

62.18
Проф. К. Г. ГРЕЙНЕР

КОТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

РАЗМЕТКА
В КОТЕЛЬНОМ ДЕЛЕ

ОНТИ • ЭНЕРГОИЗДАТ • 1934

НТБ
ДНУЖТ

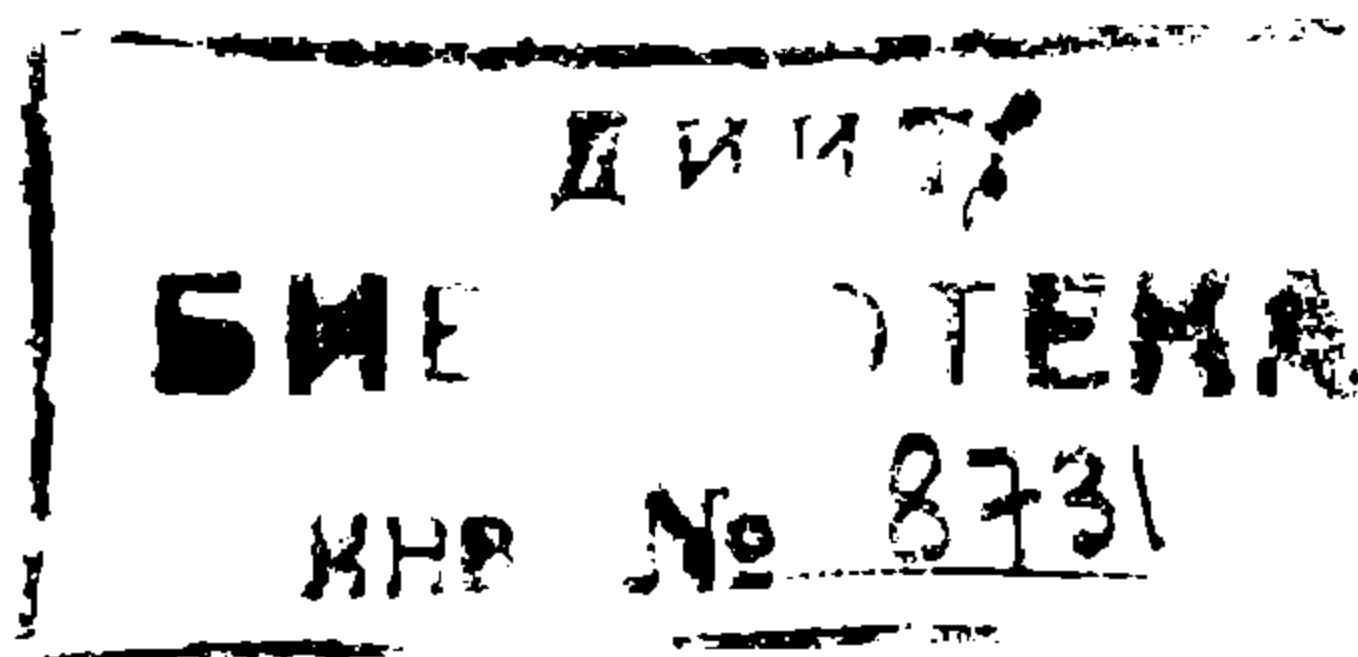
Проф. К. Г. ГРЕЙНЕР

КОТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

Р А З М Е Т К А В КОТЕЛЬНОМ ДЕЛЕ

Просмотрено и дополнено инж. С. Г. Кон-
цевичем

*Допущено Главным управлением учебны-
ми заведениями при НКТП СССР в каче-
стве учебника для вузов*



НКТП



СССР

ОНТИ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД

1934

МОСКВА

НТБ
ДНУЖТ

ЭТ-25-5-2

ПРОБЫ 1 67

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА.

Книга покойного профессора К. Г. Грейнера является первым капитальным трудом, в котором собран и систематизирован весь обширный материал по разметке, скопившийся как в периодической литературе, так и на целом ряде передовых по технике советских и иностранных предприятий. Сколько-нибудь значительных и солидных пособий по разметке не имеется в литературе ни одной страны, и вышедшие до сего времени книги и брошюры содержат и освещают только некоторые частные вопросы, входящие отдельными слагаемыми в общий комплекс этого предмета. Предлагаемая книга отличается также от всех имеющихся в этой области трудов тем, что в нее вошли и последовательно разработаны все вопросы, наиболее часто встречающиеся в повседневной практике разметчика: от построения простого угла до разметки сложных изделий под горячую обработку и штамповку.

Вследствие идентичности приемов разметки металла, идущего на изготовление котлов, с приемами, применяющимися в мостостроении и судостроении, настоящая книга не ограничивается изложением разметки в котлостроении, а затрагивает также вопросы разметки в мостостроении и судостроении. Такой подход к изложению темы, помимо ознакомления котлостроителей с постановкой разметки в смежных областях, имеет целью практически способствовать перенесению опыта разметки из одной смежной области в другую в тех случаях, когда это представится целесообразным по условиям работы.

Конкретные примеры разметки, приведенные в настоящей книге, относятся в большинстве случаев к изделиям клепаных конструкций. Наметившийся в технике бурный переход от изделий клепаных конструкций к сварным не изменяет, однако, в основном всех тех приемов и методов, которые десятилетиями совершенствовались и разрабатывались лицами, работающими в этой области. Сварные конструкции уменьшают вес изделия, намного упрощают и ускоряют их разметку и обработку за счет уничтожения целого ряда производственных операций и дают целый ряд еще других преимуществ. Однако все это в настоящее время еще не может служить поводом к полному игнорированию клепаных конструкций в новых сооружениях и изделиях, поскольку сварка пока находится в экспериментальном состоянии и поскольку везде и всюду в эксплуатации имеются еще изделия клепаных конструкций, ремонт которых не во всех случаях возможно осуществить сваркой.

Инж. С. Г. Концевич.

Ленинград,
1934.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.

Едва ли какая-либо другая отрасль техники так бедна литературой, как котельное дело. Здесь сказывается то обстоятельство, что в этой области работало мало высококвалифицированных технических сил, что объясняется специфической производственной обстановкой котельного дела, с характерным для нее оглушительным шумом, грохотом, пылью и копотью, а также то, что в наших втузах по этому сложному и ответственному производству до последних лет почти ничего не преподавалось.

С целью восполнить существующий пробел и ознакомить советских техников с этой обширной отраслью металлопромышленности было предпринято чтение соответствующих курсов в Ленинградском Технологическом (с 1925/26 года) и Политехническом (с 1928/29 года) институтах и задумано издание обширной монографии по котельному производству.

В вышедшей в начале 1929 года первой части изложен „Общий курс котельного дела“ в том виде, как он читался в названных втузах. Первая часть имела целью дать читателю общее ознакомление с котельным производством, с тем, чтобы в следующих частях были даны практические сведения по отдельным технологическим этапам котельного производства, которые могли бы быть полезными не только учащимся во втузах, но и практикам котельного дела.

Настоящая книга является первым таким дополнением к общему курсу и имеет целью систематическое изложение одного из первых и ответственных этапов в котельном производстве — так называемой разметки, от хорошего выполнения которой зависит успех всех дальнейших операций и которая требует как знакомства с самим производством, так и умения читать чертежи, а также знания алгебры, геометрии и тригонометрии. Для того, чтобы книга была доступна широким кругам практиков, изложение ведется в общедоступной форме и, где возможно, даются практические правила вместо математических выводов.

Лица, занимающиеся разметочными работами, т. е. разметчики, должны уметь, когда это надо, составлять спецификации материалов, потребных для изготовления того или иного изделия, что, в свою очередь, требует знания некоторых, правда очень простых и несложных, приемов, без которых правильной спецификации не составить. Неправильная же спецификация, в особенности на изделия из цветных металлов, может повести к большим убыткам.

Даже такое, казалось бы, простое дело, как подсчет числа и размеров заклепок, требует некоторых практических сведений.

Наконец, каждому инженеру (даже не котельщику) и разметчику приходится сталкиваться с вопросами о ремонте тех или иных котельных изделий,

и в этом случае нельзя обойтись без знания рационального ведения процессов котельного производства.

Из изложенного легко видеть, что таких больших требований к среднему и низшему техническому персоналу не предъявляет, пожалуй, ни одно производство.

В виду отсутствия не только на русском языке, но и в мировой литературе¹⁾ достаточно исчерпывающего руководства по разметке, автор собрал в настоящей работе обширный материал, разбросанный по журналам и отдельным изданиям, и приложил все старания к тому, чтобы его систематизировать и изложить с возможно большей полнотой, избегая по возможности повторений.

Вся книга состоит по существу из двух разделов.

В первом разделе даются общие сведения о разметочных работах, описание применяемых разметчиками инструментов и геометрических построений, расположенных в порядке их сложности, кончая примерами часто встречающихся, характерных и затруднительных разверток.

Во втором разделе приводятся числовые примеры разметки наиболее характерных изделий, взятых из нашей практики, как то: мостовой фермы, паровых котлов разных систем и т. п.

В этой книге автором были привлечены к сотрудничеству лучшие разметочные силы Ленинграда в лице инженеров: Ф. Г. Грачева, А. Э. Данюшевского, С. Г. Концевича, И. И. Рожкова и др.; котельных мастеров и старших разметчиков: И. Г. Звирбуль, В. Н. Скобунова и др., участие которых в составлении той или иной главы особо отмечено в подзаголовках. Автор считает своим долгом высказать им свою благодарность за участие в настоящей работе.

К. Г. Грейнер.

Ленинград,
1932.

¹⁾ Имеющееся на английском языке американское издание (анонимное) „Laying out boiler makers“, выдержавшее уже несколько изданий, посвящено исключительно разметке изделий прочно-плотных (герметических) и в нем ни слова не говорится о металлических конструкциях и мостах, разметка которых имеет свои особенности, которые необходимо знать разметчику для полноты его квалификации.

Небольшая немецкая книжка Jaschke „Die Blechabwickelungen“, касаясь также разметки этого рода изделий, страдает еще тем, что рассматривает главным образом геометрические построения различных разверток, не давая почти никаких примеров применения их на практике и не сообщая никаких практически полезных данных для разметчиков в их повседневной работе.

Наконец, появившаяся в 1929 г. на книжном рынке английская книжка главного инженера Американской Мостовой компании (American Bridge Co) Denner „Detailing and fabricating Structural Steel“ является, пожалуй, наиболее интересной, как представляющая обзор малоизвестных советскому читателю американских методов и организации производства, главным образом, в области мостостроения. Эта книжка переведена на немецкий язык под названием „Amerikanischer Brückenbau“.

ВВЕДЕНИЕ.

ЗАДАЧИ РАЗМЕТКИ.

В общем курсе „Котельного дела“ того же автора уже указывалось, что под котельным производством разумеется весьма обширная область механической технологии металлов, обнимающая изготовление всевозможных изделий из катаных металлов — железа (стали), меди, цинка и т. п., имеющих применение во всех отраслях народного хозяйства.

Изделия эти имеют одну общую им всем черту — все они составлены из отдельных кусков металла, в виде листов и полос различных профилей, соединенных друг с другом заклепками или путем сварки.

Существенной частью котельного производства является разметка. Ее основные задачи сводятся: а) к определению размеров, которые должны быть приданы отдельным кускам металла, в листах или полосах различных профилей, предназначенным для изготовления данного изделия, и б) к нанесению этих размеров на подлежащие обработке металлические листы или полосы, обозначая на них прямыми или кривыми линиями места обработки.

§ 1. СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ И ЭЛЕМЕНТЫ ИЗДЕЛИЯ.

Выдача заказа в мастерскую сопровождается посылкой чертежей заказываемого изделия с перечнем материалов, из которых оно должно быть изготовлено. Такой перечень, называемый обычно спецификацией материалов, должен содержать графы с указанием всех, могущих оказаться при изготовлении необходимыми, данных, а именно: название и сорт материала (а в некоторых случаях — и эскиз), его размеры, число штук, веса — чистый и черный — как отдельных штук, так и общий и т. д.

