину от каждой отложенной точки на горизонтали. Получаем истинные величины образующих, при помощи которых и строим 1/2 развертки (участок квадрата *E—A—B—F* и точек круга *1—2—3—4—5—6—7*). Начинаем развертку с нахождения точки *4*, для чего проводим отрезок прямой, равный стороне прямоугольника *AB*. С диаграммы (рис. 44, *в*) берем размер образующей *S—A4* и проводим дугу из точки *A*, а размером *S—B4* из точки *B* проводим дугу до пересечения с дугой, проведенной из точки *A*, получаем точку *4* (рис. 44, *г*). После чего, из точки *A* проводим дуги радиусов *S—A3, S—A2, S—A1*, а из точки B дуги радиусов *S—B5, S—B6, S—B7*. Из точки *4* проводим дугу радиусом, равным хорде 1/12 окружности, до пересечения с дугами, проведенными из точек *A* и *B*, т. е. из точки пересечения *4* до пересечения с дугой *3*, из точки *3* до пересечения с дугой *2*, из точки *2* до пересечения с дугой *1*. В такой же последовательности делаем пересечение дуг вправо, получаем контур кривой развертки 1/2 круглого основания перехода. После этого из точки *1* проводим дугу *S—E1* (диаграмма), а из точки *A* дугу *AE* (план). Из точки *7* проводим дугу *S—B7* (диаграмма), а из точки *B* дугу *BF*. Соединив точки пересечения дуг прямыми, получаем полную 1/2 развертки перехода с квадрата на круг; так как вторая половина несимметрична первой, то она строится отдельно точно таким же способом, как первая, с той лишь разницей, что диаграмму образующих необходимо построить отдельно для нее.

Переход с квадрата (прямоугольника) на круг усеченного не параллельно плоскости основания. Проводим горизонтальную прямую *A—B*, равную стороне прямоугольника (рис. 45, *а*). Параллельно ей проводим от точки *A* на заданной высоте *H* вторую прямую. Из точки *B* проводим третью параллельную прямую на высоте *H1*. От точки *A* откладываем размер *E*, равный величине наклона левой образующей перехода, и восстанавливаем из точки отложенного размера перпендикуляр, который пересекает параллельную прямую высоты *H*. Получаем

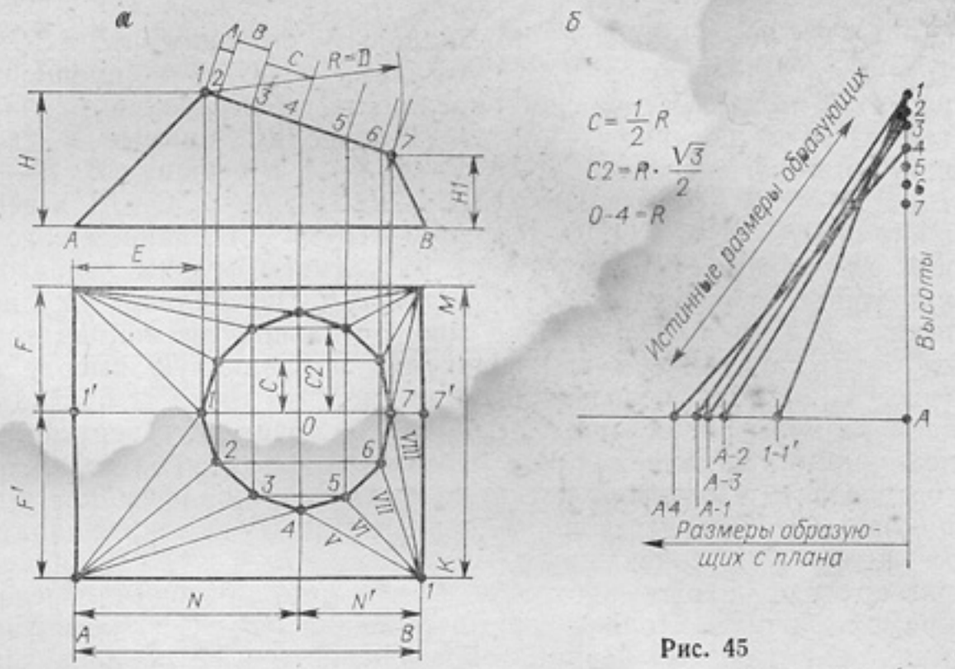


Рис. 45

Размеры 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 = хорде $\frac{1}{12}$ окружности

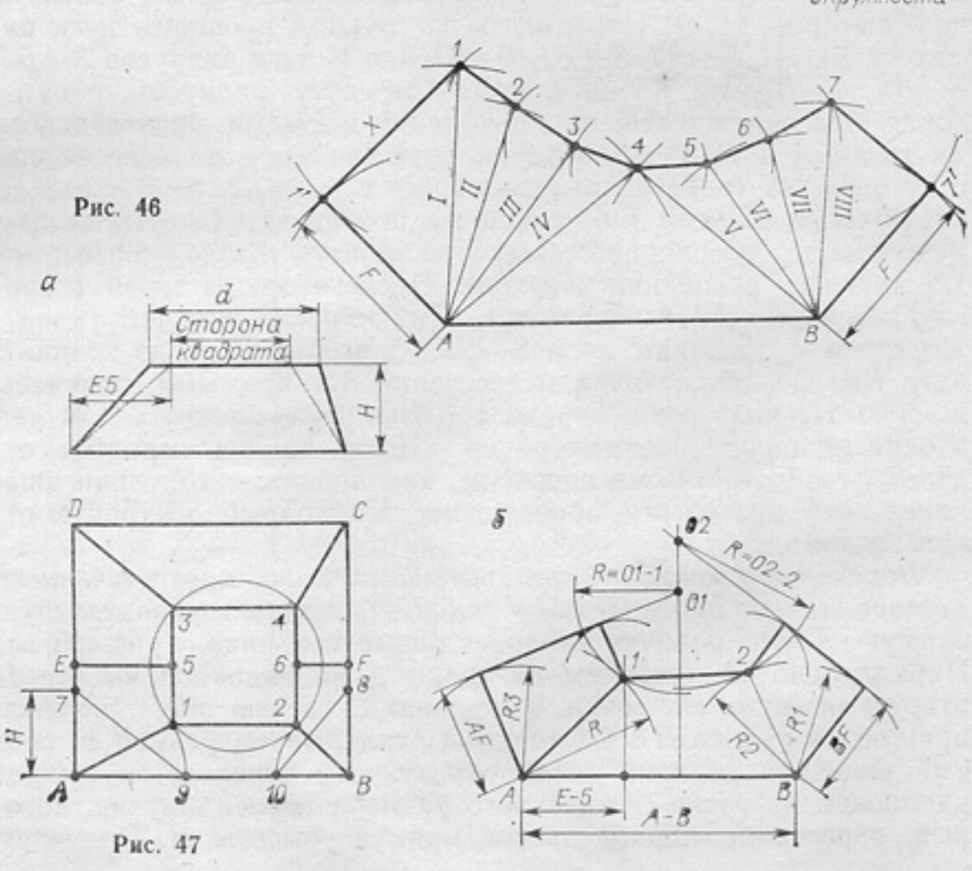


Рис. 46

Рис. 47

точку *1*. Из точки *1* радиусом, равным диаметру круглого основания, проводим дугу до пересечения с параллельной линией на высоте *H1* (точка *7*), соединив точки *1—7—7—B* и *1—A*, получаем фронтальную проекцию перехода, по которой строим план перехода. Как видно из рис. 45, *а*, план перехода в основании — прямоугольник со сторонами *AB* и *KM*, переходящий на круглое верхнее основание с диаметром *D*, ось которого смещена по отношению к прямоугольному основанию несимметрично. Так как круглое основание, усеченное не параллельно плоскости основания, в плане будет иметь форму эллипса, делим диаметр на фронтальной проекции на шесть частей, получаем точки *1—2—3—4—5—6—7*. Из них опускаем перпендикуляры на план. Параллельно стороне *AB* проводим прямую на расстоянии *F'*, получаем точку *0* — центр окружности круглого основания. От точки *0* по вертикали вниз и вверх откладываем размеры *C* и *C2*, которые равны: $C=1/2R$ (для любого диаметра) и $C2=R\sqrt{3}/2$ ($\sqrt{3}=1{,}73$).

Например, при диаметре 600 мм $R=300$ мм точка *C* будет отстоять от центра на $1/2R=150$ мм. Точка *C2* будет отстоять на $R\sqrt{3}/2=300\cdot 1{,}73/2=519/2=259$ мм.

Откладываем полученные размеры от центра *0* вверх и вниз, через них проводим параллельные горизонтальные линии, соединив точки пересечения вертикальных и горизонтальных линий. По диагоналям находим точки *1—2—3—4—5—6—7* на плане (нижней половины перехода на плане), соединяем их с вершинами прямоугольника *A* и *B*, как показано на рис. 45, *а*. Получаем образующие перехода *I—II—III—IV—V—VI* и *1'—1*, а также *7—7'*. После этого необходимо определить истинную величину этих образующих. Для этого строим диаграмму, указанную на рис. 45, *б*. На горизонтальной прямой от точки *A* откладываем величину образующих с плана *1'—1, A—1, A—2, A—3, A—4, 7—7', B—7, B—6, B—5, B—4* (на диаграмме указаны только образующие *1'—1, I, II, III, IV*). На вертикальной прямой от той же точки *A* откладываем размеры высот точек *1—2—3—4—5—6—7* от горизонтальной прямой нижнего основания перехода *AB* с фронтальной проекции. Соединив одноименные номера на горизонтали и вертикали, получаем истинные величины образующих. На практике, конечно, нет необходимости соединять горизонтальные и вертикальные точки отложенных размеров, их замеряют и сразу же полученный размер мелом наносят на каждую соответствующую образующую на плане, что создает удобства и исключает возможность ошибок при непосредственном построении развертки.

Построение развертки (рис. 46). Проводим прямую *A—B*, равную стороне прямоугольника основания. Из точек *A* и *B* проводим дуги, равные образующим *IV* и *V*, до их взаимного пересечения (точка *4*). После этого проводим дуги, равные об-

разующим *III—II—I*, из точки *A*, а из точки *B* дуги, равные образующим *VI—VII—VIII*. Начиная от точки 4 хордой 1/12 окружности заданного перехода проводим дуги до пересечения с дугами образующих. Начиная от точек *4—3—2* и *4—5—6*, из конечных точек *1—7* проводим дуги, равные образующим *1′—1* и *7—7′*, а из точек *A* и *B* дуги, равные *F*. Взаимное их пересечение дает точки *7′* и *1′*. Соединив точки *B, 7′, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1′* и *A*, получаем контур развертки 1/2 заданного перехода.

Таким же образом размечается вторая половина развертки с той лишь разницей, что диаграма истинных величин образующих будет другой, что видно из рис. 46 (план), т. к. эти величины различны.

Переход с квадрата на круг при помощи радиусов и вписанного квадрата в круг. Развертка перехода, указанного на рис. 47, *а*, может быть приближенно построена следующим образом. Используя чертеж плана, на стороне *A—D* от точки *A* откладываем высоту *H* (точка *7*), то же делаем от точки *B* (точка *8*). Радиусом *A—1* и *B—2* проводим дуги до пересечения со стороной *A—B* (точки *9* и *10*). Соединив точки *7* и *9* и точки *10* и *8*, получаем истинные образующие ребер перехода с прямоугольника (или квадрата) на вписанный квадрат (ребро *A—1* и *B—2*).

Построение развертки начинаем с проведения прямой *A—B*. Из точки *A* проводим дугу *R*, равную отрезку *7—9*, от точки *A* откладываем величину *E5* и восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с дугой *R* (точка *1*). Из точки *B* проводим дугу *R2*, равную отрезку *8—10*. Из точки *1* проводим параллельную прямую к прямой *AB* до пересечения с дугой *B2* (точка *2*), соединяем прямой точки *1, A* и точки *2, B*. Из точек *A* и *B* проводим дуги *R3* и *R1*, равные отрезку *AE* или *BF*. Из точек *1* и *2* проводим дуги радиусом, равным отрезкам *1—5* и *2—6* (половина стороны квадрата); к проведенным дугам проводим касательную до пересечения с перпендикуляром, проведенным с середины стороны квадрата. Из точки *01* проводим дугу, равную *01—1*, до перпендикуляра, из точки *02* проводим дугу *R*, равную *02—2*, до перпендикуляра. Получаем закругленный контур верхнего кругового основания. Совмещая одну сторону прямоугольника с касательной, а другую с точками *B* и *2*, а также *A* и *1′*, получаем развертку 1/2 перехода с прямоугольника на круг. Аналогичным способом строится и вторая половина перехода.

Тройники

Тройники реечные. На рис. 48 изображен реечный тройник, его фронтальная проекция и план, имеющий круглый цилиндрический ствол, диаметр которого *D* и *D1*, высота *H* с ответ-

влением диаметром *d*. Из точки *N* проводим дугу радиусом *R*, равным радиусу *d*/2+*NM*. Отрезок *NM* принимается таким, чтобы свободно в изготовленном тройнике поместились фланцы, одетые на ствол и ответвление. Точку *0* соединяем касательной с проведенной дугой. От касательной вправо и влево под прямым углом проводим прямые, откладываем на них радиусы ответвления и получаем точки *M* и *P*. Из точки *0* также под прямым углом проводим взаимно перпендикулярные прямую и касательную. Соединяем точку *P* с точкой *B*, продлив ее до пересечения на прямой, получаем точку пересечения *E*. Отрезок *OE* откладываем влево, получаем точку *F*. Точку *F* соединяем с точкой *M*, которая пересекает ствол в точке *K*. Соединив точку *K* с точкой *0*, определяем линию соединения ответвления со стволом и контур конусного ответвления *FEPM* с высотой *L*. Отрезок *L2* служит как вспомогательный при разметке ответвления. Разметка начинается с построения развертки ответвления, имеющего вид конуса с диаметром *d* и *d1*.

Для того чтобы яснее изложить способ построения развертки тройника, указанного на рис. 48, на рис. 49 изображен тройник, где выделено его ответвление (с рис. 48). Делим диаметр ответвления *d* и *d1* на шесть частей, соединяем точки деления обоих диаметров прямыми линиями, которые пересекут линию стыка ответвления со стволом в точках *1—2—3*, а радиус диаметра нижнего основания в точках *7—6—5*, сносим параллельными линиями (параллельно диаметру *d*) точки *1—2—3* на крайнюю правую образующую конуса, получаем точки *1′—2′—3′*, а параллельно диаметру *d1* точки *6—5*. Получаем точки *4—5—6—7* (справа на этой же крайней образующей). После чего приступаем к построению непосредственно развертки ответвления. Способом, указанным выше при описании разверток конусов, по шаблону 1/12 части конуса вычерчиваем полный конус. На средней образующей сверху откладываем отрезок *C—1* (буквой *C* обозначены все точки деления *d*), на следующей — *C—2* и *C—3* (*C—7* — полная образующая). На крайней образующей снизу откладываем отрезки *7—4*, *7—5*, *7—6*. Соединив все отложенные точки, получаем контур развертки ответвления тройника. После припуска на соответствующие фальцы (а если на сварку, то без припусков) вырезаем заштрихованную часть. На развертке цилиндра ствола, совмещая точки *7* (средние) с краем листа (по его длинной стороне πd), обчерчиваем как по шаблону кривую ответвления по точкам *7—3—2—1* и *1—2—3—7* и вырезаем эту часть на развертке цилиндра. После чего производится окончательная сборка ствола с ответвлением. На рис. 50 показана полная развертка ответвления тройника.