Спецификации посылаются при заказе обычно в трех экземплярах: один передается в склад стали, второй — в разметочную, а третий — в распределительное бюро цеха. Чертежи посылаются в двух экземплярах, из которых один поступает в распределительное бюро, а другой — в разметочную, которая, по миновании в них надобности, в свою очередь, направляет их ответственному мастеру.

По поступлении заказа в цех, первой задачей руководящего технического персонала является подробное ознакомление с чертежами и спецификациями, приложенными к заказу, в целях полного уяснения себе конструкции всего изделия в целом и составления плана работ, в особенности сборочных, так как для некоторых конструкций правильный выбор способа сборки имеет решающее значение для всего хода изготовления заказа и в частности для назначения так называемых сборочных комплектов или узлов.

Спесификации составляются чаще всего по следующей форме:

ЗАКАЗ № _____

Спесификация на материалы для изготовления парового котла
для товарного паровоза типа 0-5-0.

№ п/п	№ деталей по общ. спесиф. на паровоз	№ мо- делей	№ чер- тежа	Наименование деталей или эскизы и их размеры	Род мате- риала	Коли- че- ство	В е с ш т у к и	
							черн. кг	чист. кг
1	108	—	—	I. Корпус котла Лобовой лист кожуха топки: 2400×2700×16 .	Ст. 2	1	—	645,0
2	109	—	—	Ухватн. лист кожуха топки: 2450×2800×18	Ст. 2	1	—	565,0
3	110	—	—	Шинельн. лист верх- ний: 2580×2760×16 .	Ст. 2	1	—	838,0
4	111	—	—	Шинельн. лист боко- вой: 2050×2760×16	Ст. 2	1 + 1	—	643,0
5	112	—	—	Наружн. стыков. на- кладка: 202×2750×16 . и т. д.	Ст. 2	1 + 1	—	51,0

Для мостовых ферм принято составлять спесификацию по несколько иной форме, представляющей больше удобств при ее проверке. Форма, принятая Цужелом, имеет следующий вид:

Исчисление веса пролетного строения отверстием 76,8 м с ездой понизу.

№ частей	Наименование частей	Размеры одной части		Количество	Общая длина в м или площадь в м ² , или объем в см ³	Вес 1 пог. м или 1 м ² или 1 см ²	Общий в е с кг	
		Толщина мм	Ширина Длина мм или площадь см ²					
I. Главные фермы								
В одной ферме:								
§ 1. Опорные ноги								
1	Внутренний вертик. лист . . .	12	670	9800	4	39,20	63,11	2473,91
2	Внутренний вертик. лист	14	670	9725	4	38,90	73,63	2864,21
3	Наружный вертик. лист . . .	12	280	3625	4	14,50	26,38	382,51
4	Накладки к ним .	14	670	1200	4	4,80		
5	"	14	670	1350	4	5,40		
						10,20	73,63	751,03
6	Средний гориз. лист	12	420	11550	2	23,10	39,56	913,84
7	Поясн. угольники:							
	верхние и нижние.	12	130×85	11235	8	89,88		
	средние	12	130×85	11550	8	92,40		
						182,28	19,24	3507,07
и т. д.								

Сборочными комплектами или узлами называются те составные части изделия, на которые оно может быть расчленено в целях предварительного отдельного их изготовления, с тем чтобы затем возможно удобнее, быстрее и дешевле можно было собрать уже все изделие в целом.

Таковыми комплектами являются, например:

а) в котлах: корпус котла, топка (жаровые трубы, оборотные камеры судовых котлов или призматические топки паровозных котлов и т. д.), трубчатые батареи или секции водотрубных секционных котлов, коллекторы, сухопарники и т. п.

б) в мостах и металлических конструкциях: стойки, раскосы, панели поясов (стропильные ноги), продольные и поперечные балки и ветровые связи (фермочки) и т. п.

На рационально организованных заводах обсуждение этих вопросов производится еще при проектировании конструкции в техническом бюро, для чего в сложных случаях к таким совещаниям привлекаются не только заведующий котельно-мостовым цехом, но и сборочный мастер и старший разметчик.

Такие предварительные совещания приводят весьма часто к значительной экономии рабочей силы и к снижению стоимости сборочных приспособлений, а равно и к сокращению длительности изготовления заказа.

По составлении оперативного и календарного плана работ, чертежи и спецификации распределяются, как было указано выше, между различными органами цеха, которые и приступают, каждый в своей части, к исполнению заказа. Так, разметочный мастер, а там, где его нет, старший разметчик, получив в свои руки необходимые материалы т. е. чертежи и спецификации, наводит прежде всего справку на складе, какие из материалов прибыли, и если окажется, что к работе приступить возможно, то он посылает на склад так называемое „требование“ на материал, изучает чертеж и намечает, в каком порядке и кем из его сотрудников будут исполняться те или иные работы.

Как уже указывалось, задача разметочной мастерской заключается в том, чтобы на материал, перечисленный в спецификации, нанести те размеры, по которым каждая деталь должна быть обработана.

Вот это нанесение размеров на материал, состоящее в расчерчивании детали с проставлением на ней разного рода отметок в виде прямых и кривых линий, точек, кружков, крестиков и других условных обозначений, и называется разметкой.

Разметка и наметка. Строго говоря, не всякое нанесение на поверхность обрабатываемой детали размеров называется разметкой. Наносить размеры можно и приемами так называемой наметки, которая отличается от разметки тем, что в случае наметки размеры на материал наносятся не с чертежа, а с обработанной уже детали, т. е. с натуры. Наметка следовательно сводится по существу к различным приемам копирования. Так как, с одной стороны, котельные изделия состоят обычно из большого числа одинаковых деталей и так как, с другой стороны, разметка, благодаря высокой квалификации разметчиков и связанной с тщательностью работы медлительности разметочных работ, обходится довольно дорого, то в целях экономии размечается всегда только необходимый минимум деталей. Затем детали эти обрабатываются согласно разметке, а по ним уже намечаются все остальные, одинаковые с ними, или симметричные, или парные детали путем их копирования с обработанной детали, которая в этом случае называется шаблоном.

Практика показывает, что при наличии даже двух одинаковых деталей уже выгодно только одну из них разметить, а вторую наметить по первой.

Шаблоны и кондуктора. На практике по шаблону редко приходится намечать только одну деталь, так как в каждом котельно-мостовом изделии всегда имеется несколько одинаковых или парных деталей. Так, барабаны (корпуса) котлов состоят обычно из нескольких звеньев, среди которых несколько штук наружных (большого диаметра) и несколько внутренних (меньшего диаметра); жаровые трубы также состоят обычно из нескольких одинаковых звеньев; в резервуарах — каждый пояс состоит из нескольких одинаковых листов; в стропильных фермах, которых заказывается обычно несколько штук (на перекрытие здания), бывает весьма много намечаемых деталей, при ограниченном числе размечаемых. Так как в огромном большинстве случаев фермы симметричны, то только половина деталей одной фермы подлежит разметке. В мостовых конструкциях дело обстоит еще более благоприятно, так как разметке подлежит менее одной четверти всех деталей, в виду симметричности этих ферм в отношении двух вертикальных плоскостей: продольной (по оси моста) и поперечной, проходящей через середину мостовой фермы, и благодаря тому, что каждый элемент фермы, в свою очередь, имеет свои плоскости симметрии.



Рис. 1.

При крупносерийном и в особенности при массовом производстве разметка и наметка с выгодой заменяются обработкой по кондукторам. Кондуктор отличается от шаблона тем, что он, с одной стороны, служит главным образом для получения на обрабатываемой детали заклепочных и других отверстий и им редко пользуются для обработки кромок, а с другой — что он снабжается закаленными втулками для направления сверла, чтобы предохранить его от быстрого изнашивания. Словом, по шаблону можно только намечать, пользоваться же им в качестве кондуктора нельзя, так как он быстро изнашивается и дыры после двух-трех повторных сверлений приобретают неправильную овальную, иногда яйцевидную форму.

Кондуктор изготавливается по эскизам разметчика и по изготовлении должен быть обязательно тщательнейшим образом им проверен. Кондуктора (рис. 1) изготавливаются из листового или сортового железа или путем отливки из стали (иногда из чугуна), причем направляющие втулочки (глазки) после закалки вгоняются ударами молотка в свои гнезда, а окончательная выверка их достигается подчеканкой.

Разметка деталей котельных изделий выполняется различными приемами, подробно рассматриваемыми ниже и значительно отличающимися от приемов разметки, применяемых в других отраслях металлообрабатывающей промышленности.

§ 2 ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАЗМЕТЧИКАМ.

Для квалифицированного котельного разметчика требуется довольно солидная техническая подготовка: он должен быть хорошо знаком с основными правилами начертательной геометрии (в объеме приложения к проекционному черчению), уметь решать простейшие геометрические задачи на построения и вычисления, знать основные геометрические и даже тригонометрические формулы, уметь отыскивать по справочникам степени, корни,

длины окружностей, площади круга, числовые значения тригонометрических функций, уметь вычислять площади и объемы различных фигур и тел как прямолинейных, так и криволинейных, вычислять удлинение тел от температурных влияний, уметь решать уравнения первой степени с двумя неизвестными и квадратные уравнения с одним неизвестным и т. д.

Для лиц, не имеющих столь обширной подготовки, в дальнейшем приводятся простые правила и формулы (которыми могут быть заменены некоторые математические выводы), а также графики и готовые вычисления, таблицы и номограммы.

В виду того, что высококвалифицированные разметчики должны обладать довольно обширными познаниями, они комплектуются обычно из лиц, окончивших по крайней мере низшую, а чаще — среднюю техническую школу.

Разметчик, кроме перечисленных выше теоретических познаний, должен еще обладать большими практическими сведениями о технологических процессах котельного производства, т. е. знать, например, как будет реагировать материал на то или иное термическое или механическое воздействие на него при обработке. Так как при некоторых производственных операциях материал вытягивается (становится длиннее, но тоньше), а при других — осаживается (становится короче, но толще), то разметчик должен в точности понимать, в каких случаях и в какой мере будут происходить эти явления, чтобы внести в размеры соответствующие поправки. С другой стороны, зная, что при известных приемах обработки металл может приобретать хрупкость и утрачивать вязкость, а при других — восстанавливать последнюю, утрачивая свойство хрупкости, то, учитывая и эти обстоятельства, разметчик в некоторых случаях путем внесения поправок в исчисленные размеры может дать возможность обойтись без таких нежелательных или вредных обработок.

По всем этим причинам разметчики являются обычно тем контингентом цеховых работников, из которых вырабатываются в дальнейшем котельные мастера. Мало того, в виду важности разметки для успеха всей дальнейшей работы можно утверждать, что каждый инженер, желающий специализироваться по котельному производству, непременно должен поработать в разметочной, чтобы во всех подробностях знать этот первый и основной этап технологического процесса котельного производства.

Объем работ, исполняемых в разметочной мастерской, зависит от организационных форм котельного, мостового или корпусного цеха. На большинстве заводов, наших и западноевропейских, роль и объем разметочных работ весьма значительны, так как на этих заводах в мастерские направляются обычно в большинстве случаев только чертежи общих видов изделий, в лучшем случае сопровождаемые общими же видами упомянутых выше сборочных комплектов (элементов изделия).

§ 3. МЕТОДЫ РАЗМЕТКИ.

Разметочные размеры. Таким образом, выявление вида и размеров отдельных деталей (подробная детализация) возлагается уже на разметочную мастерскую. На новейших же заводах подробная детализация каждого изделия сосредоточивается в техническом бюро, откуда и посылаются в цех чертежи решительно всех отдельных деталей, перечисленных в спецификации, и притом в таком виде, что с этих чертежей размеры могут быть прямо пере-

носимы на металл. Разумеется, что поскольку в первом случае требуется высокая квалификация разметчиков, постольку во втором представляется возможным обходиться работниками средней и низшей квалификации, но все же и в последнем случае от самостоятельного разметчика требуется знание правил черчения и умение решать простейшие задачи на построение (восстановление перпендикуляров, проведение параллельных линий, деление прямых и кривых линий на равные части, деление и построение углов и многоугольников и т. п.), но не требуется вычисления так называемых разметочных размеров. Однако обойтись совсем без высококвалифицированных разметчиков и сосредоточить разработку всех детальных чертежей в техническом бюро не всегда возможно. Поскольку такая организация легко применима и весьма рациональна в чисто мостовых цехах, где приходится иметь дело только с прямыми и плоскими деталями, легко поддающимися вычерчиванию в масштабе в техническом бюро, постольку она неприменима в смешанных котельных мастерских и особенно в судостроительных, где приходится иметь дело с деталями в виде разного рода тел вращения или неправильных кривых поверхностей, не поддающихся математическому определению (очертание шпангоутов и ватерлиний в судостроении). Размеры такого рода деталей приходится брать с чертежа в натуральную величину, который вычертить можно, конечно, не на столах технического бюро, а лишь на больших разбивочных плазах в мастерских; при этом приходится не просто брать размеры с чертежа, а подсчитывать их или даже, в особо трудных случаях, производить довольно сложные геометрические построения для нахождения так называемых разметочных размеров.

Так как гнутые детали изготавливаются из плоских листов, то надо уметь разного рода кривые поверхности разворачивать в плоскость, а также уметь находить форму и размеры, которые нужно придать плоскому листу, чтобы из него получить требуемое изделие.

Камеральный метод разметки. В настоящее время на всех современных заводах металлические конструкции, состоящие из прямолинейных деталей, нигде уже в натуральную величину не вычерчиваются и все их размеры определяются путем подсчета.

Этот метод определения разметочных размеров путем вычисления известен под названием камерального (кабинетного) метода разметки или разметки по расчету.

Графический метод разметки. Метод разметки, при котором изделие в целом или соответственная часть его (элемент или сборочный комплект) вычерчивается в натуральную величину или в крайнем случае в крупном масштабе и уже с этого чертежа берутся разметочные размеры, называется графическим методом разметки.

Разметка по месту. Существует еще один метод разметки, встречающийся чаще всего при ремонтных работах, а также в судостроении при постройке новых судов, когда размеры приходится снимать с натуры, т. е. с готового или ремонтируемого изделия (или его части), и переносить на материал. Это — так называемый метод разметки по месту.

Этот метод является, пожалуй, самым трудным, так как, не говоря уже о тщательности, которая вообще требуется от всякой разметочной работы, здесь большую роль играет опытность и находчивость разметчика, которому приходится решать подчас весьма сложные задачи и притом в самых разнообразных условиях, не поддающихся какой-либо стандартизации (образцами

таких работ могут служить, например, работы по ремонту паровозных котлов, приведенные в книге И. П. Смылова „Расценки ремонта паровозных котлов“, а также при судоремонте, при смене листов наружной обшивки в оконечности судна).

Разметка на плите. Кроме перечисленных методов разметки, характерных для котельного производства, разметчику в котельном цехе необходимо знать и так называемую разметку на плите (рис. 2) или, как ее иногда называют, механическую.

К работе на плите приходится прибегать в случаях разметки гнутых изделий, например, днищ, горловин, патрубков и т. п., а также для разметки частей котельной гарнитуры, арматуры и опор (как для котлов и вообще

сосудов разного назначения, так и для мостов и других металлических конструкций).

В то время как разметка плоских листов и полос производится по большей части в отдельной разметочной мастерской, механическая разметка (на плитах и без них) производится в том пункте грузового потока мастерской, где в этом встречается необходимость по ходу технологического процесса.

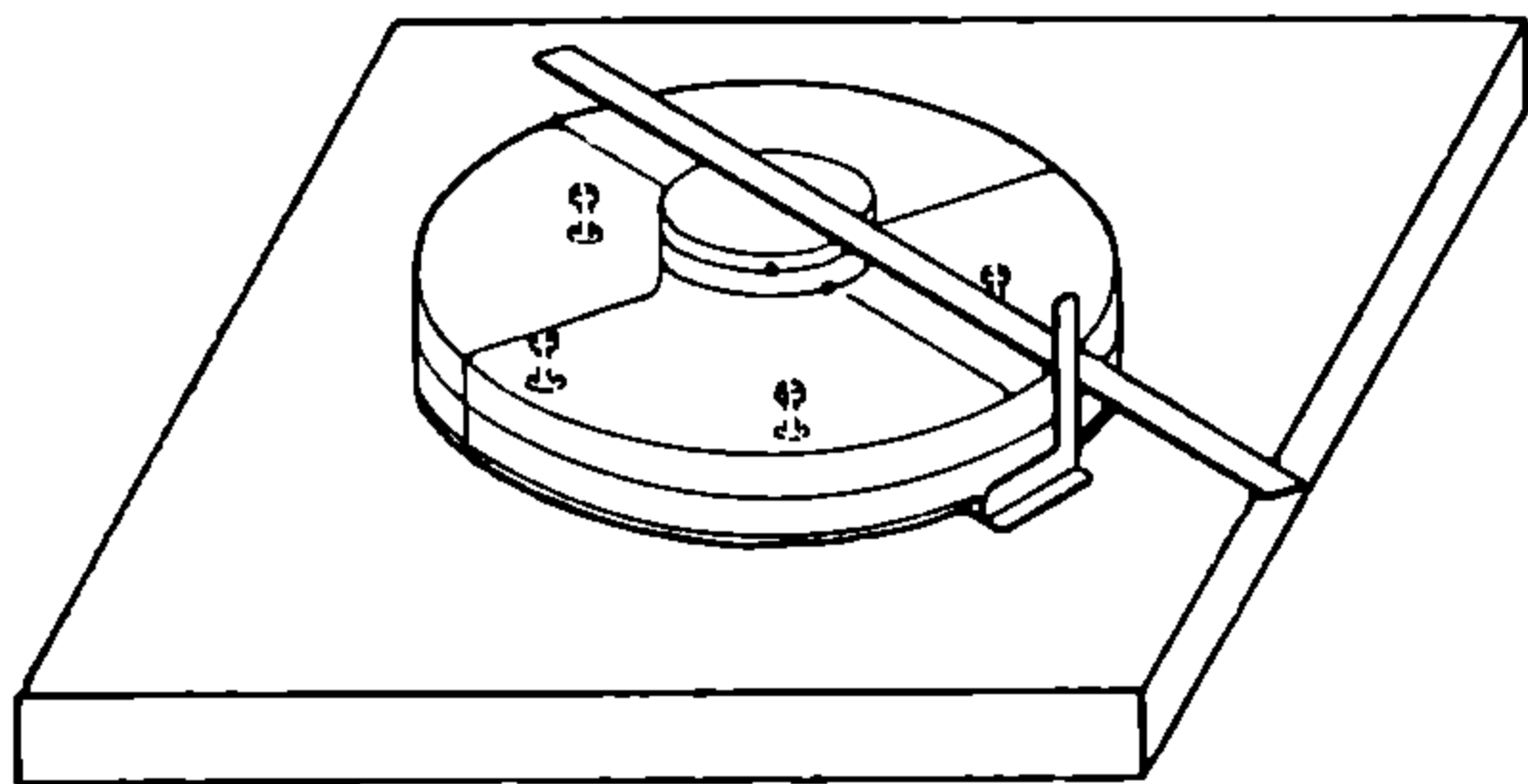


Рис. 2.

Разметка предварительная и окончательная. Из вышесказанного можно видеть, что по порядку в процессе исполнения и по характеру работы разметку можно разделить на:

- а) предварительную или подготовительную и
- б) последующую или окончательную.

В цехах металлических конструкций и мостовых подготовительная разметка почти не применяется, за исключением каких-либо особо сложных и специальных конструкций. В котельных и корпусных цехах она встречается довольно часто, особенно в котельном цехе при серийном и массовом производстве (например, водотрубных котлов), и окончательная разметка часто заменяется наметкой по шаблонам или даже обработкой через кондуктора.

Общий ход разметочных работ для гнутых деталей бывает обычно такой: сначала размечают очертания развертки детали для выкройки ее из листа с соответствующими допусками и нанесением знаков, согласно которым она должна быть изогнута, или размечают полосу сортового железа с указанием, например, мест вырубков для загиба и т. п. После этого лист или полоса идут на станки (ножницы, зарубочные машины, пилы и т. п.) и вслед затем подвергаются изгибанию, штамповке и т. д.

Изогнутые изделия после остывания подвергаются правке обязательно в холодном состоянии, во избежание обработки при синем нагреве, сообщающем железу хрупкость. После правки эти изделия вновь поступают в руки разметчика. Он должен разметить на них заклепочные отверстия и вырезы, которые надлежит сделать, а также нанести указания для дальнейшей обработки кромок и сборочных работ.

Эти работы производятся обычно на разметочной плите приемами, которые в своем месте будут описаны.

Как уже указывалось, эти работы часто сводятся к наметке по шаблону, но в виду их сложности и ответственности они большей частью производятся все же разметчиками (например, наметка по шаблону трубных дыр), а не простыми наметчиками. При обработке таких изделий по кондукторам особенно важно, чтобы кондуктор был правильно укреплен на изделии, вследствие чего и в этом случае не обходится без участия разметчика.

§ 4. ШАБЛОНЫ.

Эскизы. Определены ли разметочные размеры вычислением или взяты с натуры (с плаза) — в обоих случаях можно настоятельно рекомендовать изготовление так называемых эскизов, с которых размеры уже переносятся непосредственно на материал. Преимущества такого способа заключаются в следующем:

1) Эскиз, помещающийся обычно на $\frac{1}{4}$ писчего листа, гораздо яснее, портативнее и удобнее в обращении, чем чертеж целого изделия (например, мостовой фермы).

2) Будучи составлен в конторе разметочной мастерской или в техническом бюро, где можно лучше сосредоточиться на работе, чем в мастерской среди оглушительного шума, эскиз дает гораздо больше гарантий в смысле точности и отсутствия ошибок.

3) При наличии эскиза лучше сохраняется чертеж, которым приходится пользоваться весьма долгое время, на протяжении всех стадий изготовления изделия.

4) Эскизы легко сохранять, соединяя их в альбомы, и в случае повторного заказа отпадает надобность вновь проделывать всю работу по подсчету разметочных размеров.

5) Нанесение размеров на материал происходит гораздо быстрее, чем в том случае, когда за каждым размером приходится ходить от размечаемой детали к плазу и обратно.

6) Кроме того при составлении эскизов часто обнаруживаются, а следовательно, легко устраняются неувязки в размерах, недосмотры и ошибки, происшедшие при вычерчивании и копировании столь сложных чертежей, какими являются чертежи судокотельно-мостовых изделий.

7) При разметке материала с эскиза не требуется от разметчика высокой квалификации, так как не приходится разбираться в конструкции по общему чертежу.

8) При разметке конструкции с эскиза можно расширить фронт разметочных работ до любых пределов, так как эскизы позволяют размечать самостоятельно отдельные детали конструкции и не требуют их увязки с общим чертежом.

Эскизы вычерчиваются обычно сначала карандашом, а затем чернилами на $\frac{1}{4}$ листа писчей клетчатой бумаги, которая представляет то удобство, что дает возможность изображать деталь до известной степени в масштабе, а это имеет немаловажное психологическое значение в том отношении, что дает общее представление о конфигурации листа и сейчас же вызывает сомнение у разметчика в случае допущения им какой-либо грубой ошибки.