Штанообразный реечный тройник. На рис. 51 показан штанообразный тройник, у которого ответвления диаметра *D* расходятся под одинаковым углом от оси нижнего основания

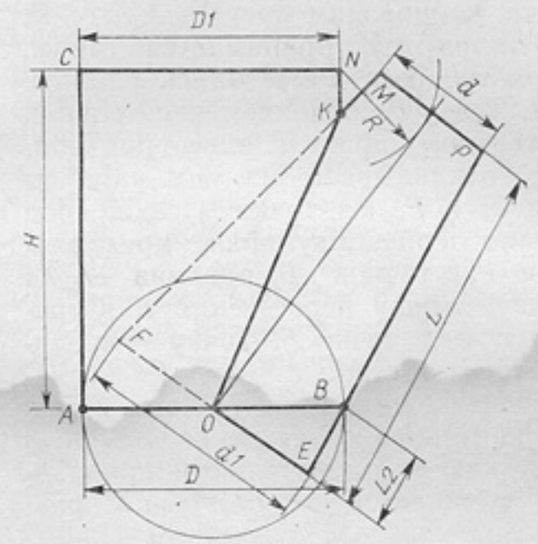


Рис. 48

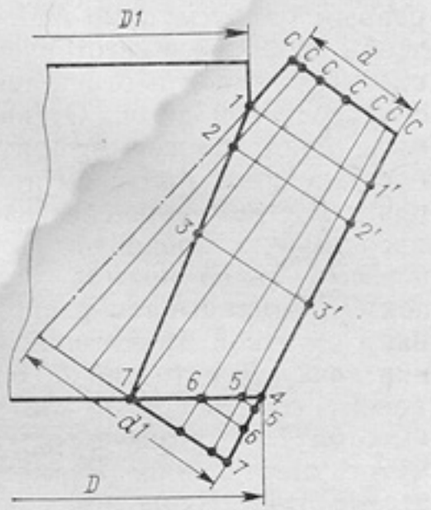


Рис. 49

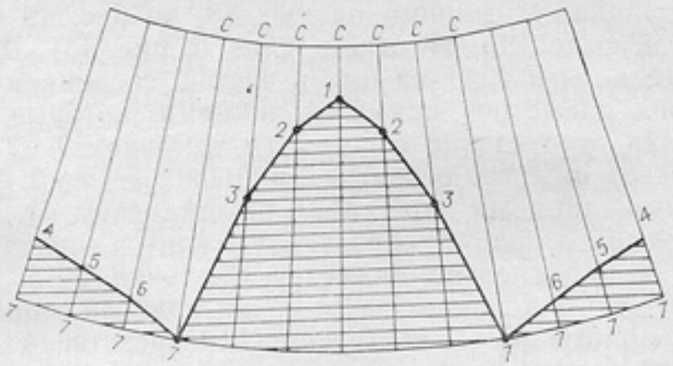


Рис. 50

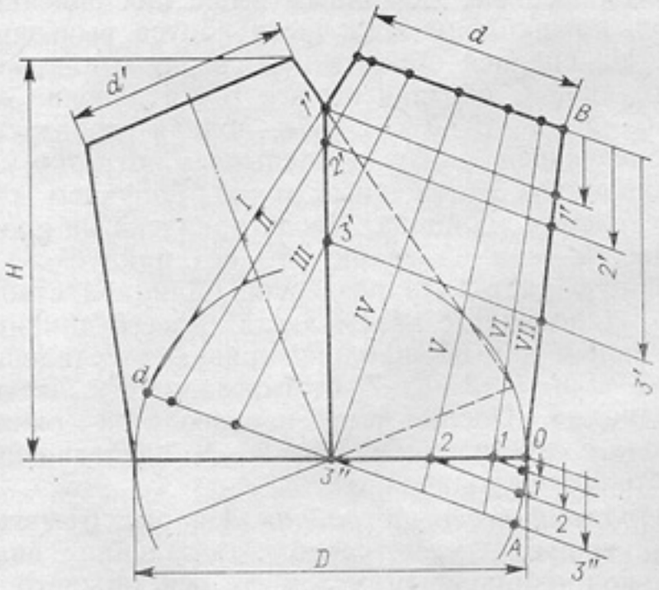


Рис. 51

вправо и влево. Он состоит из двух конусов, усеченных по горизонтали на величину *AO* и по вертикали на величину *d—3''* (рис. 51). Построение развертки такого тройника не отличается от построения развертки ответвления, показанного на рис. 49 и 50. Так как ответвления *d* и *d1* одинаковы, то достаточно разметить ответвление *d*, а по нему ответвление *d1*. На рис. 52, *а* показана развертка ответвления *d*, а на рис. 52, *б* показано ответвление в собранном виде. Будучи соединены вместе, два таких ответвления составят указанный штанообразный тройник.

Аналогичный тройник показан и на рис. 53, на рис. 54 — тройник, имеющий ствол в виде правильного усеченного конуса. Ответвление тоже имеет вид конуса, но усеченного по горизонтали на величину *S*, а по вертикали на величину *0—1*. Разметив развертку ответвления, на развертке ствола обчерчивают кривую выреза ответвления (среднюю часть) и очерченный участок вырезают, сделав нужные припуски на фальц. После чего окончательно собирают тройник. На рис. 55 показаны различные круглые реечные тройники: а — с прямым стволом; б — штанообразный; в — крестовина; г — конусный ствол тройника. Разметка их производится аналогично описанному выше.

Перегибной тройник. В отличие от тройников, ствол и ответвления у которых соединяются при помощи реек, перегибные тройники делаются из двух половин, перегибаются по линии перегиба; каждой половине придается форма, указанная на рис. 56, *б*. Причем одна половина перегибается зеркально к другой, и они соединяются при помощи продольного фальца. На рис. 56, *а* показан тройник в фронтальной и боковой проекции, имеющий нижнее основание *D* и верхние основания *d1* и *d* с высотой *H*.

Для построения бокового вида тройника строим боковой вид конуса по заданным диаметрам. На нижнем основании откладываем размер радиуса (точка *1*). Точку *1* соединяем с крайней точкой верхнего основания (точка *2*). Из точки *2* радиусом, равным заданному диаметру ответвления, проводим дугу. Соединяем с крайней точкой диаметра нижнего основания (точка *3*) при помощи касательной. По прямоугольнику, совмещая катеты с касательной и точкой *2*, проводим прямую, она и будет диаметром ответвления *d*.

Процесс нахождения образующих для построения развертки указанного тройника поясняется на рис. 57. Как видно из рисунка, построение развертки 1/2 ствола не представляет труда, и она строится как обычная половина конуса. Для получения истинных образующих ответвления поступаем следующим образом: на нижнем основании фронтальной проекции от ее центра *B* находим место положения точки *C*, она будет находиться на перпендикуляре, опущенном с нижнего основания в точку *C*, расположенную под 45°. На полуокружности в плане место положения точки *C* можно легко найти математическим путем.

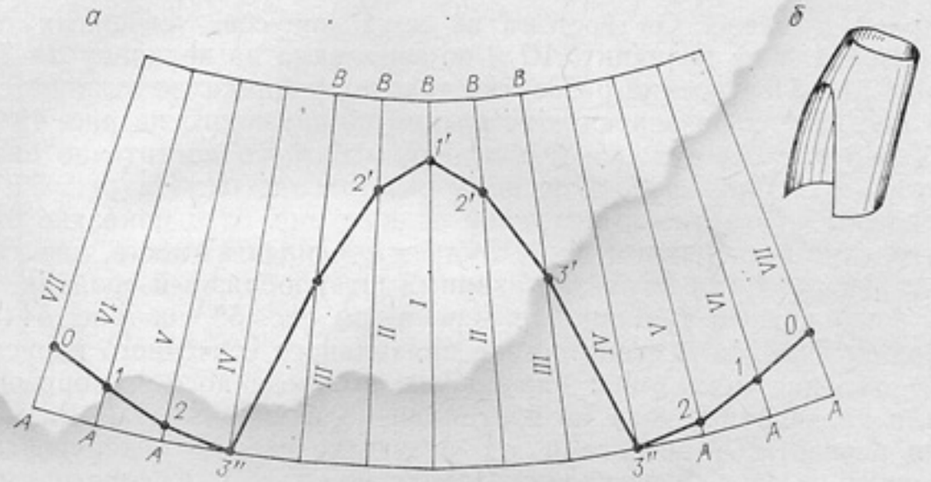


Рис. 52

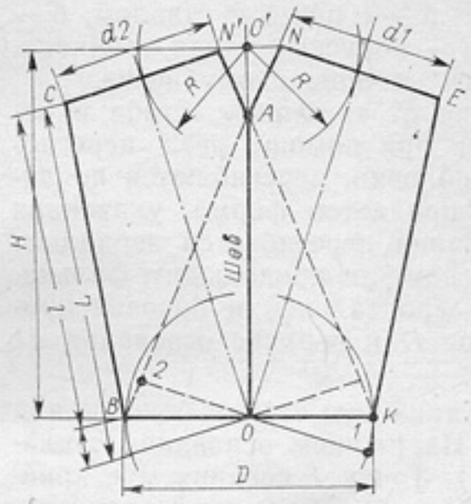


Рис. 53

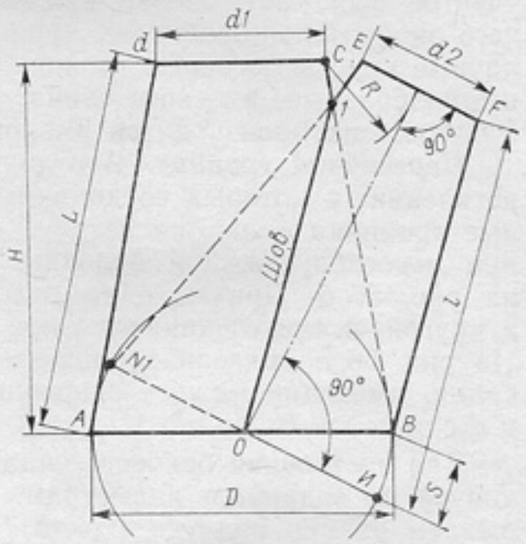


Рис. 54

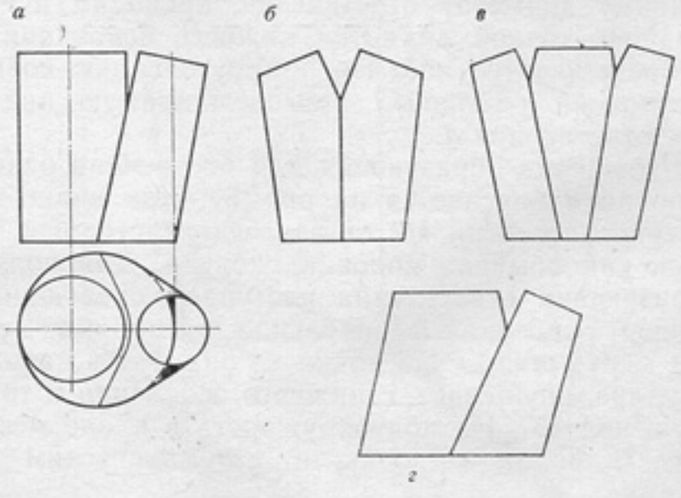


Рис. 55

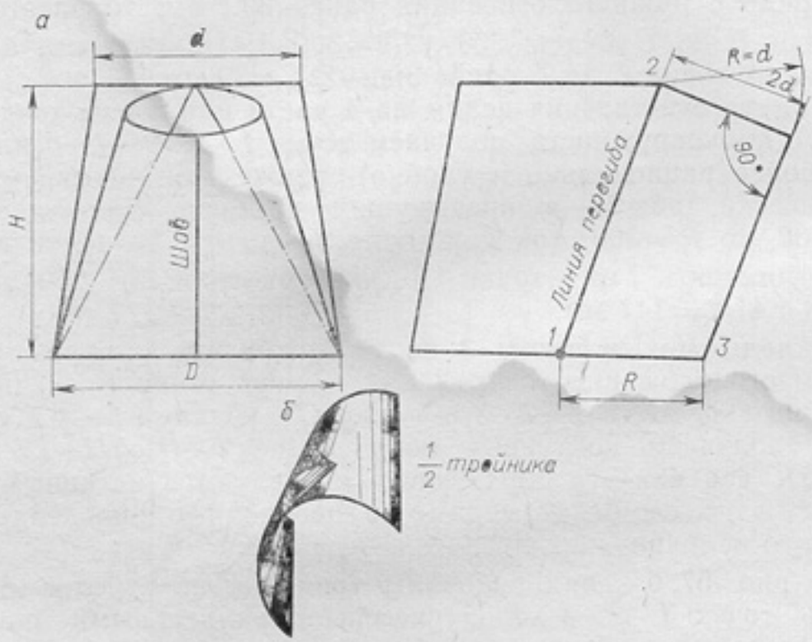


Рис. 56

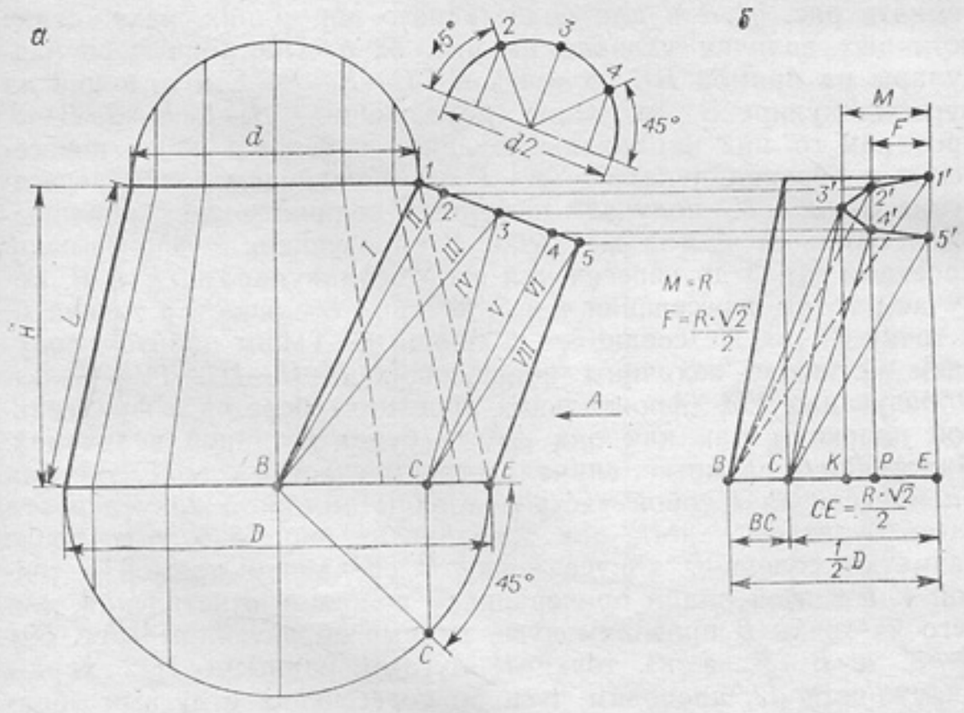


Рис. 57

Если радиус нижнего основания равен 300 мм, то расстояние от точки *B* до *C* будет: $300 \cdot \sqrt{2}/2 = 300 \cdot 1{,}41/2 = 211$ мм, а расстояние от точки *C* до *E* равно 300—211=89 мм.

Диаметр ответвления делим на 4 части или, снеся точки деления с полуокружности, получаем точки *1—2—3—4—5* или же (что более рационально и удобно) также подсчитываем математически, как и в предыдущем примере. Если диаметр $d2=400$, то $R=200$; так как точка *3* — центр, то точки *2* и *4* будут отстоять от точки *3* на расстоянии $200 \cdot \sqrt{2}/2 = 200 \cdot 1{,}41/2 = 141$ мм.

Откладываем от точки 3 по 141 мм в обе стороны, получаем местоположение точек *2* и *4*. Теперь точку *B* соединяем прямыми с точками *1—2—3*, а точку *C* с точками *5—4* и с точкой *3*, получаем контурные образующие *I—II—III—IV—V—VI—VII*. Так как эти образующие не являются истинными величинами по своим размерам, то необходимо определить их истинную величину.