Эскиз должен быть составлен настолько ясно и четко, чтобы он давал совершенно отчетливое представление об изображенной на нем детали и чтобы каждый мог произвести по нему разметку соответствующего изделия. При вычерчивании эскиза в карандаше пользуются обычно линейкой и

циркулем для необходимых геометрических построений (деления на части, восстановления перпендикуляров, проведения параллельных линий и т. п.), а также для того, чтобы эскиз, при обведении его „от руки“ чернилами, получил настолько аккуратный и четкий внешний вид, что при пользовании им другими лицами он не мог бы вызывать никаких сомнений или недоумений. Составление эскизов требует значительного навыка к подобного рода работам, особенно при детализовке сложных конструкций (узлов больших мостовых ферм, смыкания 2—3 двугранных углов, сложных выгибов листов в судостроении и т. п.), когда от составителя требуется умение охватить мысленно всю конструкцию в целом и в конечном счете выделить из нее данную деталь.

Эскизы для судокотельно-мостовых изделий составляются обычно в одной проекции, редко в двух (для сортового железа), чем они резко отличаются от обычных машиностроительных эскизов, составляемых обычно в трех проекциях с разрезами.

В целях избежания, с одной стороны, пропусков в нужных размерах, а с другой — нанесения излишних (повторных) и вовсе ненужных, можно особенно рекомендовать предварительно обдумать, какие размеры потребуются разметчику для разметки, чтобы нанести на эскиз соответственные размерные линии и затем уже, пользуясь подсчетами или плазом, проставить эти размеры.

Здесь уместно еще раз подчеркнуть, что по нанесении всех размеров на эскиз надо еще раз проверить наиболее важные из них, а в особенности те, которые получаются путем увязки с другими размерами размечаемого изделия (например, длин панелей и расчетного пролета фермы или длин оборотной камеры шотландского котла, жаровых труб, анкерных связей и общей длины котла).

Когда эскиз вычерчен и размеры проставлены, на нем выписываются остальные указания, как например, номер заказа, номер детали по ведомости, число штук, подлежащих наметке по шаблону, места лацканов (в судостроении „ласки“), вырезов, указаний, как и в каком месте гнуть данную деталь, и т. п. О том, как наносятся эти указания, будет подробно сказано ниже путем описания конкретных примеров.

Составление эскизов для разметки материала особенно ценно в судостроении, при раскройке листов в оконечностях корпуса. Этот метод получил распространение на ряде судостроительных предприятий.

Выше уже указывалось, что образцовая деталь, с которой копируются все одинаковые с нею, называется шаблоном. На основании этого определения, недостаточно изчерпывающего и данного лишь для уяснения основной идеи без конкретных пока примеров, можно предположить, что шаблоны изготавливаются только металлическими и притом, так как после использования их для наметки они входят обычно в состав изделия, то только из материала, выделенного для данного изделия. Такое предположение было бы однако ошибочным, так как, наряду с шаблонами из дельного материала, т. е. предназначенного для изготовления данного предмета, шаблоны изготавливаются как из тонких листов и полос, так и из дерева и даже картона и бумаги.

Металлические шаблоны в главной своей массе действительно изготавливаются из материала, предназначенного для данного изделия, и сами идут в дело. Эти шаблоны должны быть изготавливаемы с такою точностью, чтобы намеченные по ним детали были вполне взаимозаменяемыми.

Главное преимущество таких шаблонов заключается в том, что на их изготовление не затрачивается особого, непроизводительно пропадающего материала, так как сам шаблон идет в дело. Они обходятся поэтому дешевле всех других видов шаблонов. Другое немаловажное преимущество как этих, так и вообще металлических шаблонов заключается в том, что они не подвержены атмосферным влияниям (сырости) и под действием солнечных лучей удлиняются естественно и в одинаковой мере с намечаемым по ним материалом.

Неудобство их заключается в значительном весе, требующем иногда применения подъемных приспособлений (кранов) для их перемещения.

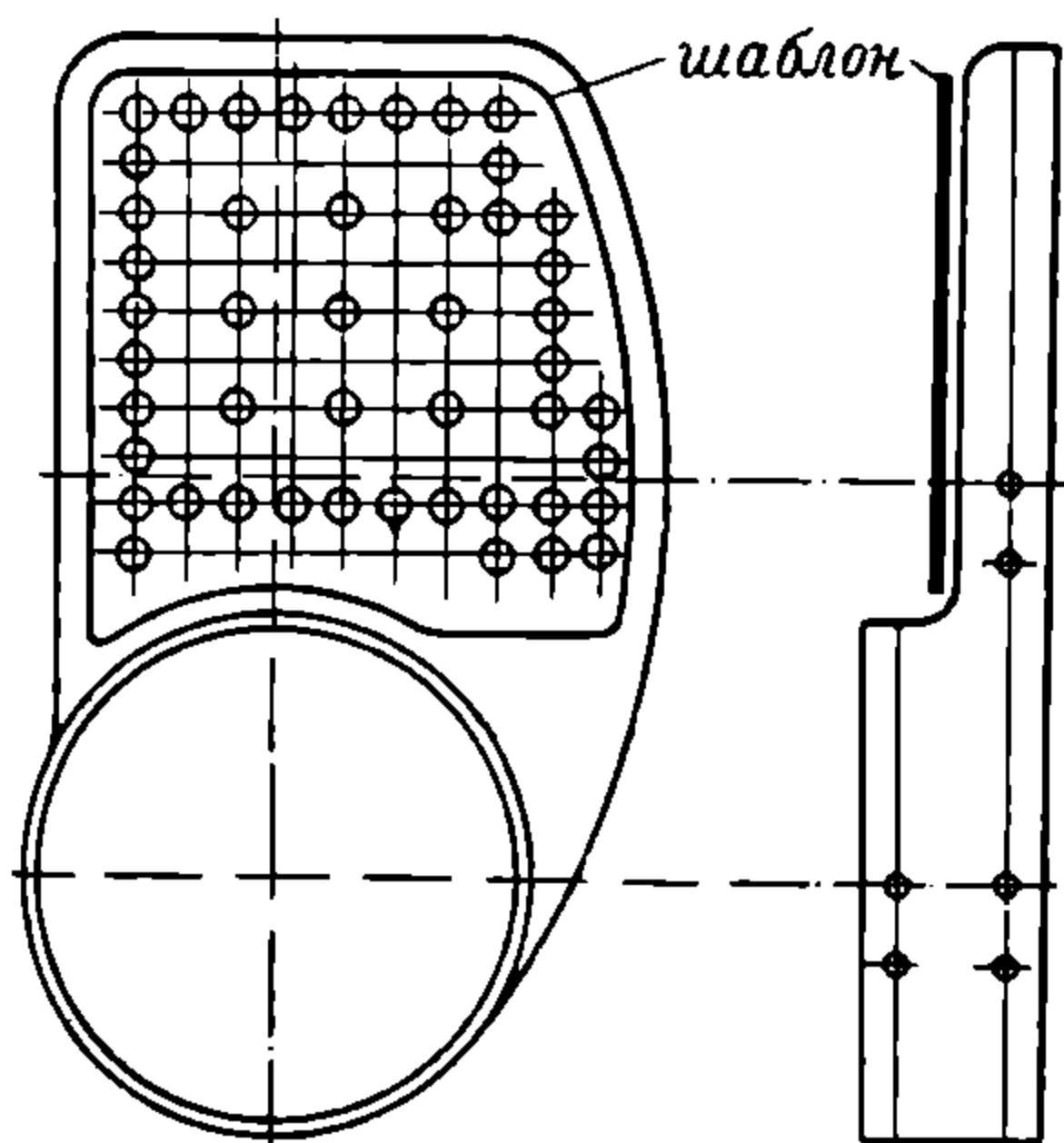


Рис. 3.

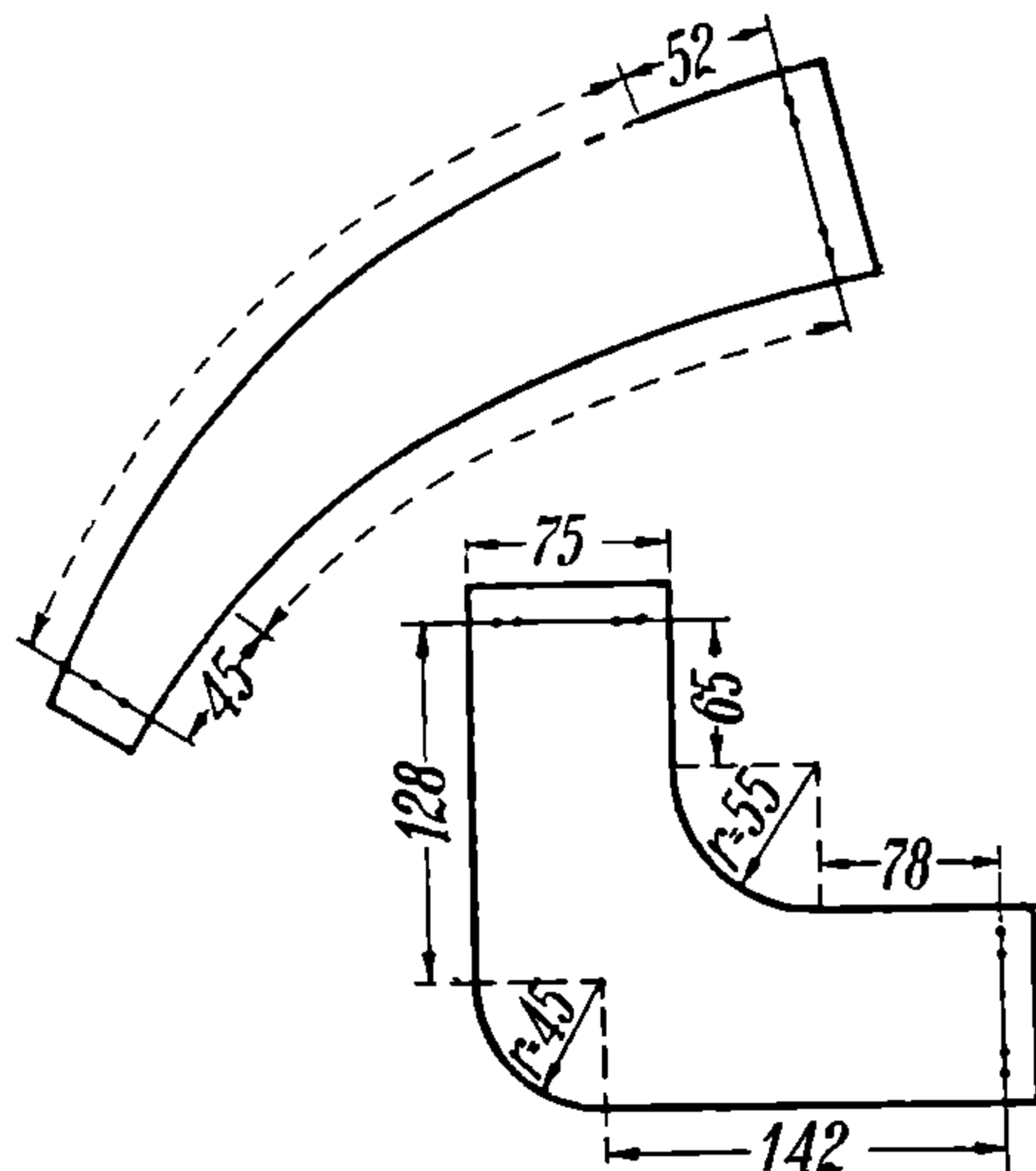


Рис. 4.

При серийном изготовлении гнутых на горнах или штампованных деталей, как например, днищ, трубных решеток, шинельных листов паровозных и судовых котлов и т. п., представляется выгодным и удобным заменить разметку каждой такой детали наметкою по шаблону, изготовленному из тонкого железа, который после использования или хранится в кладовой шаблонов в ожидании повторного заказа, или поступает в лом. Такими шаблонами пользуются, например, для наметки трубных отверстий, дыр для анкерных болтов и т. п. На рис. 3 толстыми линиями показаны очертания таких листовых шаблонов, на которые нанесены осевые и центровые (дыровые) линии, согласно которым шаблон укладывается на деталь. При крупносерийном производстве такие шаблоны с выгодой заменяются кондукторами.¹⁾

Лекалы. Из тонкого листового железа изготавливаются также и лекалы (кривые линейки), служащие для проверки правильности загибов листов и полос сортового железа и для проведения кривых линий. Лекалы (рис. 4), неправильно называемые также шаблонами, размечаются разметчиками, обрабатываются на станках или вручную слесарями и изготавливаются обычно двухсторонними для двух различных кривых или загибов.

¹⁾ См. главу „Разметка паровозного котла“.

Деревянные шаблоны. Шаблоны, изготовленные из дерева, применяются, кроме наметки листового железа, также и для наметки полосового и сортового железа. Материалом для деревянных шаблонов служат обычно рейки (или доски) небольшой толщины (10—15 мм) из отборных прямо-слойных сосновых досок естественной или искусственной сушки, в том и другом случае выдержанных в сухом помещении в течение нескольких месяцев.

Разметка деревянных шаблонов производится так же, как и металлических, с той только разницей, что вместо чертилки применяется обыкновенный карандаш. Размеченная рейка поступает на станки, где она обрезается точно в меру (на ленточной пиле) и в ней точно просверливаются дыры. Высверливание дыр коловоротом вручную не должно допускаться, так как при этом дыры часто оказываются просверленными косо.

Деревянные шаблоны имеют то большое преимущество перед железными, что они легки и удобны в обращении и у нас в СССР обходятся на много дешевле металлических, благодаря дешевизне как самого материала, так и их изготовления. Однако надо отметить, что на некоторых наших заводах (южных), где дерева мало и стоит оно относительно дорого, находят выгоднее изготовлять железные шаблоны из полосового железа вместо деревянных. Недостатком деревянных шаблонов является высокая гигроскопичность дерева, причем, с одной стороны, оно легко впитывает влагу, вследствие чего увеличивается в своих размерах или, как говорят, разбухает, а с другой — быстро высыхает, уменьшаясь в размерах, или, как говорят, усыхает; то и другое явления одинаково нежелательны, так как вредно отражаются на точности наметки при пользовании такими искаженными шаблонами.

Однако эти свойства дерева в отношении по крайней мере шаблонов для наметки сортового железа, т. е. длинных и узких, по счастью мало отзываются на точности наметки благодаря тому, что по длине дерево разбухает и усыхает незначительно; что же касается поперечных размеров, то хотя усушка и разбухание здесь сильнее, но благодаря небольшим поперечным размерам деревянного шаблона, которые редко встречаются шире 100 мм, гигроскопичность дерева не оказывает существенного влияния на точность расстояния между рядами заклепок, тем более, что последняя совершенно восстанавливается последующим переводом центров дыр на так называемые риски.

Можно считать, что сосновая доска, со средней влажностью в 12—14%, разбухает или усыхает на 1 м длины около 1,2 мм, т. е. в среднем на 0,12%, тогда как по ширине, т. е. поперек волокон, изменение размеров достигает 4%, так что при нормальной ширине в 100 мм сосновая доска может иметь в ширину 96 мм — при усушке, и 104 мм — при разбухании.

Деревянные шаблоны применяются иногда и для наметки листового железа — в случаях сложных очертаний листов, как например, для дымовых выходов (дымников) судовых котлов (рис. 5).

В этом случае шаблоны имеют вид рамок из деревянных реек, скрепляемых чаще всего деревянными шпильками или проволочными гвоздями. При предвидении повторных заказов, а также при серийном производстве эти шаблоны заменяются железными из тонких листов или полос.

Деревянные лекалы и каркасы. Для выполнения разного рода выгибов как листового, так и сортового (профильного) железа при индивидуальном (штучном, единичном) производстве также пользуются деревом, из

которого изготавливают соответственные лекалы, которые могут быть изготовлены быстрее железных и обходятся значительно дешевле, благодаря чему стоимость их ложится на производство меньшим накладным расходом.

Ряд лекалов, соединенных между собой связями, образует каркас, который служит для нанесения на изогнутую в двух направлениях поверхность листа различных разметочных знаков.

Для изготовления деревянных шаблонов и лекалов в котельно-мостовых и судостроительных цехах имеется обычно штат столяров-шаблонщиков, для которых отводится особое помещение, оборудованное верстаками, пилами, сверлильными, шипорезными и другими деревообрабатывающими станками. На верфях изготовлением шаблонов занимается плаз. При столярно-шаблонном отделении имеется кладовая для хранения сухого леса и использованных шаблонов, с применением соответственных мер в отношении пожарной безопасности; нередко, особенно на американских заводах, хранение шаблонов производится в самой разметочной мастерской на полках, устроенных вдоль стен или подвешенных к потолку, а иногда и под стеллажами.

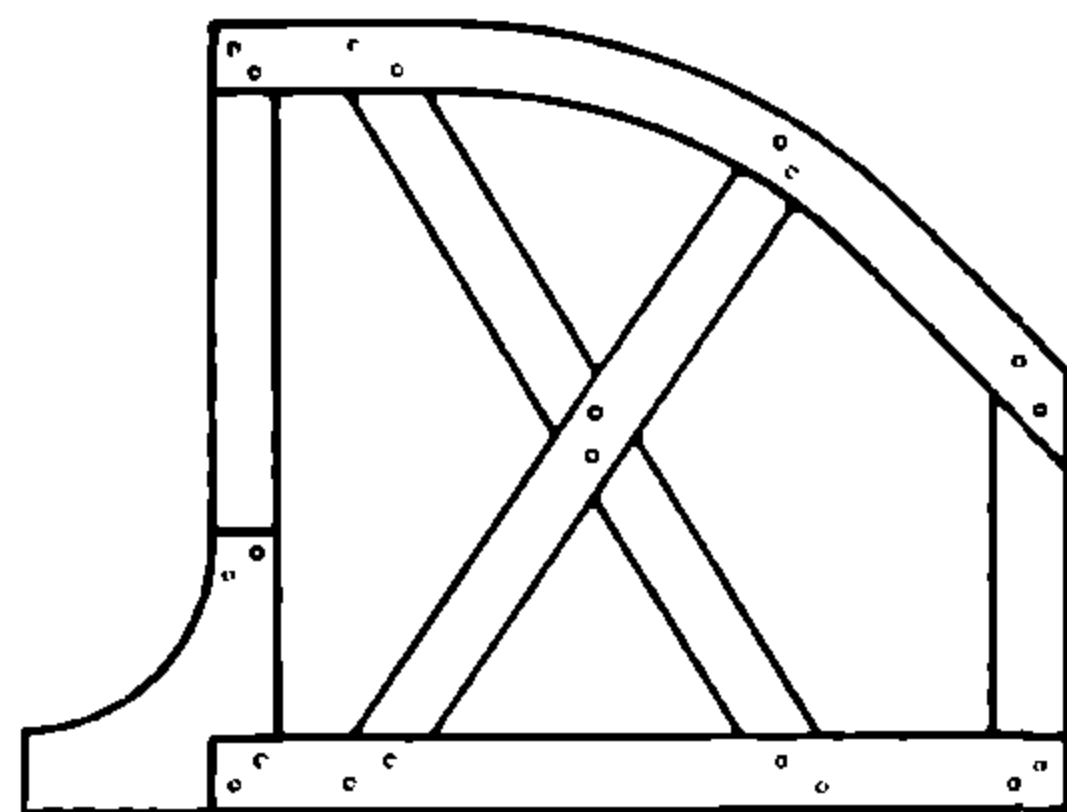


Рис. 5.

Картонные и бумажные шаблоны. По мере вздорожания дерева сначала в Америке, а затем в других странах и у нас в СССР постепенно перешли к применению в качестве материала для шаблонов картона и даже бумаги. Есть, конечно, некоторая разница как в самих способах изготовления деревянных и картонных шаблонов, так и в пользовании теми и другими, но во всяком случае назначение всех видов шаблонов одно и то же — перенесение тем или иным приемом разметочных размеров в натуральную величину на железо.

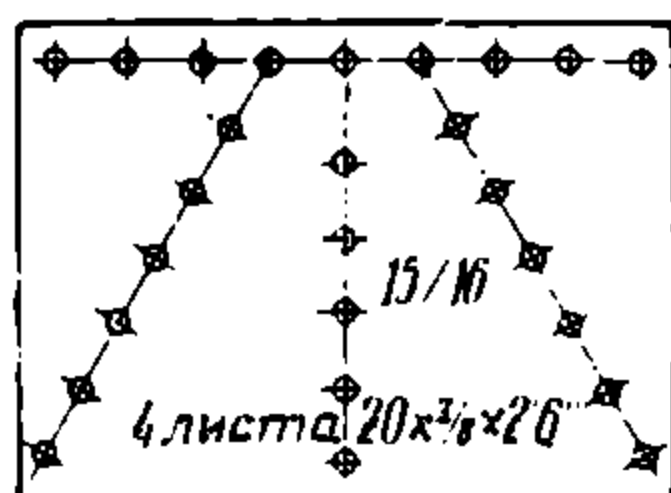


Рис. 6.

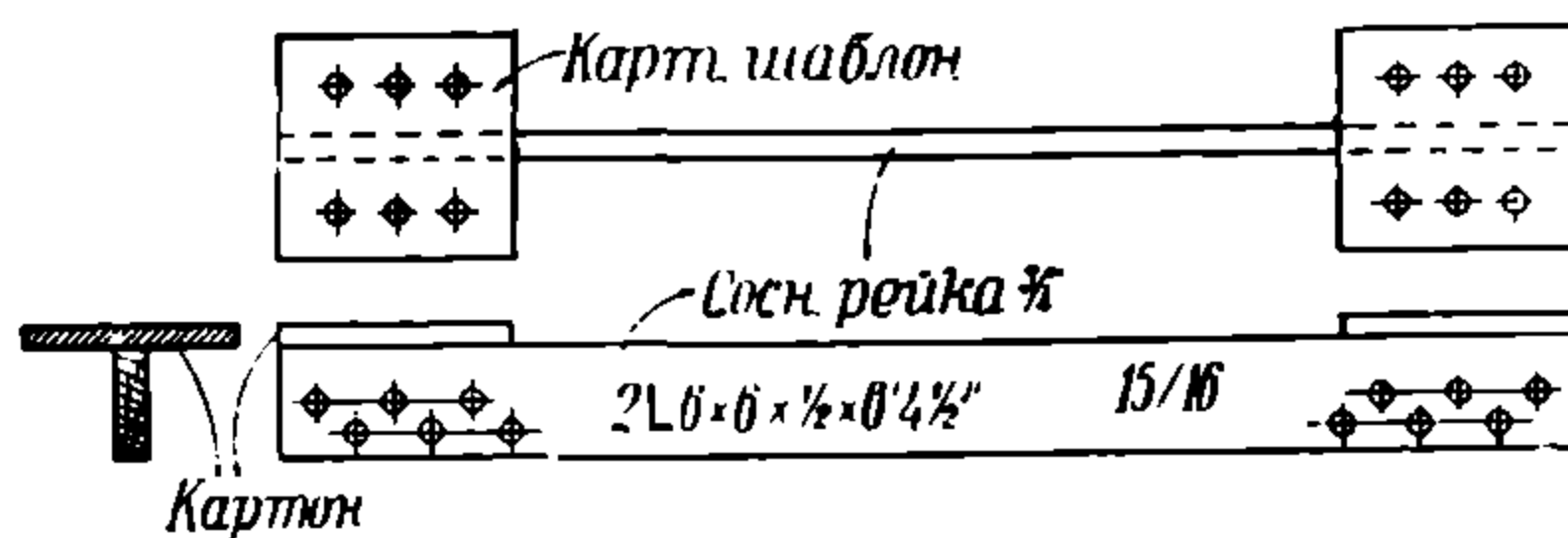


Рис. 7.