На рис. 57, *б* — вид половины тройника по стрелке *A*, где высоты точек *1—2—3—4—5* снесены параллельными линиями с фронтальной проекции и обозначены цифрами *1′—2′—3′—4′—5′*, которые получены от пересечения линии высот с перпендикулярами, построенными из точек *B—C—K—P—E*, местоположение которых указано на данной проекции. Чтобы не затемнять рис. 57, *б* и для более ясного понимания, нахождение истинных величин указано на рис. 58, *а*. Построив перпендикуляры на прямой *BE* из точек *B—C—K—P—E* и отложив на перпендикуляре *B* величины образующих *B—1*, *B—2*, *B—3*, проводим от них параллельные линии к основанию до пересечения с перпендикулярами *E—P—K*. Соединяем точки пересечения *1′—2′—3′*, получаем истинные величины трех образующих. Отложив из той же точки *B* образующие с фронтальной проекции *4* и *5* до пересечения с перпендикулярами *E* и *P*, получаем точки пересечения *4* и *5*, которые соединяем с точкой *C*, а точку *3′* так же соединяем с точкой *C*. Таким образом получаем истинные величины образующих *I—II—III—IV—V—VI*. Образующая *VII* (фронтальная проекция) берется с фронтальной проекции, так как она всегда будет истинной величиной. Приступая к разметке, сначала строим участок ствола, так как он представляет собой часть половины обычного конуса и эта часть будет выглядеть, как показано на рис. 58, *б*, т. е. после разметки половины конуса точку *B* соединяем прямой с точкой *1′* и к этой линии причерчиваем половину ответвления, для чего из точки *B* проводим дуги, равные образующим (рис. 59) *B—2′* и *B—3′*, а из точки *1′* дугами, равными 1/12 хорды окружности *d2*, проводим дуги до пересечения с дугами образующих (точки *2′—3′*). Из точки *3′* проводим дугу, равную образующей *IV*, а из точки *B* дугу, равную $1/8\,\pi D$, получаем

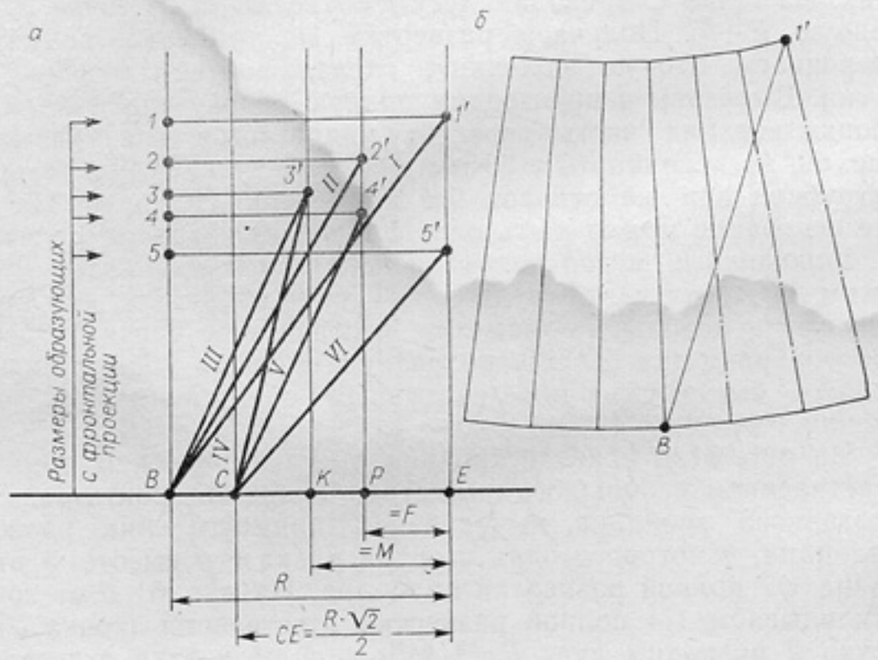


Рис. 58

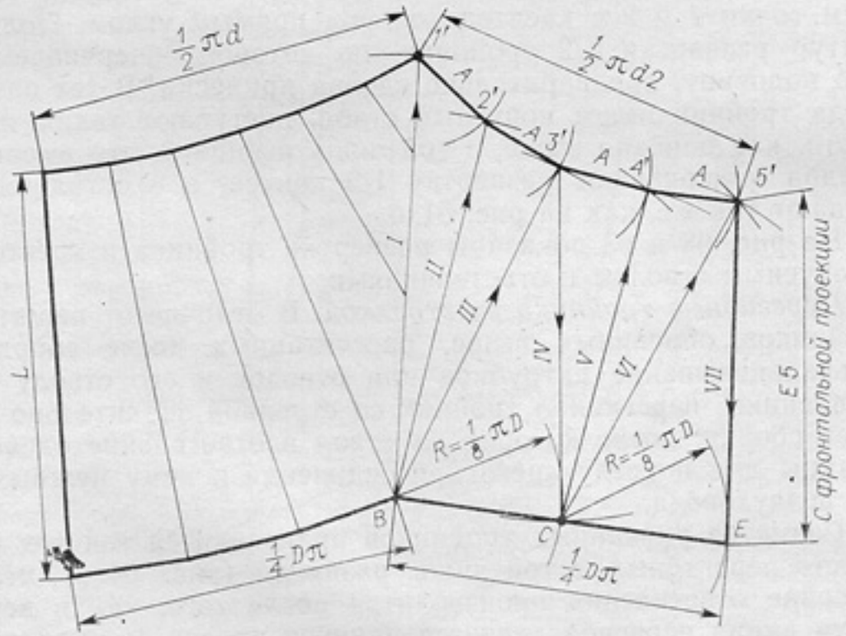


Рис. 59

точку *C*. Теперь уже из точки *C* проводим дуги, равные образующим *4′—5′*, и дуги хорд до пересечения с дугами образующих. Из точки *C* проводим дугу $R=1/8\ \pi D$, а из точки *5′* дугу, равную *E—5′*. Получаем развертку 1/2 тройника, по которой очерчиваем вторую половину, сделав соответствующие припуски. Вырезаем и производим полную сборку тройника. После сборки верхняя часть перегиба надрезается, как указано на рис. 60, на величину $C\approx30$ мм для последующей прифальцовки патрубков или же отводов без применения фланцев. На нижнее основание может быть одет фланец из углового железа.

Упрощенный метод разметки перегибных тройников и крестовин. В тех случаях, когда ответвления тройников или крестовин имеют небольшие диаметры, в отличие от описанного выше способа разметки, их можно размечать более упрощенным методом — без построения контурных образующих на ответвлении.

На рис. 61, *а* показан тройник с цилиндрическим стволом и ответвлением небольшого диаметра. Чтобы построить развертку указанного тройника, вычерчиваем прямоугольник развертки цилиндра, у которого одна сторона равна его высоте, а вторая равна 1/2 полной развертки цилиндра. На рис. 61, *б* от точки *0* откладываем 1/4 полной развертки ответвления (точка *2*). Из точки *2* проводим дугу $R=1/4$ полной развертки ответвления, а из точки *1* дугу $R=1/2$ полной развертки ответвления. К проведенным дугам проводим касательную. По угольнику соединяем точки *1* и *2* с касательной под прямым углом. Получаем контур развертки 1/2 тройника, по которой обчерчиваем вторую половину, предварительно сделав припуски. В тех случаях, когда тройник имеет конусный ствол, поступают таким же образом, как описано выше, с той лишь разницей, что вместо цилиндра вычерчивают развертку 1/2 конуса, а в остальном поступают так же, как на рис. 61, *б*.

На рис. 62 и 63 показаны развертки тройника и крестовины с конусным стволом и ответвлениями.

Перегибные тройники со стрелкой. В отличие от перегибных тройников, описанных выше, рассчитанных после сборки на прифальцовывание патрубков или отводов к его стволу и ответвлениям, перегибной тройник со стрелкой значительно упрощает сборку, после которой на ствол и ответвление одеваются фланцы для последующего присоединения к нему нужных частей воздуховода.

Разметка указанных тройников производится так же, как и просто перегибных, с той лишь разницей (рис. 64, *а*), что построение ответвления производится после того, как в верхней части линии перегиба делается припуск вправо (или влево) на величину, необходимую, чтобы после сборки на ствол и ответвления можно было одеть фланцы. Отложенный размер — точка *1* (рис. 64, *б*) соединяется прямой линией с точкой *0*. За-

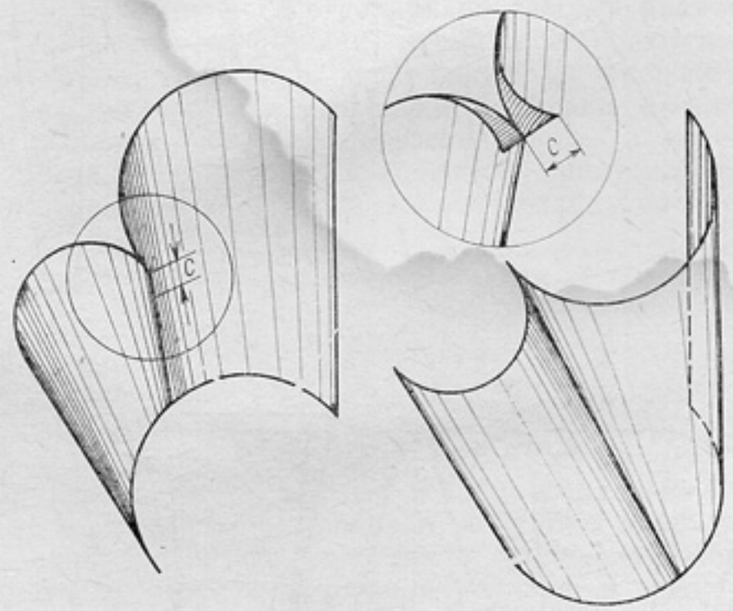


Рис. 60

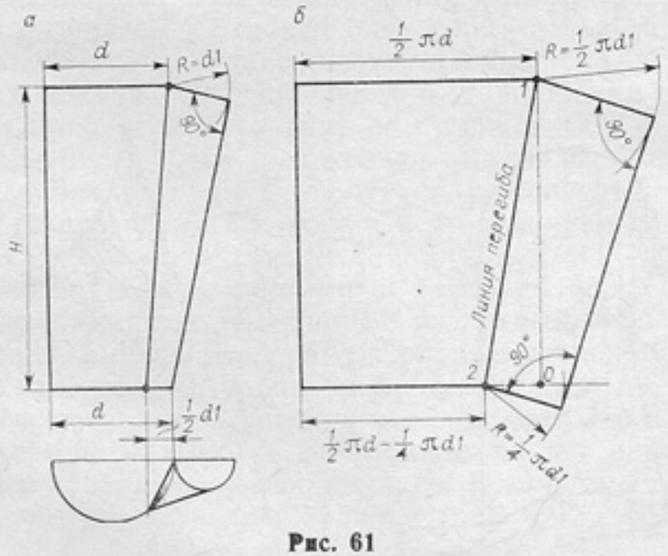


Рис. 61

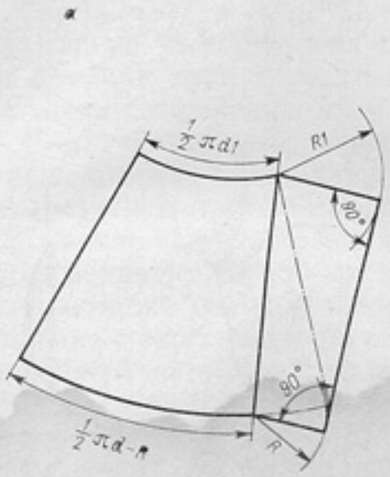


Рис. 62

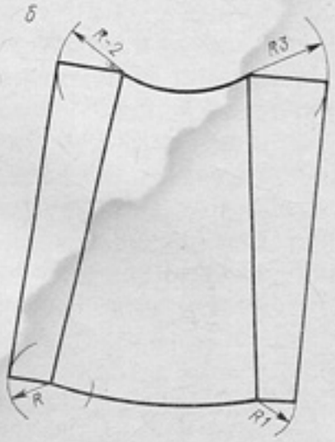


Рис. 63

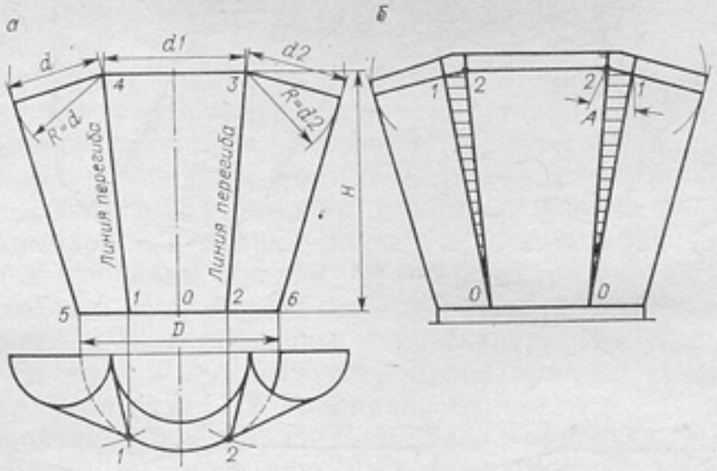


Рис. 64

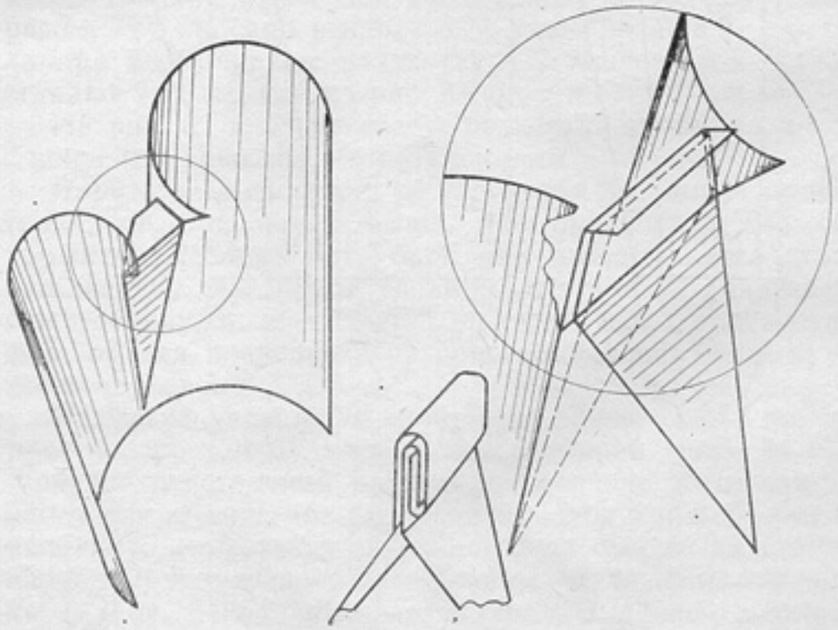


Рис. 65

штрихованная часть и является стрелкой *0—1—2* (рис. 64, *б*). Линия *0—2* является второй линией перегиба. При сборке верхние части стрелки обеих половин тройника соединяются вместе, как показано на рис. 65.

Все виды тройников со стрелкой по способу разметки (после того, как вычерчена стрелка) ничем не отличаются от обычных перегибных тройников. Как видим из рис. 66, *а*, такой тройник размечается, как и описанный на рис. 57—59. После разметки развертки по верхней части ствола и ответвления, а также по нижнему основанию делаются припуски на ширину фланца и на разбортовку после посадки фланца на место.

Четырехгранный колпак

На рис. 67, *а* показан четырехгранный колпак со сторонами квадрата, равными *A*, высотой *H* и наклонной образующей *L*.

Строим треугольник с высотой, равной *L* (рис. 67, *б*), основанием, равным *A*, получаем наклонную образующую, равную *R*. Из точки *0* радиусом *R* проводим окружность (рис. 67, *в*). Из любой начальной точки на окружности откладываем, делая засечки на окружности, величины *A*, получаем точки *1—2—3—4—5*. Соединив точки на окружности последовательно между собой, получаем стороны основания колпака, а после соединения этих точек с центром окружности *0* получаем его грани. Сделав соответствующие припуски на фальцы, вырезаем заготовку по линиям *1—2*, *2—3*, *3—4*, *4—5*, а также сектор *1—5—0*. Оставляя заштрихованную часть (припуск на фальц), перегнув по граням, скрепляем на фальц одну грань развертки.

Четырехгранный колпак с прямоугольным основанием. Вычертив план колпака со стороной *A* и *B*, проводим диагонали (рис. 68). Строим прямоугольник со стороной *C* и перпендикуляром *H*. Соединив точку отложенной высоты *H* с правой точкой отложенного размера *C*, получаем величину *R* (истинная величина 1/2 диагонали *C*). Как и в предыдущем случае, проводим окружность радиусом *R*, откладываем на ней стороны прямоугольника, делаем припуски и вырезаем (рис. 68, *б*).

В тех случаях, когда необходимо указанный колпак сделать из двух половин, проводим прямую, равную стороне *B* (рис. 69). Из точек *1* и *2* тем же радиусом проводим дуги до их взаимного пересечения в точке *S*, после чего из точек *1* и *2* проводим дуги радиусом *R1*=1/2 *A* и касательные от дуг в точку *S*; от касательных проводим перпендикуляры к точкам *1* и *2*, получаем 1/2 развертки заданного колпака (рис. 69).