Материал для шаблонов выбирается наиболее дешевый в данном месте и наиболее подходящий. Так, например, в Америке для коротких угольников (до 750 мм) и косынок или книц (фасонных листов площадью менее 0,2 м²) применяется преимущественно картон, а в случае длинных угольников (свыше 750 мм) для одной полки дерево, а для другой — картон (рис. 6 и 7).

На изготовление шаблонов, которые предназначаются для наметки угольников, прокалываемых на прессах, применяются рейки, квадратного сечения 20—40 мм шириной, которые иногда закрашиваются белой клеевой краской, после чего расчерчиваются карандашом. После использования такие шаблоны моют и вновь пускают под разметку; такой шаблон изображен на

рис. 8, где значком „х“ (крестиком) обозначены заклепки, расположенные на внутренней от угла угольника риске, а значком „о“ (кружком) — на внешней. С целью максимально использовать рейку подобным образом расчерчиваются все четыре ее грани. На некоторых заводах, работающих на многошпиндельных прессах, заклепочные отверстия получаются без помощи деревянных шаблонов.

Картон, применяемый для шаблонов, должен быть негигроскопичным и не должен вытягиваться; он употребляется толщиной от 1 до 3 мм.

С введением многошпиндельных и копировальных прессов, стремятся по возможности ограничить применение шаблонов путем соответственной проработки конструкций в направлении унификации размеров заклепочных соединений. В качестве примера, иллюстрирующего, насколько рациональ-



Рис. 8.

ная конструкция клепаных сооружений сокращает разметочную работу, можно указать на то, что на современных американских заводах с выпуском до 10 000 т мостовых конструкций в месяц число разметчиков снижается в иных случаях до 25 человек.

Это объясняется тем, что при рациональной конструкции шаблоны изготавливаются только для

тех котельно-мостовых деталей, которые не могут быть обработаны на многошпиндельных дыропробивных станках; для вертикальных и горизонтальных поясных листов фермы и для угольников, которые могут быть обработаны на них, шаблоны не изготавливаются. Не делают их также для изделий из двутавровых и коробчатых балок, которые легко и быстро прокалываются по шаблонной ленте, соответствующей требуемому шагу заклепок.

Наиболее существенную роль в деле снижения разметочных работ играет нормализация, т. е. сведение к минимуму типов размечаемых деталей. Эта работа принадлежит конструкторскому бюро, и от него зависит тот или иной объем разметки при изготовлении всего изделия.

Так на судостроительном заводе Cammell Laird & Co, Ltd в Биркенхеде на трех одинаковых и одновременно строившихся пассажирских судах, имевших четыре стальных палубы, обрабатывалось по одному шаблону около 1000 листов. Перенос разметки производился с помощью картонных шаблонов. Разметка и последующая проколка были настолько точны, что „слепых“ дыр совершенно не оказалось. Наблюдались лишь незначительные и допустимые перекрытия дыр как по пазам и стыкам, так и по бимсам.

Деревянные и картонные шаблоны чаще всего обозначаются номером детали по спецификации, с указанием впереди номера заказа, числа штук и сзади — поперечного сечения. Так например, надпись: „3215—4—100×100×12×1200—41 в 2“ обозначает, что по данному шаблону, соответствующему детали № 41 (по спецификации), должно быть изготовлено по заказу № 3215—4 угольника 100×100×12, длиной 1200 мм с высадкой на обоих концах (в 2).

В Америке практикой выработана так называемая нормальная система маркировки шаблонов, ¹⁾ применяемая главным образом при

¹⁾ См. Делсег, стр. 109 немецк. изд. 1928 г.

постройке небоскребов и других. многоэтажных высоких сооружений, причем каждому этажу присваивается свой номер римской цифрой.

Американские правила изготовления шаблонов. При изготовлении шаблонов на современных заводах в Америке руководствуются следующими правилами: ¹⁾

1) Шаблоны изготавливаются для всех деталей, если только на чертеже нет по этому поводу особых указаний.

2) К деталям относятся все части короче 8 футов (2,4 м), если они предназначаются для обработки в мастерской, и короче 10 футов (3,0 м) во всех остальных. Сюда не относятся изделия из двутаврового и коробчатого железа безотносительно их длины.

3) Шаблоны для углового железа длиной до $2\frac{1}{4}$ футов (760 мм) изготавливаются из картона: для более длинных — одна полка делается из дерева, другая из картона.

4) Шаблоны для слегка согнутых угольников делаются прямыми, и только при более значительном изгибе они изготавливаются изогнутыми.

5) При более крутых изгибах, со стрелкой изгиба, превышающей $2\frac{1}{2}''$ (63,5 мм) на фут (20%), вместо углового железа на шаблоны употребляются гнутые листы.

6) В шаблонах для уголков жесткости, длиной более $2\frac{1}{2}$ футов и с симметрично расположенным шагом заклепок один конец принимается за верхний и его не должно смешивать с другим; для парных уголков жесткости изготавливается только один шаблон.

7) Шаблоны для двойных уголков жесткости, которые склепываются выступающими полками, изготавливаются (для пригонки концов) на $\frac{3}{32}''$ (2,4 мм) длиннее и обозначаются буквой *D*.

То же самое относится и к таким уголкам жесткости, к выступающим полкам которых приклепывается лист, если этот лист не выступает за полку угольника более чем на $10''$ (250 мм).

8) Шаблоны для простых ординарных уголков жесткости высоких конструкций, крановых балок, поперечных и продольных балок и консолей изготавливаются точной длины.

9) При изготовлении шаблонов для мостов, кранов и поворотных кругов дают припуск в $\frac{1}{32}''$ (0,8 мм) на подлежащих пригонке концах ординарных уголков жесткости.

10) То же самое относится и к уголкам жесткости, подлежащим пригонке к двутавровому и коробчатому железу.

11) Если простые или двойные уголки жесткости пригоняются к изогнутым частям, то при изготовлении для них шаблонов к концам последних прибавляется $\frac{1}{8}''$ (3,2 мм).

12) Концы шаблонов для простых уголков жесткости, которые должны быть скошены при толщине полок свыше $\frac{1}{8}''$ (3,2 мм), снабжаются отметкой „*обrab.*“

13) Концы шаблонов для уголков жесткости, которые пригоняются к угловому железу, с толщиной полок в $\frac{1}{16}''$ (8 мм) или менее, снабжаются отметкой о закруглении.

14) Пригоняемые кромки отмечаются толстой черной линией.

15) При изготовлении шаблонов для уголков жесткости указывается вся высота.

¹⁾ См. Деппер, стр. 219.

16) Шаблоны частей, которые должны быть обработаны на концах, должны изготавливаться соответственно большей длины и снабжаться отметкой „*обраб.*“.

17) На шаблонах для листов расстояние между крайними дырами надписывается, если оно превышает 2 фута (610 мм).

18) В случае гнутых листов шаблоны изготавливаются для наружной стороны, если лист имеет такую форму, что при пробивке дыр он не будет касаться пола; в противном случае шаблоны изготавливаются для внутренней стороны. Пуансон дыропробивного станка находится обычно на расстоянии $3\frac{1}{2}$ футов (1060 мм) от пола.

19) При небольшой кривизне листов шаблоны изготавливаются прямыми, и лишь для значительно изогнутых частей они изготавливаются соответствующей формы.

20) Размеры изогнутых поясных листов относятся к линии, проходящей на $\frac{1}{3}$ толщины листа, считая от наружной его стороны.

21) Шаблоны опорных узловых планок, которые выступают более чем на 9" (229 мм) над опорой, требуют тщательного изготовления и снабжаются отметкой „*обраб.*“.

22) Шаблоны листов, которые должны быть обстроганы прямо или со скосом по верхней или нижней кромкам, снабжаются соответственной надписью.

23) Шаблоны узких листов, длина которых превышает ширину не более, чем в 12 раз, изготавливаются из бумаги.

24) Консольные листы продольных балок проезжей части, в местах примыкания к поперечным балкам, должны отстоять от последних на $\frac{1}{8}$ " (3,2 мм), если не имеется других указаний, и это необходимо иметь в виду при изготовлении шаблонов.

25) Дыры для потайных заклепок помечаются на шаблоне черным кружком; если же они предварительно пробиваются, то их не следует особо отмечать на шаблоне.

26) Шаблоны для изогнутых частей конструкций делаются для каждой части отдельно.

27) Косые разрезы и вырезы отмечаются пунктиром.

28) Для угольников с двумя рисками, которые пробиваются на многошпиндельном прессе, дыры наружной риски помечаются на шаблоне кружками, а внутренней — крестиками.

29) На поясных листах с несколькими рядами заклепок дыры, относящиеся к различным рискам, намечаются, как указано в предыдущем пункте.

30) Шаблоны частей, подлежащих фрезеровке перед сборкой, должны быть точно изготовлены и снабжены отметкой „*фрезеровать*“. Если же части фрезеруются после сборки, то на кромках, предназначенных к обработке, дается припуск в $\frac{5}{16}$ " (8 мм) и никаких других отметок на шаблоне не делается.

31) Если на чертеже предусмотрены зазоры на стыках, то последние принимаются следующими: для углового железа в мостах — $\frac{1}{4}$ " (6,4 мм), в конструкциях высоких сооружений: для углового железа с полками толщиной менее $\frac{5}{8}$ " (16 мм) также в $\frac{1}{4}$ "; для более толстого углового железа в $\frac{3}{8}$ " (9,5 мм); зазоры в стыках листов делаются в $\frac{1}{8}$ " (3,2 мм).

Большие зазоры придаются лишь в тех случаях, когда на это есть определенные указания на чертеже.

32) Шаблоны для решеток из полосового железа с ординарным заклепочным швом изготавливаются из дерева и обрезаются прямо, причем рас-

стояние от центра крайней заклепочной дыры до кромки делается в $1\frac{1}{2}$ " (38 мм). Дыры изготавливаются полного диаметра, и расстояние между центрами крайних заклепок должно быть точно указано.

33) Шаблоны стыкуемых частей, пригоняемых вплотную, должны быть особо обозначены.

34) Для продолговатых дыр, прокалываемых пуансоном, указывается ось для ориентировки пуансона дыропробивного прессы.

35) Дыры диаметром более 3" (76 мм) вырезаются в шаблоне; если же они меньше, то только намечается их центр и указывается их диаметр.

36) На мелких деталях для больших дыр указывается только центр отверстия, если материал имеет нормальную толщину.

37) При сверлении дыр для шарнирных болтов допускаются следующие зазоры:

при диаметре болта от 2" до 4"	$\frac{1}{4}$ " на радиус
4" до 6"	$\frac{3}{8}$ " "
6" до 10"	$\frac{5}{8}$ " "
10" до 16"	$\frac{3}{4}$ " "
16" и больше	1"

На шаблоне должны быть указаны диаметры болтов, а не диаметры дыр.

38) Шаблоны тех частей, на которых дыры впоследствии развертываются, изготавливаются из бумаги, за исключением тех случаев, когда длина превосходит ширину в 12 и более раз. В последних случаях применяются деревянные шаблоны, причем дыры изготавливаются в следующем соотношении:

Диаметр развернутых дыр		Диаметр дыр на шаблонах	
в дюймах	в миллиметрах	в дюймах	в миллиметрах
$1\frac{15}{64}$	31,4	$\frac{13}{16}$ и $\frac{15}{16}$	20,6 и 23,8
$\frac{13}{8}$	36,9	$\frac{11}{32}$ и $\frac{11}{16}$	26,2 и 27,0
$\frac{15}{8}$	41,3	$1\frac{1}{4}$ и $\frac{15}{16}$	31,8 и 33,3
$\frac{13}{4}$	44,5	$\frac{13}{8}$	36,9
$1\frac{13}{16}$	46,0	$1\frac{1}{2}$	38,1
$\frac{17}{8}$	47,6	$\frac{117}{32}$	38,9
$\frac{21}{8}$	54,0	$\frac{113}{16}$	46,0
$\frac{23}{4}$	69,9	$\frac{21}{32}$	51,6
$\frac{31}{8}$	79,4	$\frac{217}{32}$	64,3

Пробивка отверстий в картонных шаблонах совершается на особых прессах-компостерах, а обрезка их — ручными ножницами, такими же, какие применяются для резки кровельного железа в жестяницких мастерских, но обычно несколько меньшего размера.