Отвод прямоугольного или квадратного сечения

Из вершины прямого угла *O* проводим дугу радиуса *R*. На расстоянии величины боковой стенки *B* проводим вторую дугу

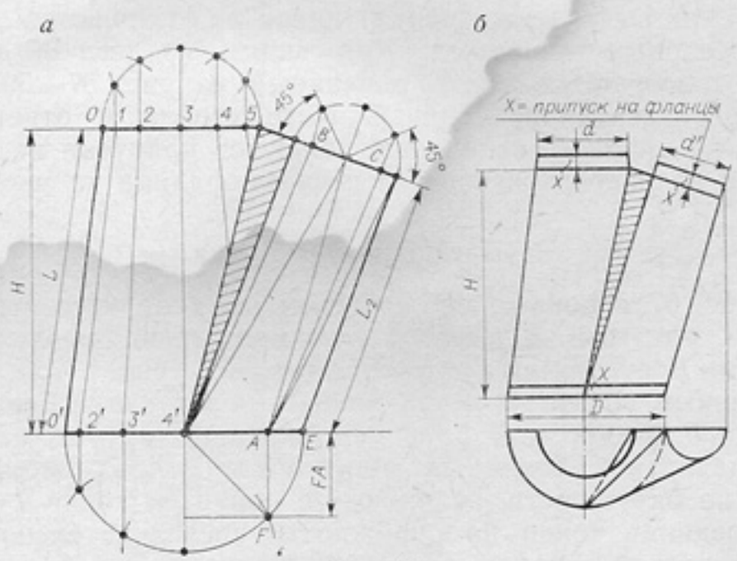


Рис. 66

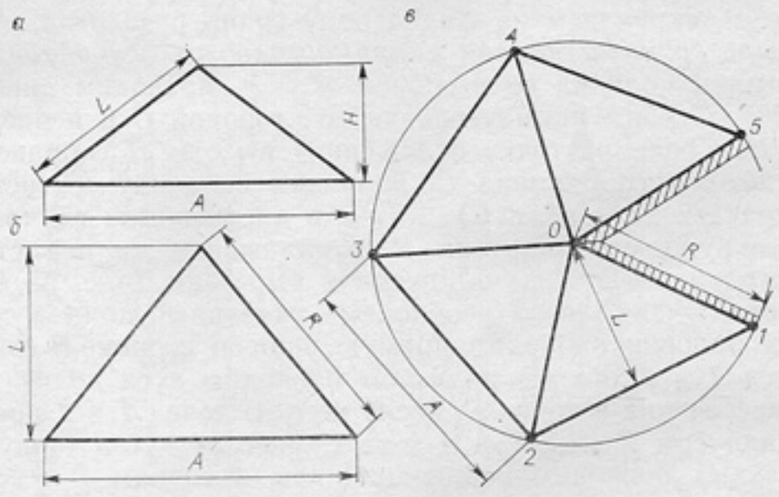


Рис. 67

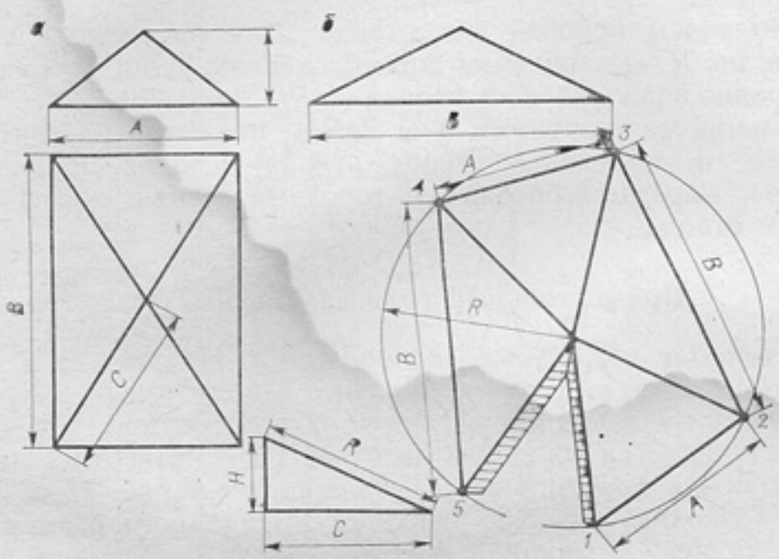


Рис. 68

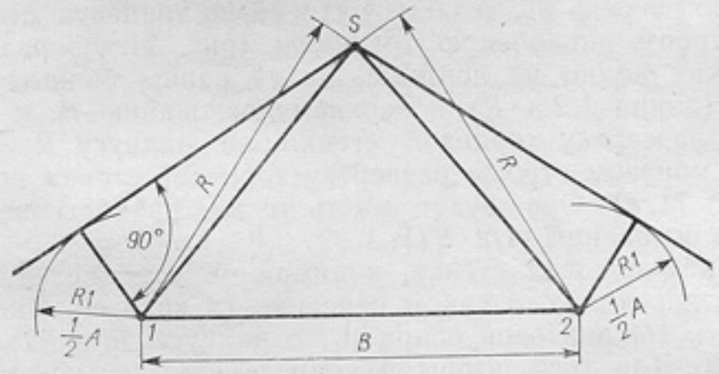


Рис. 69

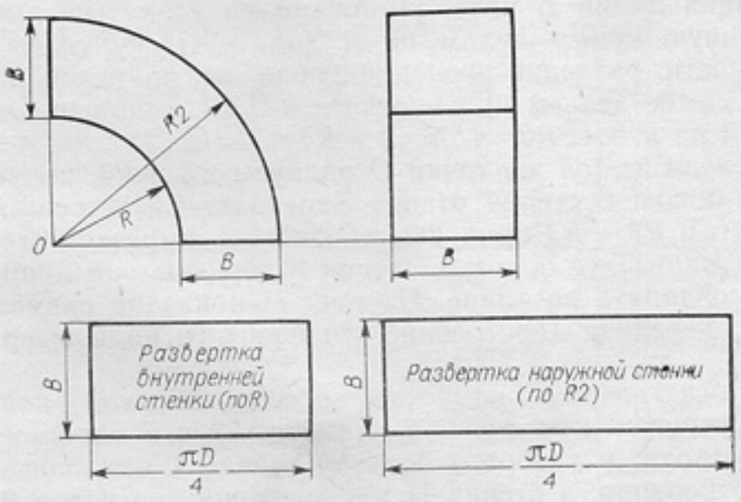


Рис. 70

R2. Получаем боковой вид отвода. Для разметки внутренней стенки по *R* вычерчиваем прямоугольник, одна сторона которого равна величине *B*, а вторая — $\pi R/4$ (рис. 70), и второй прямоугольник со сторонами *B* и $2\pi R/4$, получаем развертки внутренней и наружной стенок отвода. Сделав припуски на фальцы, вырезаем боковые и торцевые стенки, после чего собираем отвод.

Прямоугольный (или квадратный) отвод

Переход с различными основаниями. На рис. 71, *а* показан переход отвода, у которого боковые стенки имеют одинаковую ширину, а торцевые имеют вид перехода с одного сечения (*A*), переходящего на большее сечение (*B*). Развертку начинаем с построения бокового вида, указанного на рис. 71, *а*. Из точки *O* проводим дугу 90° радиусом *R* заданного размера. Прибавив размер *A* (ширина боковой стенки), проводим дугу радиусом *R1*. Получаем боковой вид отвода перехода, после чего в первую очередь размечаем внутреннюю торцевую стенку. Для этого строим равнобокую трапецию (рис. 71, *б*), размеры которой, как видно из чертежа, будут равны нижнему основанию *A* (длина $1/2\,\pi \cdot R$) и верхнему основанию *B*, и получаем полную развертку торцевой стенки по радиусу *R*. Точно таким же образом строим развертку торцевой стенки по радиусу *R1* (рис. 71, *в*). Она будет иметь те же размеры верхнего и нижнего оснований ($1/2 \cdot R1$).

Так как боковая стенка, видимая на чертеже 71, *а* (фронтальная проекция), в таком переходе (в виде ее наклона) будет иметь 1/4 винтовой спирали, то радиусы *R* и *R1* будут изменяться. Для того, чтобы их определить, поступаем следующим образом. Замеряем на вычерченной торцевой стенке длину наклонной линии *L* угла, умножаем ее на четыре, после чего полученную сумму делим на π (на 3,14), получаем диаметр окружности, разделив последний пополам, получаем радиус *R3*. То же самое делаем при подсчете *R4; L1* умножаем на четыре и делим на π, т. е. $R3=4L/\pi:2$ и $R4=4L1/\pi:2$.

Проведя из той же точки *O* радиусы *R3* и *R4*, получаем развертку боковых стенок отвода перехода. Сделав по проведенным дугам *R3* и *R4* припуски на фальцы, вырезаем стенки. При сборке длины дуг боковых стенок и торцевых по линии *L* и *L1* будут совпадать по длине. На рис. 71 показана разметка конического перехода (построение его бокового вида выполнено на рис. 32).

Несимметричный конусный отвод — переход квадратного или прямоугольного сечения. На рис. 72, *а, б* изображена проекция отвода, у которого боковая стенка I наклонена к плоскости основания, а стенка II расположена под углом 90° по отношению к плоскости основания. В отличие от описанного сим-

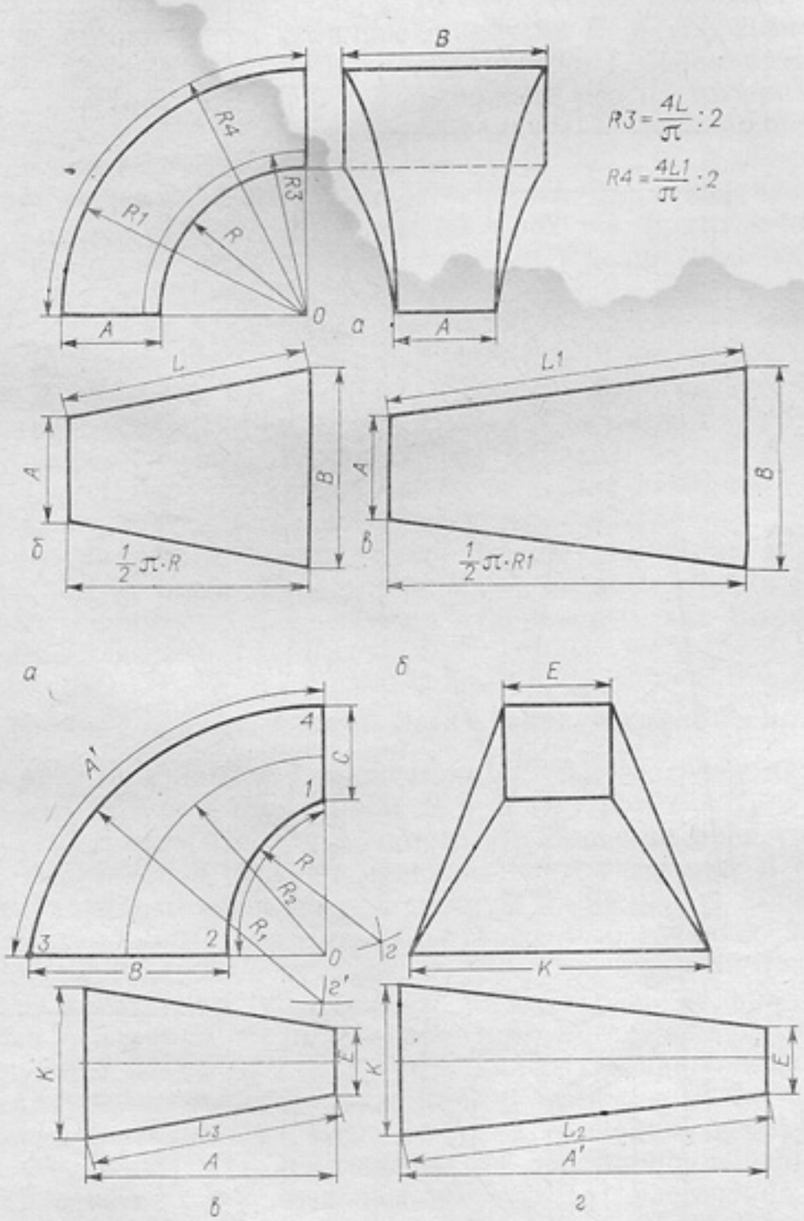


Рис. 71

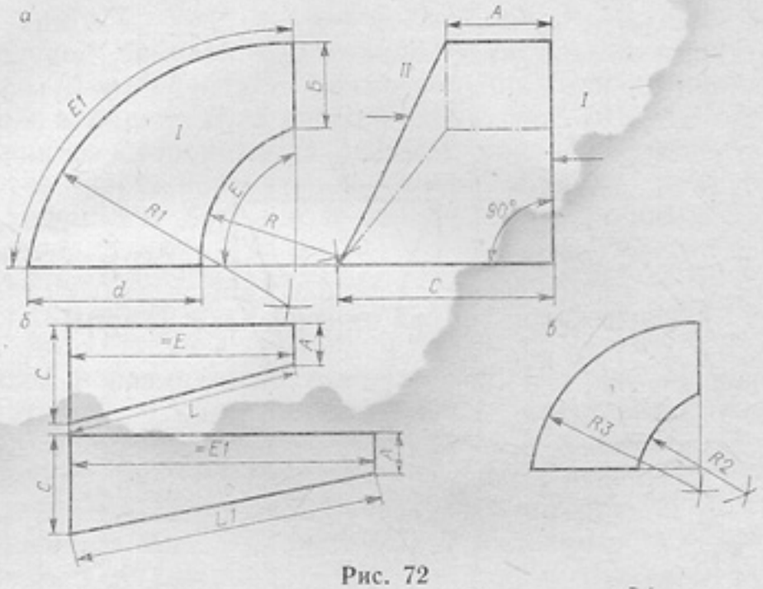


Рис. 72

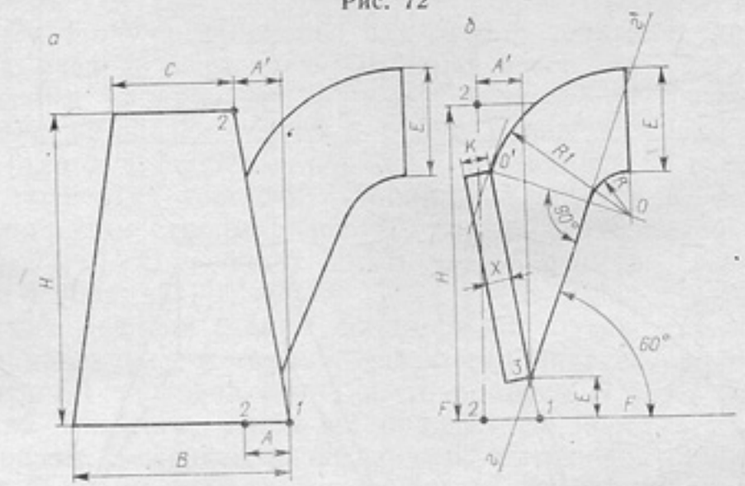


Рис. 73

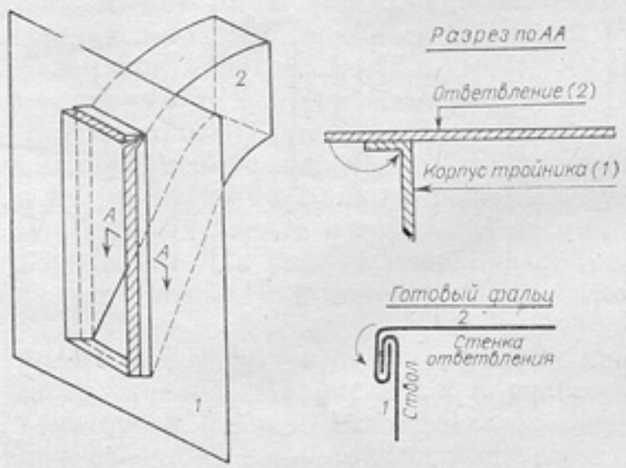


Рис. 74

метричного отвода, разметка боковых стенок будет отличаться тем, что стенка II будет иметь вид стенки I, по которой и вычерчиваются торцевые стенки отвода E и $E1$ (рис. 72, *б*). Так как боковая стенка I наклонена, то естественно она будет отличаться от стенки II по величине радиусов R и $R1$. Для того чтобы определить радиусы наклонной стенки I, берем размер L размеченной торцевой стенки E, умножаем его на четыре и делим на π, т. к. $L=1/4$ окружности радиуса R, т. е. радиус боковой стенки I $R2=L\cdot 4/\pi:2$.

Например, если $L=600$ мм, то $R2=L\cdot 4/\pi=600\cdot 4/3{,}14=$ $=382$ мм (рис. 72, *в*). Получаем $R2=382$ мм (десятые округлены). Таким же образом подсчитываем $R3$ при $L1=900$ мм: $R3=L1\cdot 4/\pi=900\cdot 4/3{,}14=574$ мм.