Бумажные шаблоны из промасленной бумаги (кальки) имеют ограниченное применение и главным образом в тех случаях, когда представляется более выгодным снять с плаза копию небольшой детали, вместо того, чтобы ее размечать по железу. Этот метод применим, конечно, лишь в тех случаях, когда по данному шаблону требуется наметить 1—2 детали. При большем числе одинаковых деталей по бумаге намечают одну из них, которую обрабатывают в шаблон для остальных. Наклеивать для этого бумажный шаблон на железо не следует, так как бумага при этом коробится и размеры искажаются.

ГЛАВА I.

РАБОЧЕЕ МЕСТО, ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИЕМЫ РАЗМЕТКИ.

§ 5. РАБОЧЕЕ МЕСТО.

Инж. С. Г. Концевич.

Разметка котельного, судостроительного или мостового материала происходит в разметочной мастерской, располагаемой обычно недалеко от обрабатывающих мастерских, а иногда и непосредственно в них. В летний период разметка на некоторых предприятиях производится на открытом воздухе, недалеко от склада стали или от обрабатывающей мастерской. Разметочная мастерская должна находиться в светлом помещении, летом хорошо вентилируемом от носящейся в воздухе пыли и ржавчины металла, а зимой кроме того отапливаемом. Устройство мастерской должно позволять в теплые месяцы производить поливку помещения водой и уборку пыли и ржавчины, для чего ее пол должен быть соответствующим образом приспособлен. Кроме сказанного, мастерская должна быть просторна для работы и иметь специальные места для хранения материала, идущего ежедневно на разметку и уже размеченного.

Для того чтобы разметчик мог продуктивно работать и кроме того не делал ошибок и правильно размечал выданный ему материал, необходимо свести на-нет не только все объективные причины брака, в большинство независимые от самого разметчика (например, неточные измерительные инструменты, неправильные чертежи и пр.), но и субъективные, т. е. такие, которые, действуя тем или иным образом на самого разметчика, вызывают рассеянность, утомляемость, нервозность и пр., которые способствуют увеличению брака. Одним из серьезнейших вопросов сегодняшнего дня является вопрос уничтожения в разметочных мастерских шума, который в значительной степени является одной из причин, порождающей все сказанное. Разметочная мастерская безусловно должна быть ограждена от проникновения в нее постороннего шума от работающих станков соседних пролетов, а также в ней не должно быть ни одного станка для обработки металла. Исследования д-ра Моргана над металлстами у станка показали яркую зависимость влияния шума на производительность. Было обнаружено повышение производительности труда на 15—20% при уменьшении шума на 50—60%. Это учтено уже некоторыми заводами, и разметочная мастерская располагается либо в совершенно самостоятельном здании, либо в отдельном пролете общей мастерской, огороженной от станочных пролетов стенкой. На рис. 9 приведена схема устройства разметочной мастерской на одном из судостроительских заводов. Мастерская выделена в самостоятельное здание, около 15 м шириной. Разметочные стелажы *a* размещены в стро-

гом порядке с двух сторон продольных стен. Мастерская не имеет своего кранового оборудования и материал подается в нее снаружи железнодорожным краном *б*, который укладывает необходимые для разметки листы *с* на специальные тележки на катках *д*. Катки тележки помещены на рельсы, уложенные на некоторой высоте на деревянных балках *е*, проходящих перпендикулярно к продольной стенке внутри нее. Тележки уложенным листом вручную самими разметчиками свободно передаются, внутрь мастерской, после чего щели для пропуска тележки в стене закрываются специальными щитами. В летнее время разметка ведется на внешних стелажах *к*.

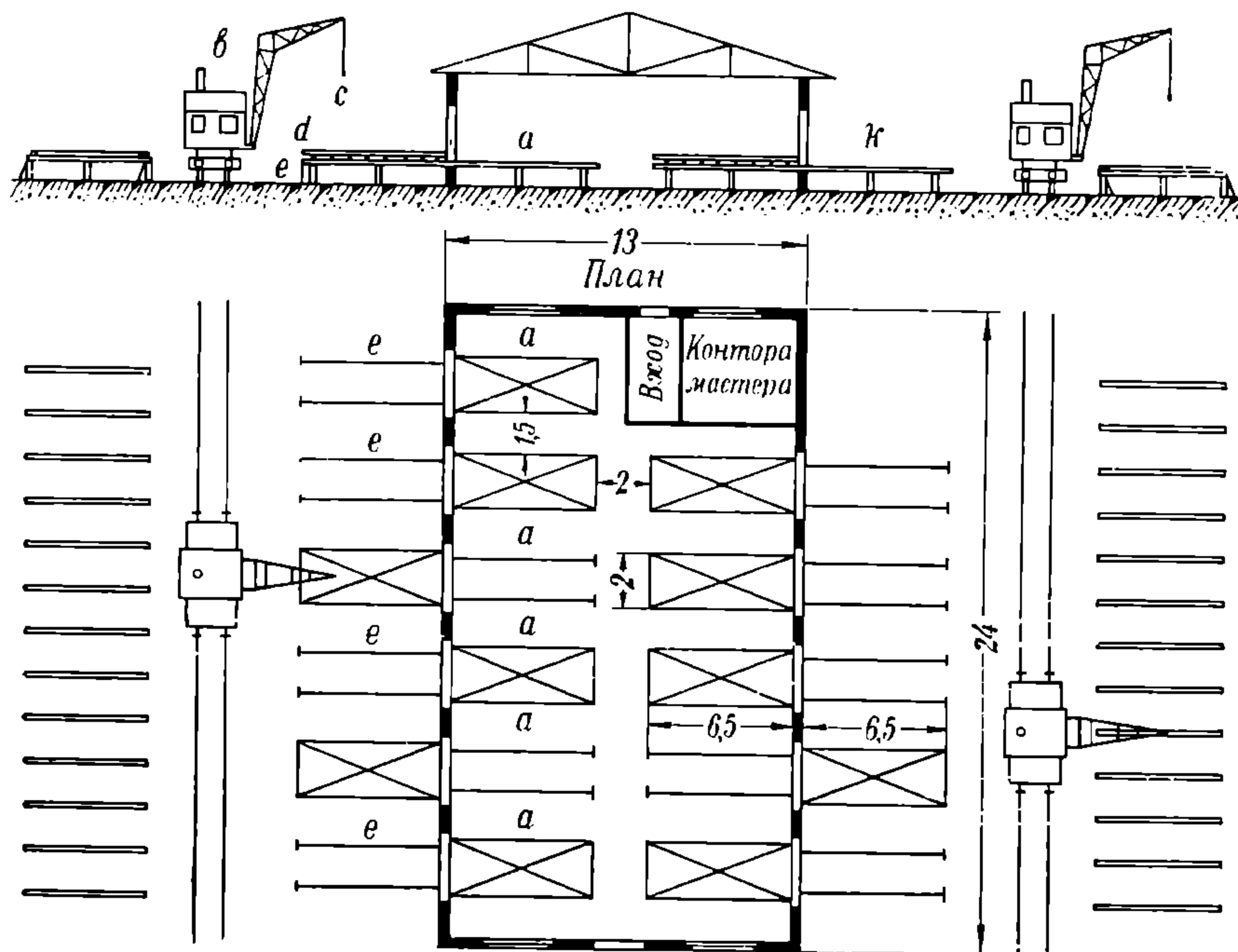


Рис. 9.

Оборудование разметочной мастерской зависит от масштаба ее работ и общей организации производства всего предприятия. На заводах, применяющих разметку по шаблонам, оборудование будет совершенно иным, чем на заводе, размечающем с плаза или по эскизам. В первом случае мастерская должна иметь возможность не только сама изготовлять необходимые шаблоны, но и хранить их продолжительное время, иметь разметочный плаз, склад просушенного шаблонного леса и пр. Во втором случае разметочная мастерская получает от технического бюро или с плаза необходимые эскизы, размечает с них металл и не нуждается во всем том, в чем нуждается мастерская при разметке по шаблонам. При серийной постройке котлов, резервуаров, судов и пр. объем разметочных работ сильно уменьшается за счет увеличения наметочных работ.

Стандартизация и нормализация отдельных деталей, входящих в состав

размечаемого изделия, значительно уменьшают число разметчиков, площадь мастерской уменьшается, и сама работа не требует высококвалифицированного рабочего. При разметке деталей по рейкам уменьшается удельный вес разметки, но возрастает значение разбивочного плаза. В этом случае разметочная мастерская не требуется столь значительных размеров, как для непосредственной разметки металла по чертежам.

На генеральном плане предприятия разметочная мастерская занимает место либо рядом со складом стали и после нее идут обрабатывающие металл цеха, либо в этих цехах. Таким расположением достигается поточность движения материала от склада стали до полной его обработки, что уменьшает себестоимость изделия, так как значительно сокращаются пути прохождения материала, а стало быть, и расходы на его транспортировку. Самый путь материала заранее известен и его можно в той или иной степени механизировать. На новых больших судостроительных верфях для этой цели располагают склад стали, разметочную мастерскую, корпусообрабатывающий цех и стапеля с площадками предварительной сборки под одной крышей, причем разбивочный плаз устраивают на втором этаже, обычно над разметочной или вблизи нее так, чтобы деревянные шаблоны, эскизы и рейки можно было наикратчайшим путем доставить на стелаж разметчика и чтобы самому разметчику в случае необходимости согласовки не приходилось бегать далеко и тратить на это свое рабочее время.

На рис. 10 дан генеральный план судостроительной верфи Sun Shipbuilding Corp. в Честере. Разбивочный плаз расположен во втором этаже над разметочной мастерской. Склад стали устроен рядом. Транспортировка металла со склада стали в разметочную и оттуда в корпусный цех просходит при помощи мостовых кранов, которые установлены в каждом пролете.

Оборудование рабочего места. Разметка материала в мастерской происходит на специальных местах, называемых стелажам и, которые представляют собой большой, прочно сделанный из дерева стол, куда укладывается металл, предназначенной к разметке. Наиболее распространенным видом стелажа являются крепко сбитые из деревянных брусков козлы, покрытые сверху досками, лежащими рядом одна возле другой, толщиной от 50 до 75 мм, что представлено на рис. 11. Толщина досок зависит главным образом от веса того металла, который будет на нем размечаться, и расстояния между козлами.

Стелаж и бывают и иной конструкции, а именно — собранные и сбитые из прямоугольных брусков сечением 25×25 см; блоки расставляются на расстоянии 2 — 2,5 м друг от друга и на них укрепляется пара железных балок, служащих для опоры укладываемого на них листа.

Для удобства работы на стелаже его высота должна быть равна 0,7—0,9 м, и поэтому укладка на него для разметки сразу целой пачки листовой стали, предназначенной для какой-либо большой детали, недопустима, так как создает неудобства для правильной работы, что является причиной падения производительности труда вследствие преждевременного утомления разметчика. То же самое будет происходить и тогда, когда стелаж низок.

Ширина стелажа не делается более двух метров, так как листовая сталь, идущая на обработку в цех, металлургическими заводами не выпускается шире.

В мастерской стелаж и располагаются рядами с промежутками, доста-

точными для прохода разметчика и для его нормальной работы. Таким промежутком можно признать промежуток шириной не менее одного метра. В таких промежутках удобно работать одновременно даже несколькими лицам, что имеет место весьма часто при накернивании размеченного листа двумя-тремя подручными.