Получаем $R3=574$. Исходя из этих данных строим боковую стенку *II*, наклонную, у которой будет нижнее основание d, верхнее $Б$, $R2=382$ мм, а $R3=574$ мм. На проведенных этими радиусами дугах откладываем размеры L и $L1$, получим стенку I (развертку рис. 72, *в*). В тех случаях, когда боковые стенки (I и II) имеют различные по величине наклоны к основанию C, строят фронтальную проекцию, по величине дуг вычерчивают торцевые стенки отвода по полученной их длине E и с уклоном L, после чего вычерчивают боковые стенки по полученным величинам L каждую в отдельности, как было указано выше для стенки I на рис. 72, *в*.

Тройник прямоугольного (или квадратного) сечения

На рис. 73, *а* дана проекция прямоугольного тройника, имеющего вид конуса с основанием B и C ($B\times B$ и $C\times C$) и высотой H. Построить ствол указанного тройника не представляет труда. Восстановив перпендикуляр из центра отрезка B и проведя параллельно основанию B прямую на заданной высоте H, откладываем по 1/2 величины C, отложенные точки соединяем с крайними точками основания B, получаем контур заданного ствола. Откладываем величину A, равную разнице нижнего и верхнего основания, деленную пополам. Восстанавливаем перпендикуляры из точек *2* и *1* (рис. 73, *б*). На наклонной образующей *1—2* от точки *1* откладываем величину E до начала ответвления (точка *3*). Через точку *3* проводим прямую под углом 60° (*г—г′*). Параллельно ей на расстоянии величины E (размер ответвления) проводим прямую до пересечения с наклонной образующей *1—2*, получаем точку O'. Из точки O' восстанавливаем перпендикуляр и продлеваем его. На продленном перпендикуляре от прямой *г—г′* откладываем величину радиуса R (точка O), из точки O проводим $R\approx 1/2$ сечения E и $R1=R+E$, из точки O восстанавливаем перпендикуляр, параллельный перпендикуляру высоты H. Получаем очертание ответвления тройника. По линии $O'—3$ делаем припуск на

двойной фальц для соединения со стволом. На рис. 74, *а* показан способ крепления ответвления к стволу тройника. В стенке ствола тройника размечается прямоугольник по размерам ответвления *O′—3* и *E*. Выход ответвления квадратный *E—E*. Во внутреннюю сторону прямоугольника делаем припуск на одинарный фальц, вырубаем полученный внутренний прямоугольник, отгибаем под прямым углом припуск, вставляем ответвление, отгибаем заштрихованную часть (все четыре стороны) на фальц ствола *1*, плотно его сколачиваем, после чего сколоченный шов загибаем на стенку ствола. На рис. 74, *а* и *б* показано крепление ответвления к стволу.

Тройники могут быть различны и по размерам стволов и ответвлений, по высоте и наклону граней ствола и делиться на штанообразные и крестовины. На рис. 75 показана часть из них: 1 — конусный тройник; 2 — крестовина (когда от ствола отходят два ответвления); 3 — штанообразный тройник. Построение стволов не представляет труда, так как они в принципе строятся как описанный выше.

Цилиндрический тройник под углом 90°

На рис. 76, *а* дана проекция цилиндрического тройника с диаметром *d1* (ствол) и ответвлением диаметра *d*, который соединен со стволом под прямым углом. Делим диаметр *d* на шесть частей, опускаем перпендикуляры из точек деления *1—2—3—4* на окружность цилиндра. На боковой проекции цилиндра так же чертим ответвление *d*, делим диаметр на 6 частей, опускаем перпендикуляры из точек деления на цилиндр, с фронтальной проекции сносим параллельными линиями точки *1′—2′—3′—4′* до пересечения с перпендикулярами, опущенными на боковом виде из точек *1—2—3—4*. Точки пересечения на боковом виде *1′—2′—3′—4′* и *5′—6′—7′* указывают точки прилегания образующих ответвления к цилиндру (стволу). После этого легко строится развертка ответвления. Чертится прямая линия, равная πd, делится на 12 частей, из которых восстанавливаются перпендикуляры, равные отрезкам *1—1′*, *2—2′*, *3—3′*, *4—4′*, *5—5′*, *6—6′*, *7—7′*, а далее *6—6′*, *5—5′*... и т. д., т. е. в обратном порядке, как указано на рис. 76, *б*. Отложенные точки соединяем плавной кривой.

Цилиндрический тройник с наклонным расположением ответвления

Вычерчиваем тройник, как указано на рис. 77, *а*. Диаметр наклонного ответвления делим также на 6 частей. Из точек деления *2—3—4—5—6* восстанавливаем перпендикуляры на цилиндр ствола *d1*. Эти же точки параллельно цилиндру сносим прямыми линиями на ось цилиндра. На горизонтальной

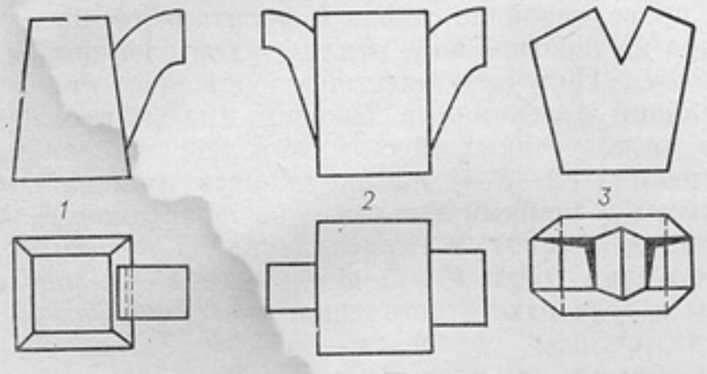


Рис. 75

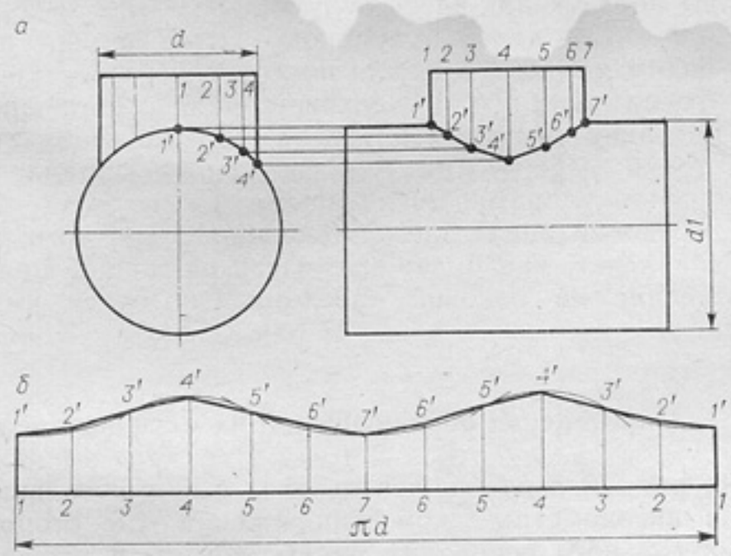


Рис. 76

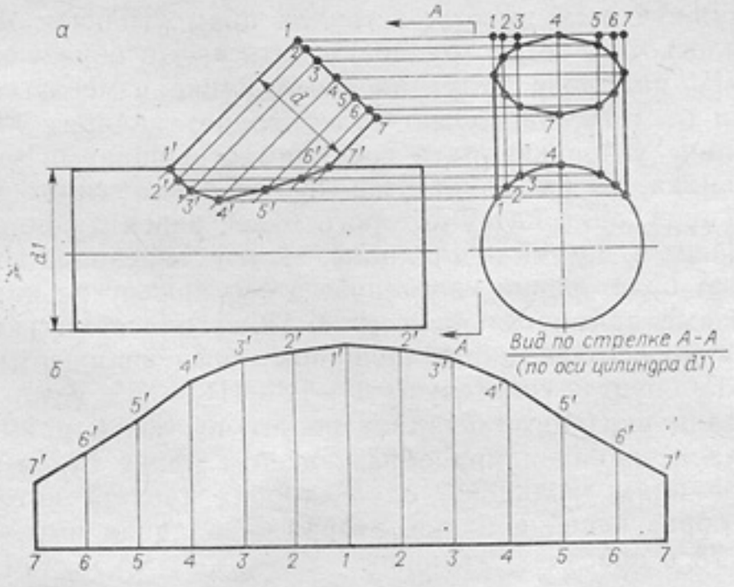


Рис. 77

линии, проведенной из точки *1* фронтальной проекции, от оси цилиндра на боковом виде откладываем размеры от точек *4—3*, *3—2*, *2—1*. Получаем месторасположение точек *1—2—3—4* фронтальной проекции на боковом виде. Опускаем перпендикуляры из полученных точек на боковой вид цилиндра и получаем точки 1—2—3—4 на окружности цилиндра. Сносим параллельными линиями эти точки на фронтальную проекцию до пересечения с линиями перпендикуляров с диаметра ответвления. Получаем точки *1′—2′—3′—4′—5′—6′—7′*, после чего приступаем к развертке ответвления, указанного на рис. 77, *б*, как и в предыдущем случае, с той лишь разницей, что величины образующих здесь будут *7—7′*, *6—6′*, *5—5′*, *4—4′*, *3—3′*, *2—2′*, *1—1′*, а далее будут повторяться в обратном порядке. Как видим из рис. 77, *а*, для построения развертки ответвления достаточно построить 1/2 бокового вида ответвления, т. к. вторая половина симметрична первой. Также необязательно наносить точки пересечения горизонтальных параллельных линий с перпендикулярами, опущенными из точек *1—2—3—4—5—6—7* (боковой вид). Здесь это сделано для того, чтобы иметь представление, как будет выглядеть наклонное цилиндрическое ответвление на боковой проекции. Оно будет иметь вид эллипса.

Определение образующих и их истинных величин

На рис. 78, *а* изображен переход с прямоугольника на квадрат в аксонометрическом изображении, где стороны нижнего прямоугольного основания равны *A* и *B*, а верхнего квадратного *F—F*. Если мы теперь будем поднимать вверх квадрат *FF* на нужную нам высоту, оставляя прямоугольник *A—B* на той же плоскости, то не трудно убедиться, что образующие I—II—III—IV на плане будут по своей длине изменяться в зависимости от того, насколько будет поднят квадрат *FF*. Если мы вершины углов квадрата соединим с вершинами углов прямоугольника, то их длина уже будет равна гипотенузе прямоугольника, один катет которого будет равен длине образующей в плане, а другой — заданной высоте перехода. Истинная величина будет равна гипотенузе этого прямоугольника. Заштрихованные прямоугольники (рис. 78, *а*) поясняют сказанное. Из них видно, что истинные величины образующих в плане I—II—III—IV будут гипотенузы I′—II′—III′—IV′. Куда бы мы не смещали указанный квадрат по отношению к прямоугольнику, всегда истинная длина образующей в плане будет равна гипотенузе прямоугольника, одна сторона (катет) которого — размер образующей в плане, вторая — заданная высота перехода. Рис. 78, *б* поясняет сказанное.

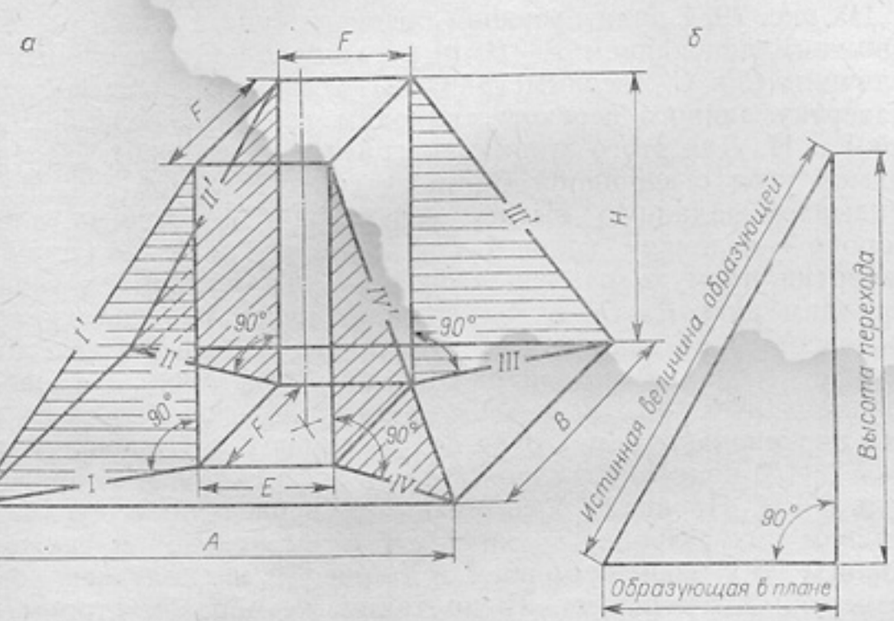


Рис. 78

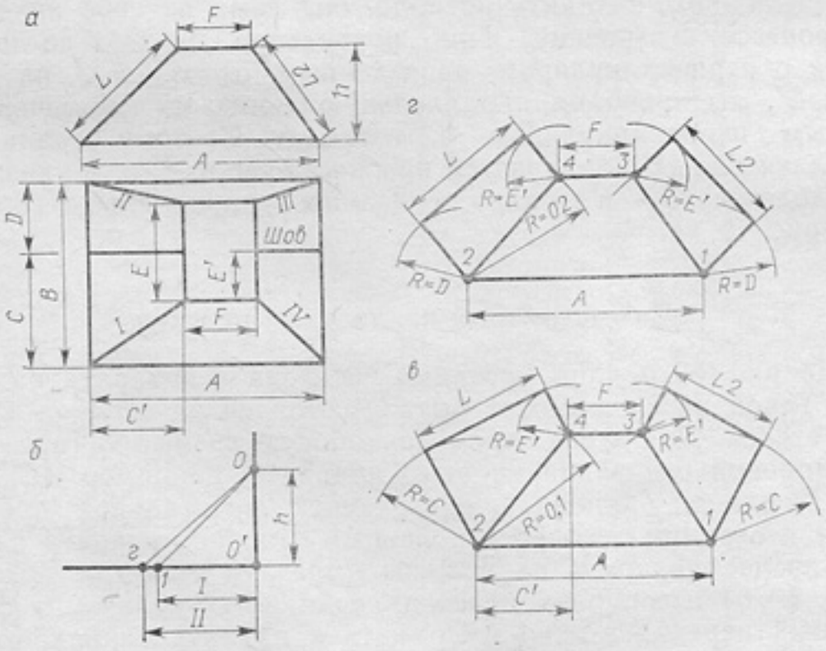


Рис. 79

Переход с прямоугольника на прямоугольник

На рис. 79, *а* дана проекция бокового вида и плана перехода с нижним основанием *A—B* и верхним *E—F*, смещенным на величины *C* и *C′* (несимметричный). Для того чтобы построить развертку данного перехода, находим истинные величины граней I и II. Для этого строим диаграмму (рис. 79, *б*). Начертив прямой угол с вершиной *O′*, на его вертикальной стороне откладываем заданную высоту перехода, а на горизонтальной стороне — величину грани I (точка *1*) и грани II (точка *2*). Начертив прямую, равную стороне *A*, из ее крайней точки *2* проводим дугу *R=O—1* до пересечения с перпендикуляром, проведенным на величину *C′* (точка *4*). От точки *4* восстанавливаем перпендикуляр на расстоянии *F*, из точки *4* проводим параллельную прямую с основанием *A* до пересечения со вторым перпендикуляром (точка *3*). Из точек *3* и *4* проводим дуги *R=E′* (1/2 половины стороны *E*), а из точек *1* и *2* проводим дуги *R=C*. Проводим касательные к проведенным дугам. Соединяем по угольнику точки *2* и *1* с касательной и также соединяем по угольнику точки *4* и *3* (рис. 79, *в*), получаем контур развертки 1/2 перехода. Точно таким же образом строим вторую половину перехода соответственно по размерам второй половины перехода (используя данные грани II, величины *D*). Как видно из построения, величину граней III и IV (как истинную величину) находить не надо, она сама по себе находится в процессе построения. При проведении *R=O1* до пересечения с перпендикуляром, проведенным от точки *2* на величину *C′*, мы проводим параллельную линию до пересечения со вторым перпендикуляром в точке *3*. Поэтому грань *3—1* (в плане она IV) получается при построении, т. к. в указанном переходе верхнее и нижнее основания — параллельны (боковой вид, рис. 79, а).

Симметричный квадратный переход

На рис. 80, *а* дана проекция перехода с квадрата на квадрат. Такой переход может быть изготовлен из четырех отдельных стенок. Для этого берем равнобокую трапецию (рис. 80, *б*) со стороной основания нижнего квадрата, например *AC*, высотой *L*, длиной наклонной образующей фронтальной проекции (*AE*) и верхним основанием, равным стороне квадрата *EH*. По ней после припусков на фальцы вырезаем еще три заготовки (рис. 80, *б*) и собираем переход, соединяя по граням на фальц. Данный переход можно изготовить и из двух одинаковых половин развертки. Для этого, продлив стороны *AE* и *BF* (рис. 80, *а*) до их взаимного пересечения, находим точку пересечения *O*. После этого строим прямоугольник, один катет которого равен 1/2 *AB*, второй равен *L1*. Соединив концы кате-

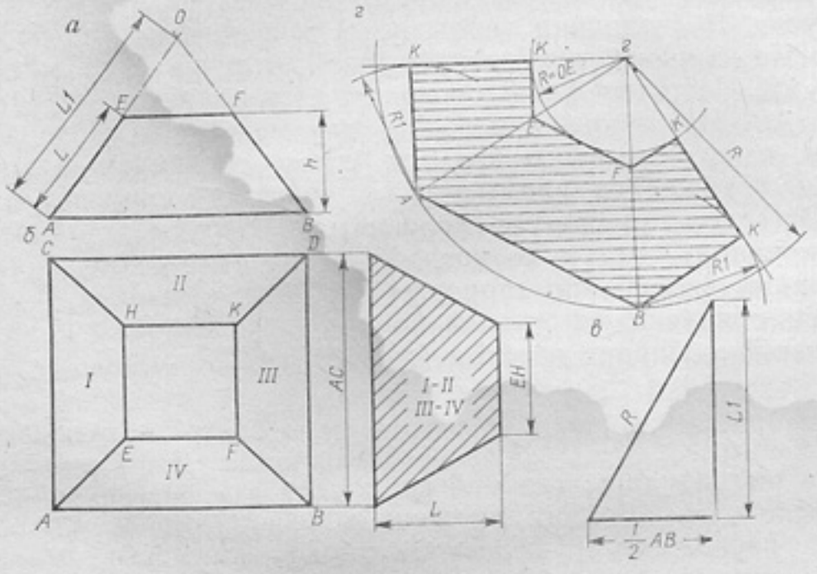


Рис. 80

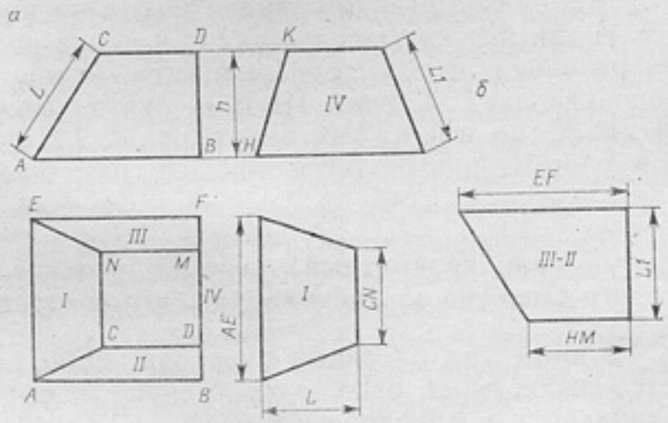


Рис. 81

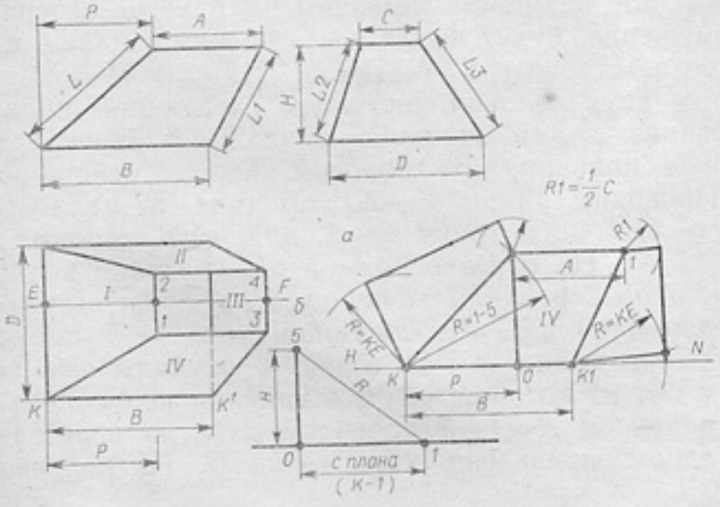


Рис. 82

тов, получаем гипотенузу, равную R (рис. 80, *в*). Из точки *2* радиусом R (величина гипотенузы) и радиусом OE проводим дуги. На большей дуге откладываем величину стороны квадрата AB. Из точек A и B проводим дуги радиусом $R1=1/2$ стороны AB. Из точки *2* проводим касательные к проведенным дугам, касательные под прямым углом соединяем с точками A и B. Также под прямым углом проводим линию к точкам E и F. Получаем контур половины развертки перехода (заштрихованная часть), по которой, после соответствующих припусков на фальцы по сторонам $K—K$, а также, если нужно, делаем припуски на фальцы по сторонам верхнего и нижнего оснований, собираем переход (рис. 80, *г*).

Квадратный переход со смещенными центрами основания

На рис. 81 даны три проекции квадратного перехода, верхнее основание которого смещено к одному краю. Его стенка $D—B$ расположена перпендикулярно плоскости основания. Если переход будет изготавливаться из четырех частей, то стенка I будет в размеченном виде так, как показано на рис. 81, *а*, т. е. так же, как она выглядит в плане по размерам, с той лишь разницей, что высота заготовки будет равна наклонной образующей L. Стенки III и II будут выглядеть, как показано в плане, но высота их будет равна $L1$ (рис. 81, *б*). Дальнейшая сборка производится так же, как было указано выше.

Прямоугольный (или квадратный) переход, верхнее основание которого смещено за пределы нижнего основания

На рис. 82 даны три проекции перехода. Если переход изготавливается из четырех отдельных стенок, то его разметка ничем не отличается от описанного выше.

Его стенки по размерам нижнего, верхнего основания, а также их смещение, будут выглядеть так, как в плане, а высоты будут соответствовать I$=L$, II$=L1$, III$=L2$, IV$=L3$. При изготовлении из двух половин поступаем следующим образом: верхнее основание делим пополам линией EF. Вычерчиваем сначала нижнюю половину (со стороной нижнего основания B, стенка IV). Проводим линию $K—K1=B$ (рис. 82, *а*). Определяем истинную величину грани $K—1$, для чего строим диаграмму (рис. 82, *б*). На отрезке прямой откладываем величину $K—1$ с плана, а по вертикали величину H, равную высоте заданного перехода (точки *1—5*). Соединив точки *1—5*, получаем истинную величину грани R. Из точки K откладываем величину P (точка O), из которой восстанавливаем перпендикуляр. Из точки K радиусом $R=1—5$ проводим дугу до пересечения с перпендикуляром, проведенным из точки O. Из полученной

точки пересечения проводим дугу радиусом $R1$, равным половине верхнего основания C, а из точки K проводим дугу радиусом R, равным части стороны D, т. е. величине $K—E$. Проводим касательную к проведенным дугам, точку K соединяем с касательной под прямым углом к касательной, точку $R1$ тоже соединяем с касательной. От перпендикуляра $O—R1$ из точки пересечения проводим параллельную прямую, равную стороне A перехода, соединяем точку *1* с точкой $K1$, из точки $K1$ проводим дугу $R=KE$, а из точки *1* дугу $R1=1/2\,C$. Соединяем проведенные дуги касательной. Соединяем точки $K1$ и точку *1* под прямым углом к касательной, получаем половину развертки заданного перехода. Вторая половина размечается так же, как и первая, с той лишь разницей, что размеры граней стенки II будут отличаться от размеров граней стенки IV. Стороны стенок I и III будут равны $Д—KE$.

Развернутый квадратный переход (выворот)

На рис. 83, *а* показан воздуховод квадратного сечения, его фронтальная проекция и план. Как видно из рисунка, в плане верхнее и нижнее основания его развернуты на определенную заданную величину. Чтобы начертить план данного воздуховода, поступаем следующим образом: вычерчиваем квадрат $ABCD$ (нижнее основание), из его центра проводим окружность радиусом, равным половине его диагонали, R. Параллельно стороне AB откладываем на окружности размер E, равный величине разворота верхнего основания. От точки *1* на окружности откладываем стороны квадрата, получаем точки *1—2—3—4* на окружности. Соединив эти точки последовательно прямыми, получаем квадрат верхнего основания, развернутый на величину E. Соединив точки $A1—1B — B2—2C—C3—3D$, получаем полный вид развернутого прямоугольного воздуховода. Ввиду того, что данный воздуховод имеет квадратное сечение, построение его развертки довольно просто. Проводим прямую, равную четырем сторонам квадрата $ABCD$. Параллельно проведенной прямой проводим вторую прямую на высоте H, отступив на величину E от точки A. Отложив на ней стороны квадрата, помечаем их точками *1—2—3—4*. Соединив прямыми точки $A—1$, $B—2$, $C—3$, $D—4$ и $A—1$, получаем линии перегиба (рис. 84, *б*) граней перехода. По пунктирным линиям X делаем надгиб в ту же сторону. В готовом виде мы получаем развернутый квадратный воздуховод, состоящий как бы из восьми треугольников.

Переход с развернутыми основаниями (конический)

На рис. 85 показан переход, у которого верхнее основание развернуто по отношению к нижнему аналогично указанному

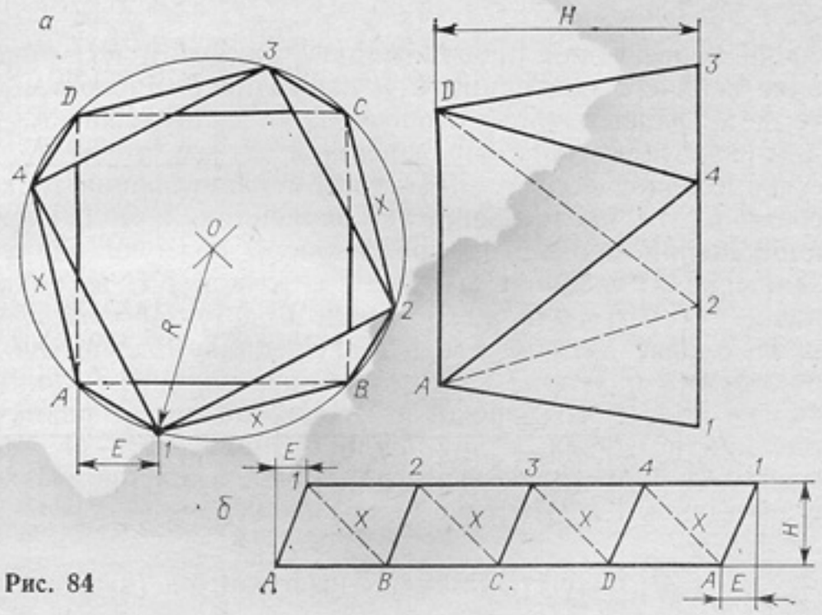


Рис. 84

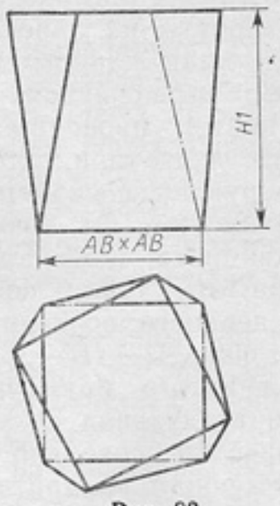


Рис. 83

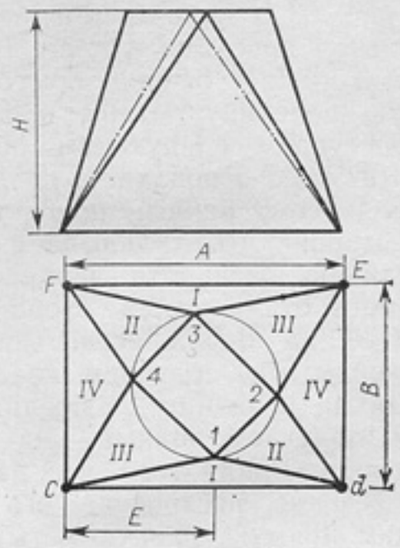


Рис. 85

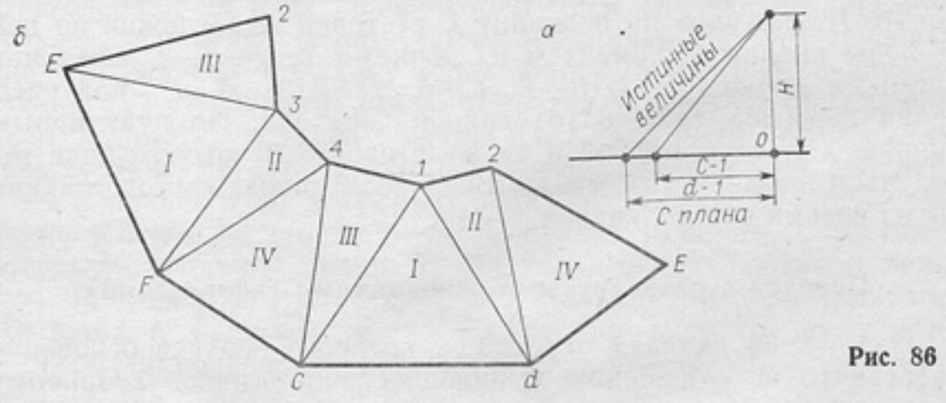


Рис. 86

выше. Но он имеет вид конусного перехода. Построение плана данного перехода производится аналогично предыдущему (сечение не имеет значения, оно может быть квадратным и прямоугольным, прямоугольным на прямоугольное, а также различных размеров). Развертка данного перехода значительно сложнее и производится следующим образом. Как видно из рис. 85, указанный вывернутый переход состоит из отдельных 8 треугольников, попарно равных между собой, I—I, II—II, III—III, IV—IV. Поэтому для построения развертки необходимо найти истинную величину сторон треугольников методом уже описанным. При построении разверток прямоугольных и квадратных переходов в данном случае для примера находим истинные величины сторон треугольника *C1d* (рис. 86, *а*). На горизонтальной прямой от точки *O* откладываем величину сторон *C—1* и *d—1* с плана, на вертикальной прямой от точки *O* откладываем величину *H*, равную заданной высоте перехода. Соединив отрезки *C—1* и *d—1* с точкой высоты, получаем истинные величины образующих. Третья сторона этого треугольника будет равна стороне нижнего основания перехода *C—d*. Начиная построение развертки с треугольника *1*, проводим прямую, равную *C—d*. Из точек *C—d* проводим дуги радиусами, равными истинным величинам образующих до их взаимного пересечения (точка *1*, рис. 86, *б*). От точки *1* проводим дугу *R*, равную стороне верхнего основания *1—2*, а из точки *d* — дугу *R*, равную стороне треугольника *d—2*, из точки *2* проводим дугу *R*, равную *2—E*, а из точки *E* дугу *R*, равную стороне нижнего основания *d—E*, до их взаимного пересечения. Соединив точки *1—2—d—E—2*, получаем часть развертки перехода его грани I—II—IV. Таким же образом, определив истинные величины граней треугольников, причерчиваем треугольники влево III—IV—II—I—III, получаем полную развертку перехода, указанную на рис. 86, *б*.

Винтовая спираль

На рис. 87, *а* показана винтовая спираль, навитая на цилиндр, которая собирается из частей плоского кольца, показанного на рис. 87, *г*, которые крепятся на цилиндре по винтовой линии, как показано на рис. 87, *а*. Винтовая линия, по которой крепятся кольца, показана на рис. 87, *в*. Для изготовления такой прямой винтовой спирали задаются размеры: d — диаметр цилиндра, шаг — расстояние между витками спирали, D — диаметр (наружный) спирали. Для того чтобы понять, как получается линия винтовой спирали на цилиндре, поступим следующим образом (рис. 87, *б*): на листе бумаги вычертим прямоугольник, одна сторона которого равна E — длине цилиндра, а вторая равна πd — длине развертки цилиндра. На стороне E отложим нужное количество шагов спирали (оборотов ее во-

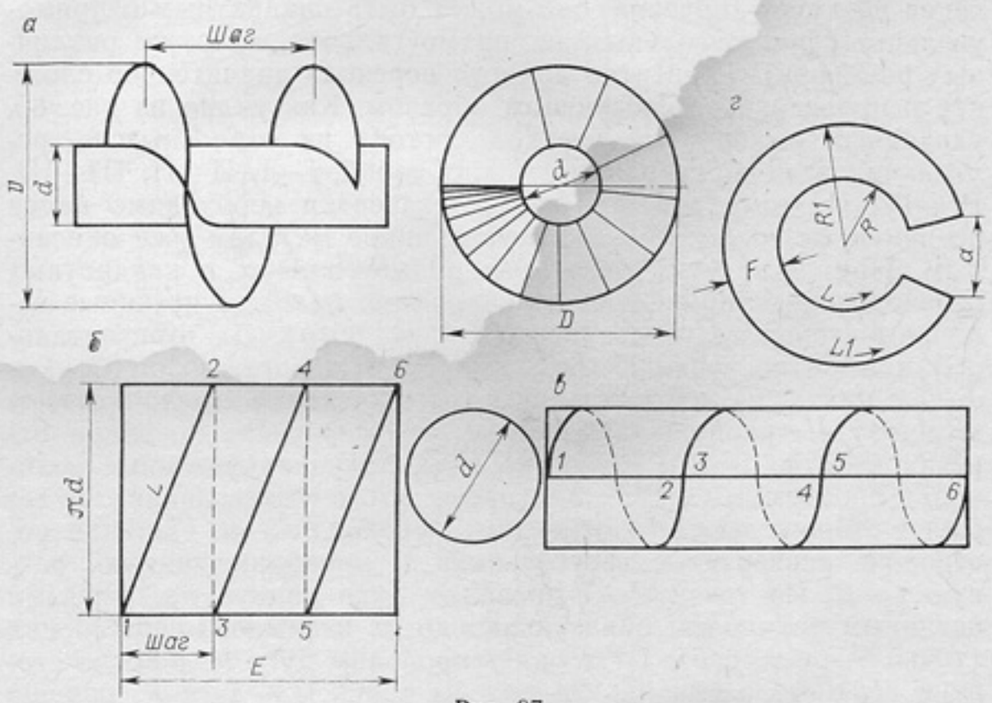


Рис. 87

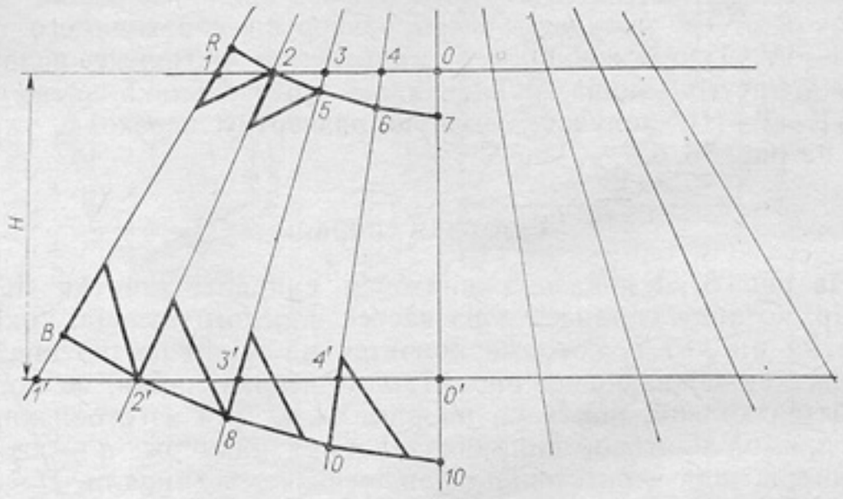


Рис. 88

круг цилиндра), получим точки *1—2—3*, то же самое сделаем на противоположной стороне и получим точки *2—4—6*. Соединим пунктиром точки *2—3* и *4—5*. После этого соединим сплошной линией точки *1—2, 3—4, 5—6*. Если теперь вырежем прямоугольник и свернем из него цилиндр (рис. 87, *в*), то легко убедимся, что линии, проведенные сплошной чертой, будут последовательно продолжать друг друга по винтовой, т. е. линия *1—2* (рис. 87, *в*), потом линия *3—4* и линия *5—6* образуют таким образом винтовую линию на цилиндре, по которой и крепится винтовая спираль (например, шнек). Как видно из рис. 87, *б*, шаг винтовой спирали будет равен гипотенузе L прямоугольного треугольника *1—3—2*, т. е. величине прямой *1—2*. Длина всех последующих витков будет той же.

Расчет кольца винтовой спирали производится следующим образом (рис. 87, *а* и *г*). Например, дано: $d=600$ мм ($\pi D=1884$), $d=300$ мм ($\pi d=942$), $C=200$ мм (шаг), F (ширина кольца): $F=D-d=600-300=150$ мм; $L'=\sqrt{C^2+(\pi D)^2}=1894$; $L=\sqrt{C^2+(d\pi)^2}=957$; $R=F\cdot L/(L'-L)=150\cdot 957/(1894-957)=153$; $R'=R+F=153+150=303$; $2\pi R'=1902$ (длина окружностей); $d=2\pi R'-L'/2\pi R'=(1902-1894)/1902\cdot 360\approx 14°$.

Из изготовленных по полученным размерам колец и собирается прямая винтовая спираль. Например, при изготовлении шнеков.

Построение развертки кругового конуса с недоступной вершиной при помощи угольника

Проводим две параллельные прямые на расстоянии заданной высоты конуса H. Проводим перпендикуляр $O—O'$ из центра проведенных прямых (рис. 88). От точек $O—O'$ откладываем отрезки, равные 1/8 развертки верхнего и нижнего основания. Точки *1—2—3—4* и точки *1'—2'—3'—4'* соединяем прямыми линиями, как указано на рис. Совмещая один катет угольника по линии *1'—1*, а другой — с точкой *2*, проводим прямую, получаем точку R. Таким же образом, совмещая угольник по линии *2'—2* с точкой *2*, проводим прямую, получаем точку *5*, из точки *5* проводим прямую, получаем точку *6* и *7*. Получаем 1/2 радиуса развертки по верхнему основанию конуса, проходящую через точки *R—2—5—6—7*. Вторая половина размечается аналогичным способом. Радиус нижнего основания чертится таким же образом. Совместив катет угольника по линии *1'—1*, а второй с точкой *2'*, получаем точку *B*. Совместив катет по линии *2'—2* с точкой *2'*, получаем точку *8* и т. д. Получаем 1/2 радиуса развертки по нижнему основанию, проходящему по точкам *B—2'—8—9—10*. Вторую половину строим аналогично первой и получаем полную развертку конуса. Уточнив длину дуг верхнего и нижнего основания, чтобы они соответствовали длине разверток, делаем припуски на

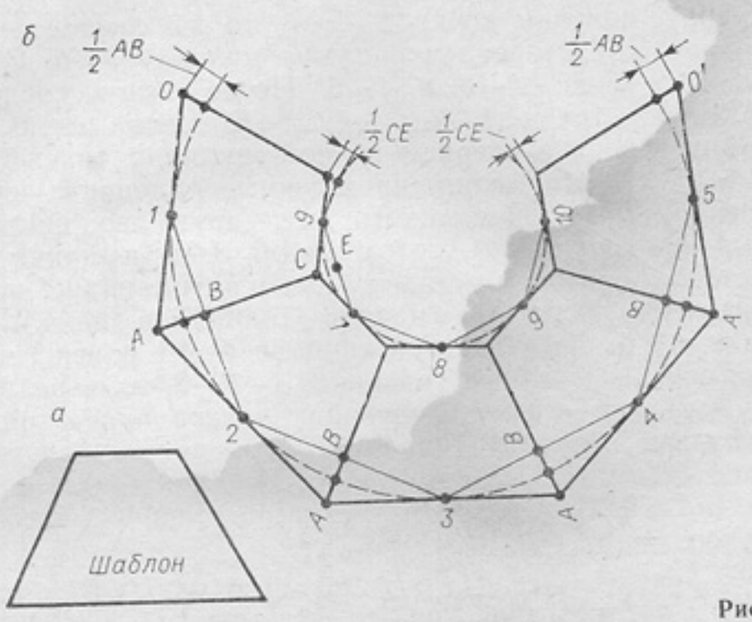


Рис. 89

Отношение сторон прямоугольного тр-ка
Площади и объемы

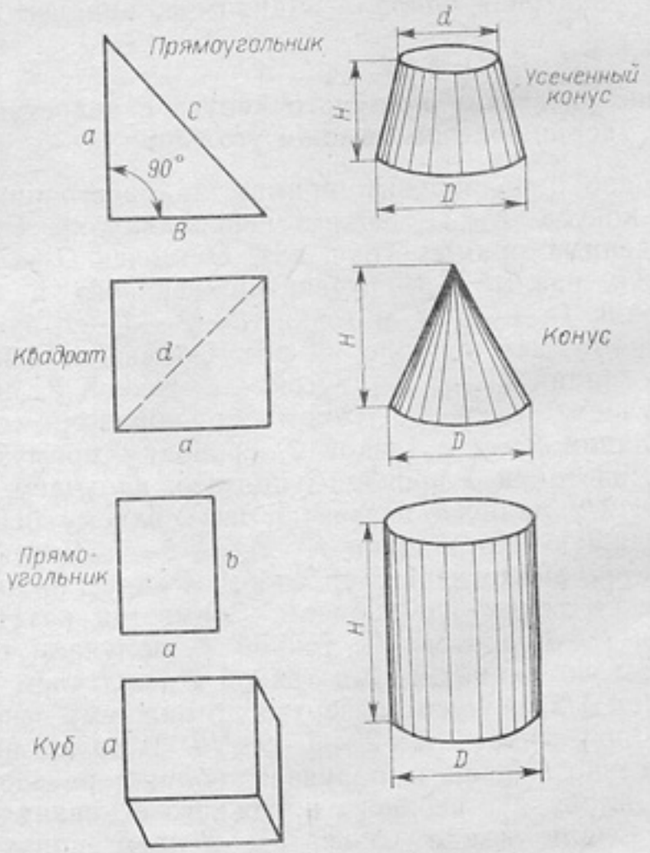


Рис. 90

фальцы и вырезаем заготовку. Указанный способ разметки пригоден и не дает больших погрешностей готового конуса при небольшой разнице в диаметрах нижнего и верхнего основания.

Скругление дуги, приближенной к истинной дуге развертки конуса

При разметке прямых конусов по шаблону (например, рис. 12) бывают случаи, когда конус (диффузор), очень небольшой по высоте, но с большим диаметром верхнего и нижнего основания, выполняется по шаблону (рис. 89, *а*) и необходимо получить более плавную кривую образующих радиусов, приближенных к истинным, поступают следующим образом. Причертив по шаблону нужное количество частей развертки (рис. 89, *б*, здесь для наглядности указано 5 частей и с резкой разницей в диаметрах), все стороны верхнего и нижнего основания причерченных частей делим пополам. Получаем точки *1—2—3—4—5*, а также *6—7—8—9—10* по нижнему основанию, соединяем прямыми точки *1—2*, *2—3*, *3—4*, *4—5*. От точек *О—О'* откладываем 1/2 отрезка *АВ* и, начиная от отложенных точек, плавно скругляя, вырезаем по линии, указанной пунктиром, которая проходит к точке *1*, через середину *АВ* к точкам *2*, *3*, *4*, *5* и к точке, отложенной на крайней части 1/2 *АВ*. Таким же образом делаем и по верхнему основанию, с той лишь разницей, что линии, соединяющие точки *6—7—8—9—10*, проводятся по верху, а отрезок, равный 1/2 *СЕ*, откладывается вверх на продленных крайних сторонах и вырезается также по линии, указанной пунктиром. Уточнив соответствие длин разверток заданных диаметров и сделав соответствующие припуски на швы, вырезаем окончательно вычерченную заготовку.

Чтобы определить величину хорды, выраженную в градусах, надо радиус окружности умножить на табличную величину хорды.

Например, делим окружность на 12 частей. Каждая часть составит 30° от полной окружности. Находим по таблице значение хорды. Оно равно 0,5176. Величина 1/12 хорды будет равна $R \cdot 0{,}5176$. Например, при диаметре 400 мм величина хорды составит $200 \cdot 0{,}5176 = 103{,}52$ мм.

Фальцы

На рис. 92 показаны различные виды фальцев в зависимости от конфигурации деталей изготовляемых воздуховодов. На рис. 92 они пронумерованы, согласно их номерам и приводится описание:

1. Одинарный лежачий фальц, где буквой *а* показано схематическое изображение заготовки фальца, а буквой *б* — его готовый вид. Служит для соединения между собой листов и при

Справочный материал

Длина окружности	$C=\pi D$; $C=2\pi R$	C — длина окружности; R — радиус
Площадь круга	πR^2	R — радиус
Площадь треугольника	$S=aB/2$ Рис. 90	S — площадь; a и B — катеты
Площадь квадрата	$S=a^2$; $d=a\sqrt{2}$ Рис. 90	S — площадь; a — сторона квадрата; d — диагональ
Площадь прямоугольника	$S=ab$ Рис. 90	S — площадь; ab — стороны
Объем куба	$V=a^3$ Рис. 90	V — объем; a — ребро куба
Объем усеченного конуса	$V=\pi H/3+$ $+(R^2+r^2+Rr)$ Рис. 91, *б*	H — высота; V — объем; R и r — радиусы оснований
Объем конуса	$V=\pi R^2H/3$	V — объем; R — радиус основания; H — высота
Объем цилиндра	$V=\pi R^2H$ Рис. 90	V — объем; R — радиус; H — высота
Развертка конуса	$a=R/L\cdot 360$ Рис. 91, *а*	R — радиус; L — образующая
Развертка усеченного конуса	$a=R/L\cdot 360$ Рис. 91, *б*	R — радиус нижнего основания; L — образующая
	$a1=L-L1$ Рис. 91, *б*	L — образующая радиуса дуги; $L1$ — образующая радиуса дуги
Отношение сторон прямоугольного треугольника	$C=\sqrt{a^2+B^2}$; $a=\sqrt{C^2-B^2}$; $B=\sqrt{C^2-a^2}$ Рис. 90	C — гипотенуза; a и B — катеты

Употребительные косинусы

Градусы	Косинус	Примечание
15°	0,9659	
30°	0,8660	$\frac{\sqrt{3}}{2}$ — косинус 30°
45°	0,7071	$\frac{\sqrt{2}}{2}$ — косинус 45°
60°	0,5000	$\frac{1}{2}$ — косинус 60°
75°	0,2588	

Деление окружности и хорды

Количество делений	Градусы	Хорды	Количество делений	Градусы	Хорды
8	45°	0,7654	28	12,85°	0,2235
12	30°	0,5176	32	11,25°	0,1975
16	22,5°	0,3902	36	10°	0,1743
20	18°	0,3129	40	9°	0,1569
24	15°	0,2611			

изготовлении круглых воздуховодов (круглых труб конусов, переходов и т. д.);

2. Двойной лежачий фальц: *а* — заготовка, *б* — готовый вид. Служит в тех случаях, когда необходимо получить прочное соединение. Такой шов после сборки практически трудно разъединить. К тому же он герметичен, придает лучшую жесткость изделию.

3. Двойной стоячий фальц. Применяется при изготовлении деталей прямоугольного сечения больших размеров, когда формат листов мал и приходится листы надставлять. В этом случае такой фальц служит как соединительный и одновременно создает ребро прочности. Буквами указана последовательность его изготовления: *а* — предварительная заготовка; *б* — соединение заготовок вместе и сколачивание края двойного шва со вторым швом (одинарным); *в* — фальц еще раз перегибается и окончательно сколачивается и получаем готовый фальц, вид которого показан буквой В.

4. Угловой одинарный шов. Применяется при изготовлении воздуховодов квадратных и прямоугольных.

5. На нем показан торцевой одинарный фальц (*а*), которым звенья круглых (*б*) воздуховодов соединяются между собой по

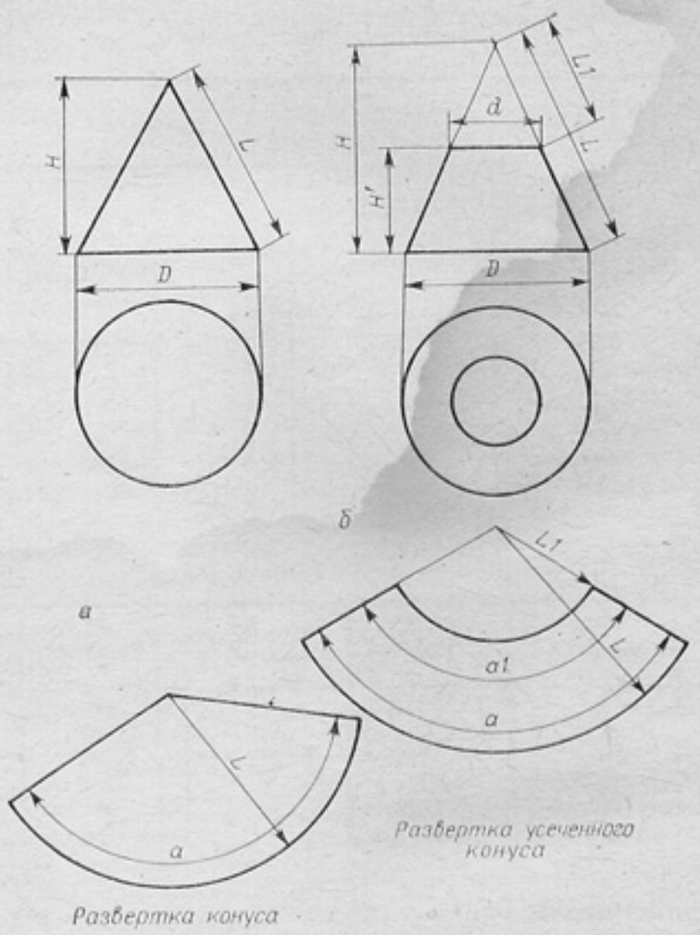
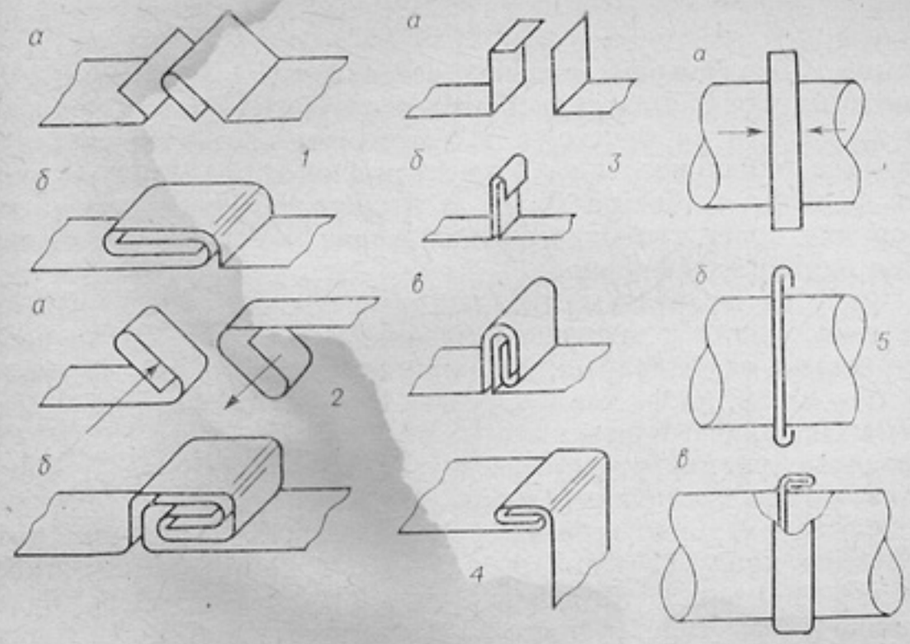


Рис. 91

несколько звеньев, после чего на концах устанавливаются фланцы из углового железа и производится монтаж. Кроме того, такими фальцами соединяются звенья круглых отводов, прифальцовываются патрубки к круглым переходам и т. д.

При небольших квадратных или прямоугольных прямых воздуховодах их сборка на фальц не представляет труда на квадратном бруске.

В тех случаях, когда воздуховод собирается длиной во весь лист стандартных размеров 2000×1000 мм или 2500×1250 мм, то его удобно собирать, как указано на рис. 93. Для этого у стенок *1* и *2* заготавливается двойной фальц (рис. 93, *а*), а у стенок *3* и *4* — одинарный. После чего стенки *3* и *4* выдвигаются, как указано стрелками, одинарными фальцами в стенки *1* и *2*. На рис. 93, *б* показан схематично собранный таким образом воздуховод. Концы фальцев сколачиваются, насаживаются фланцы из углового железа, приклепываются, после чего все фальцы на плите проколачиваются — уплотняются и воздуховод готов к монтажу. Таким образом могут быть также



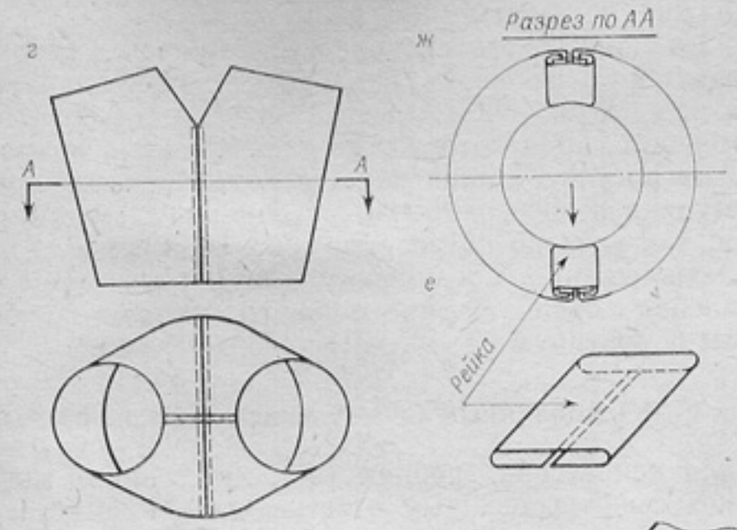


Рис. 92

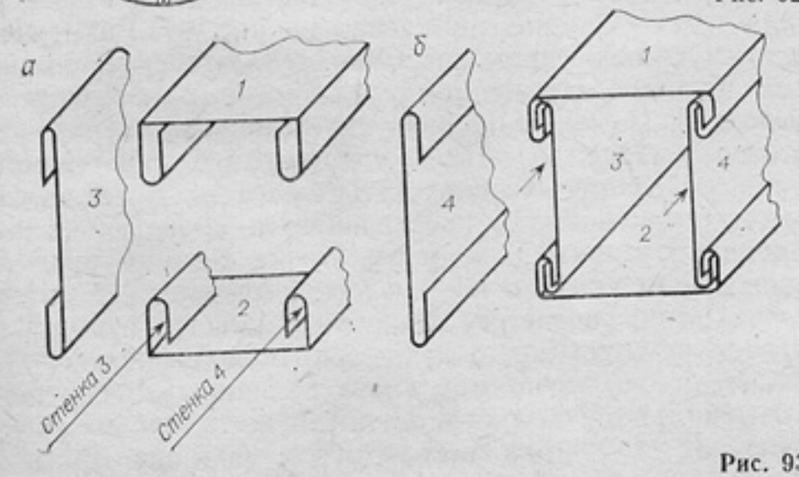


Рис. 93

изготовлены переходы больших сечений, что облегчает значительно их сборку, так как сборка производится прямо на полу без фальцовки на бруске, а это зачастую просто невозможно. Величина одинарного шва 15 мм, двойного 15+15+5, у двойного фальца загибается 15 мм, а второй перегиб 20 мм (5 мм зазор для более свободного скольжения во время движения в нем одинарного фальца.

Припуски на фальцы, указанные на рис. 92, зависят от толщины материала и величины изделия. В среднем для кровельного железа на фальц 1 а, б принимается 15—18 мм. На фальц 2 а, б — 40 мм, на фальц 3 а, б, в — 45 мм, а на фальц 4 — 15—18 мм. На торцевые швы круглых воздуховодов тоже 15—18 мм. Указанные размеры могут меняться в зависимости от материала, а также величины и формы изделия.

Нельзя, например, при изготовлении круглых отводов брать за размер припуска на фальц 15—18, если один отвод имеет диаметр 100 мм, а другой 800 мм. Естественно, здесь будет разница и в размерах фальцев, и качестве изделия. Все это дело практики и должно учитываться при разметке.

На рис. 92, *г* показан штанообразный тройник, который обычно соединяется не на фальц, а на рейках. Принципиально вид рейки указан на рис. 92, *е*, представляющей собой полосу листового материала, края которого по всей длине загибаются, как показано на рисунке. Длина берется по длине заготовленного на ответвлениях шва, которые соединяются вместе при помощи рейки, как указано на разрезе (рис. 92, *ж*), после чего шов плотно сколачивается. Соединенные таким образом между собой ответвления окончательно обрабатываются, насаживаются фланцы и монтируются.

Тройник с вфальцованным ответвлением (круглый)

Круглый или конический тройник (или крестовина) может быть изготовлен с вфальцованным ответвлением. Разметка ответвления такого тройника показана на рис. 94. Размечаем его упрощенным практическим способом. Для этого чертим прямоугольник по длине, равной развертке диаметра ответвления *d1* и по высоте *A*. Из центра его опускаем перпендикуляр, равный высоте ствола (точка *E*). На перпендикуляре проводим окружность, равную *d1* так, чтобы ее край касался точки *E*. Проводим прямую из точки *C*, касательную к проведенной окружности, делим эту прямую пополам (точка *B*) и от руки проводим кривую, как указано на рисунке. Получаем 1/2 развертки. После чего по вырезанному (заштрихованному отходу) очерчиваем вторую половину, получаем полную развертку. Сделав припуск на фальц по прямой части величины *A*, скругляем и сфальцовываем, получаем ответвление, показанное на рис. 94, *в*. Изготовив по заданным размерам ствол тройника (прямой или

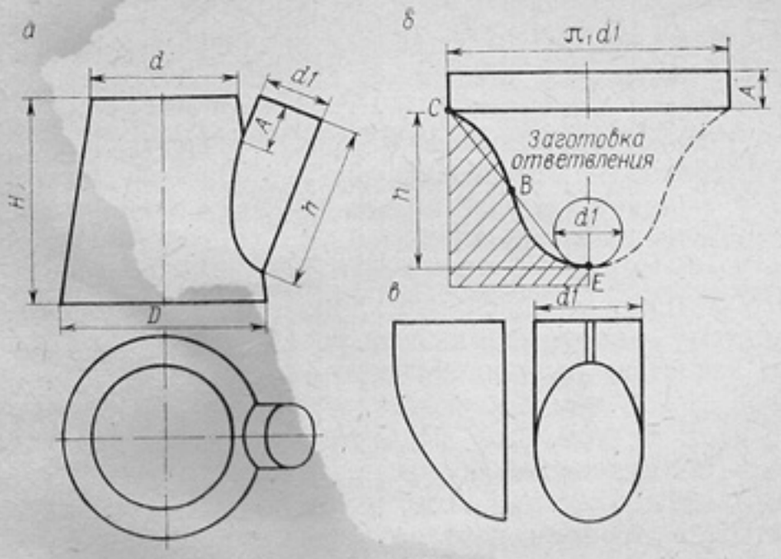


Рис. 94

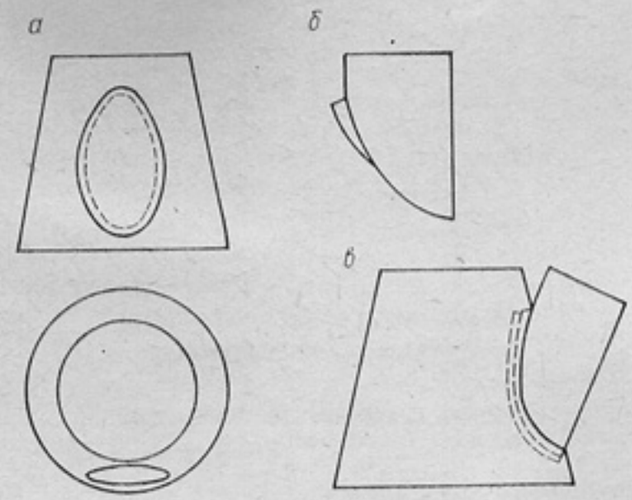


Рис. 95

конусный), прикладываем ответвления к стволу, подгоняя таким образом, чтобы все точки кривой плотно прилегали к стволу. После подгонки очерчиваем контур прилегания и, сделав припуск на одинарный фальц (рис. 95, а, на нем линия припуска указана пунктиром), вырубаем по линии припуска. Величину припуска отгибаем во внутрь под прямым углом у ответвления, делаем отбортовку на двойной фальц в верхней его части на величину 100—150 мм. Вставляем во внутрь ствола так, чтобы отбортованная часть прилегала хорошо к вырубленному контуру ствола. После этого очерчиваем на ответвлении (держа и не обивая его) контур отверстия, вырубаем его в стволе и вынимаем. Припуская на ответвлении по очерченной линии на двойной фальц, излишки обрезаем и, заготовив

одинарный фальц, вновь вставляем и прифальцовываем ответвление к стволу (рис. 95, *б* и *в*). Рисунок поясняет сказанное.

Такой метод разметки и окончательного изготовления при помощи фальца оправдывается практически тем, что как бы мы не размечали ответвление сугубо геометрическим путем (рис. 77), в данном случае нельзя добиться хороших результатов при сборке, и все равно будет необходимость подгонки указанным выше способом. Там, где тройник изготавливается из толстого материала на сварке, конечно, самый лучший способ разметки — это указанный на рис. 77.

Что касается тройников, изготавливаемых из материала толщиной до 1 мм, то указанный способ практически себя оправдывает. К тому же он имеет хорошую герметичность, прочность, а также удобен при монтаже в сочетании с другими деталями, где может соединяться как на фланцах, так и сфальцовываться с другими деталями, что очень немаловажно при изготовлении и монтаже систем воздуховодов вентиляций.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

I. Геометрические построения

Построение перпендикуляра 3
Построение прямоугольного треугольника при помощи окружности 3
Построение прямоугольного треугольника с соотношением сторон 3:4:5 3
Выверка прямоугольного треугольника 4
Деление прямого угла на 2 части 4
Деление прямого угла на 3 части 4
Деление окружности на 5 частей 6
Деление окружности на 6 и 12 частей 6
Проведение окружности через три произвольно расположенные точки 6
Построение завитка по четырем центрам 6
Квадрат, вписанный в окружность 8
Квадрат, равновеликий по площади кругу 8
Нахождение контурных образующих 8
Деление бокового вида окружности на 6 частей без построения окружности 8

II. Разметка фасонных частей

Преобразование конуса, усеченного не параллельно плоскости основания, в прямой 10
Полный конус с доступной вершиной 12
Усеченный конус с доступной вершиной 12
Усеченный конус с недоступной вершиной 12
Конус с наклоном образующей 60° с заданными диаметрами . . . 14
Конус с наклоном образующей 45° 14
Нахождение радиуса, образующего развертку конуса, по разнице в диаметрах 15
Построение развертки усеченного эллиптического конуса с круговым основанием и недоступной вершиной 15
Построение развертки конуса со смещенными центрами оснований при помощи разбивки на треугольники 17
Построение развертки усеченного конуса, центр верхнего основания которого смещен за пределы нижнего основания 21
Построение конуса, усеченного не параллельно плоскости основания, с доступной вершиной и его развертка 21
Разметка конусного воздуховода 23
Отвод круглый 90° 23
Конусный прямоугольный или квадратный отвод 28
Разметка, построение и расчет круглого конусного отвода 28
Утки 31
Переходы 35
Тройники 42
Четырехгранный колпак 53
Отвод прямоугольного или квадратного сечения 53
Прямоугольный (или квадратный) отвод 56
Тройник прямоугольного (или квадратного) сечения 59
Цилиндрический тройник под углом 90° 60
Цилиндрический тройник с наклонным расположением ответвления 60
Определение образующих и их истинных величин 62
Переход с прямоугольника на прямоугольник 64
Симметричный квадратный переход 64
Квадратный переход со смещенными центрами основания 66
Прямоугольный (или квадратный) переход, верхнее основание которого смещено за пределы нижнего основания 66
Развернутый квадратный переход (выворот) 67
Переход с развернутыми основаниями (конический) 67
Винтовая спираль 69
Построение развертки кругового конуса с недоступной вершиной при помощи угольника 71
Скругление дуги, приближенной к истинной дуге развертки конуса 73
Фальцы 73
Справочный материал 74
Тройник с вфальцованным ответвлением (круглый) 78