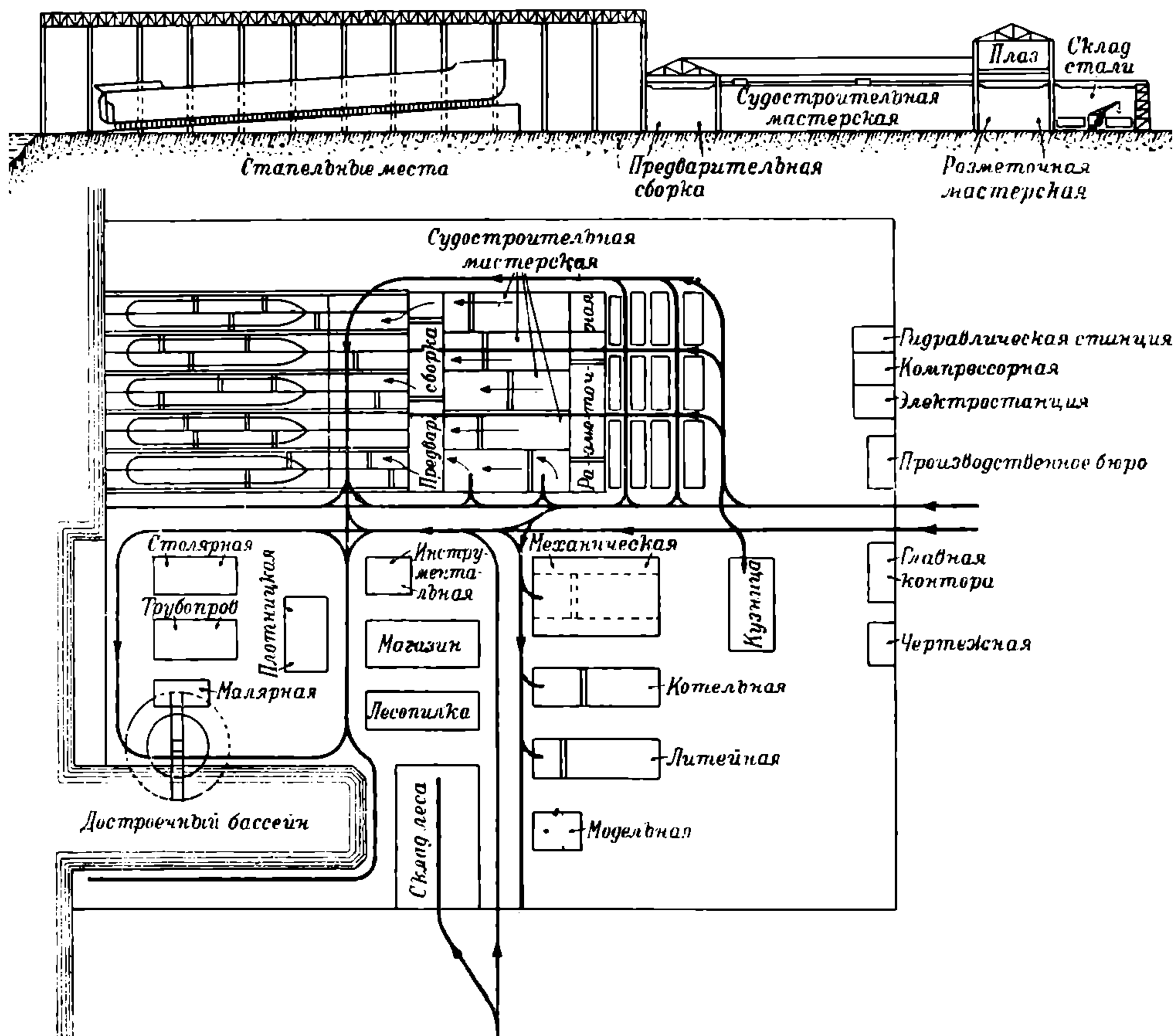


Рис. 10.

Под стеллажами помещаются ящики для уборки инструментов и пере-кладки для хранения реек и шаблонов.

Для разметки угловой стали ее укладывают на стеллажи, где для удержания в необходимом положении угольник помещают в специальное устройство, называемое держак о м. Держак (рис. 12) сделан из дерева твердой породы и имеет вид прямоугольного параллелепипеда с вырезом посередине. Для удержания угольника нужного профиля в необходимом положении его помещают в вырез держака, между стенкой которого и полкою угольника всаживается деревянный клин, препятствующий ему вибрировать в вырезе во время работы. При большой длине угольника держак располагают на таком расстоянии между собой, чтобы не было прогиба от его собственного веса и чтобы при накернивании он не прыгал и не пружинил. По окончании

разметки на одной полке угольник кантуют, закрепив клиньями размечаемую полку в державе, после чего размечают другую.

Разметочные плиты встречаются разных размеров, в зависимости от величины предметов, которые предстоит на них размечать. Плиты отли-

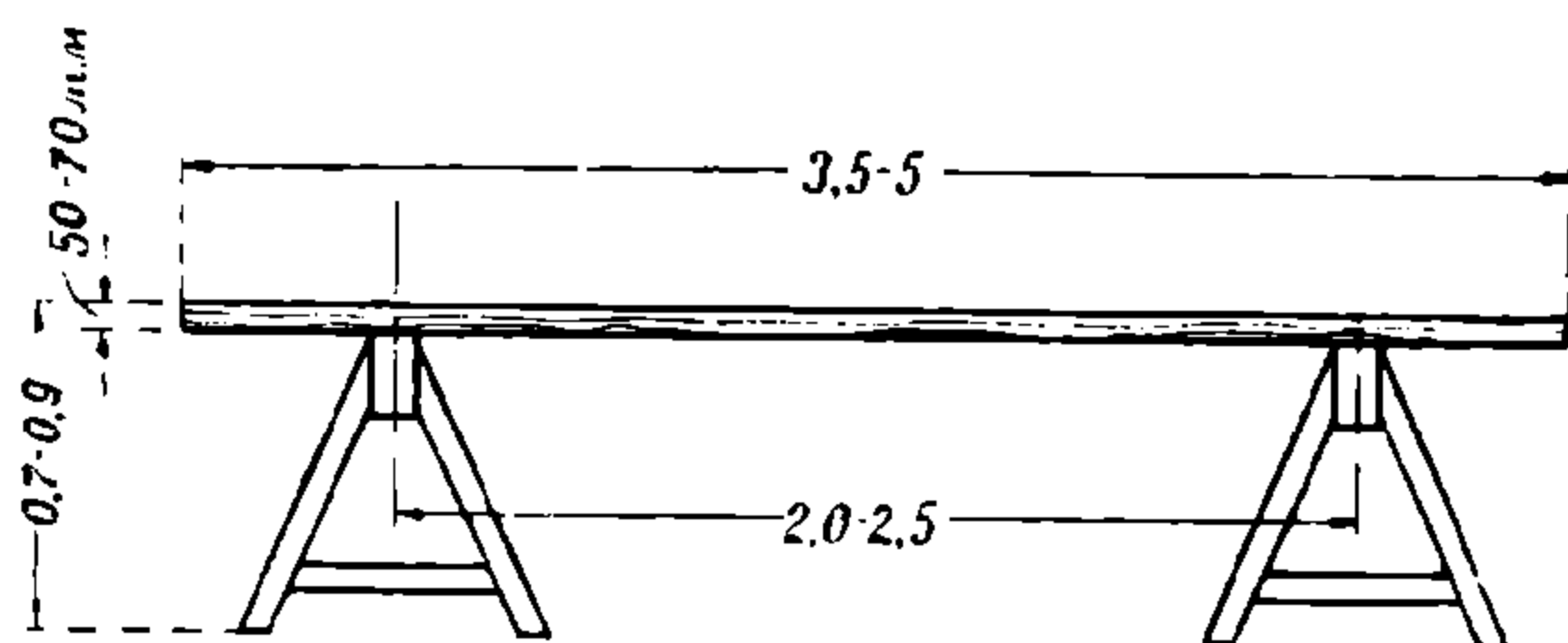


Рис. 11.

ваются из чугуна в виде толстой доски с ребрами, которую укладывают обычно на солидной деревянной станине или на каменные фундаментные столбы в строго выверенном горизонтальном положении. Верхняя плоскость и боковые стороны плиты предварительно выстрогиваются под прямым углом друг к другу. На

разметочной плите (рис. 13) ни в коем случае нельзя допускать правки, хотя бы и тонких листов и полос, и можно рекомендовать покрывать плиту легкой деревянной крышкой, когда ею не пользуются. Такая плита предназначена для разметки изделий, идущих в обработку в механический цех, и ее желательно устанавливать вблизи окна.

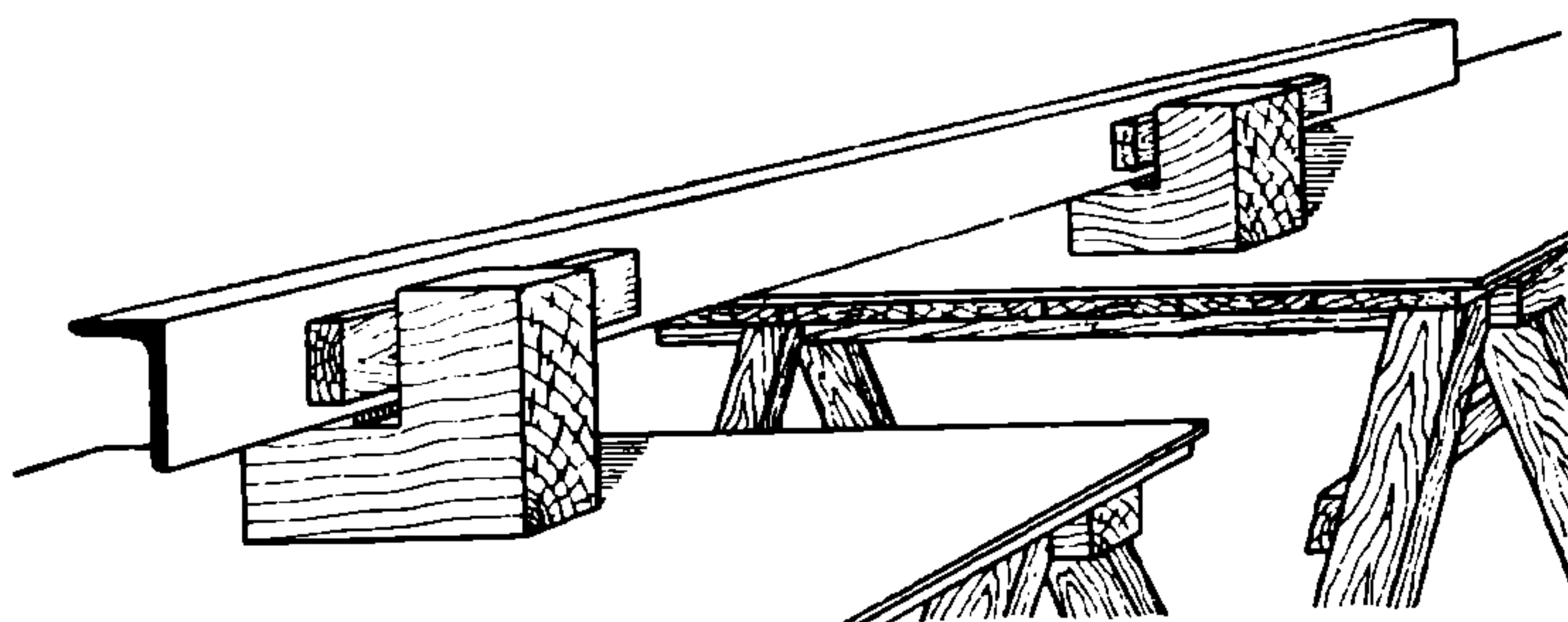


Рис. 12.

Для транспортировки материала со склада стали к месту разметки в современном производстве применяются различные виды транспортных средств. Так, переброска материала происходит либо наземным транспортом, как то: железнодорожные платформы, авто- и электрокары, железнодорожные краны и пр., либо надземным, т. е. мостовыми кранами, электрическими пневматическими телями и пр.

§ 6. РАЗМЕТОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

В своей работе разметчику приходится вычерчивать целые изделия или отдельные их части на плазу, брать с чертежа размеры

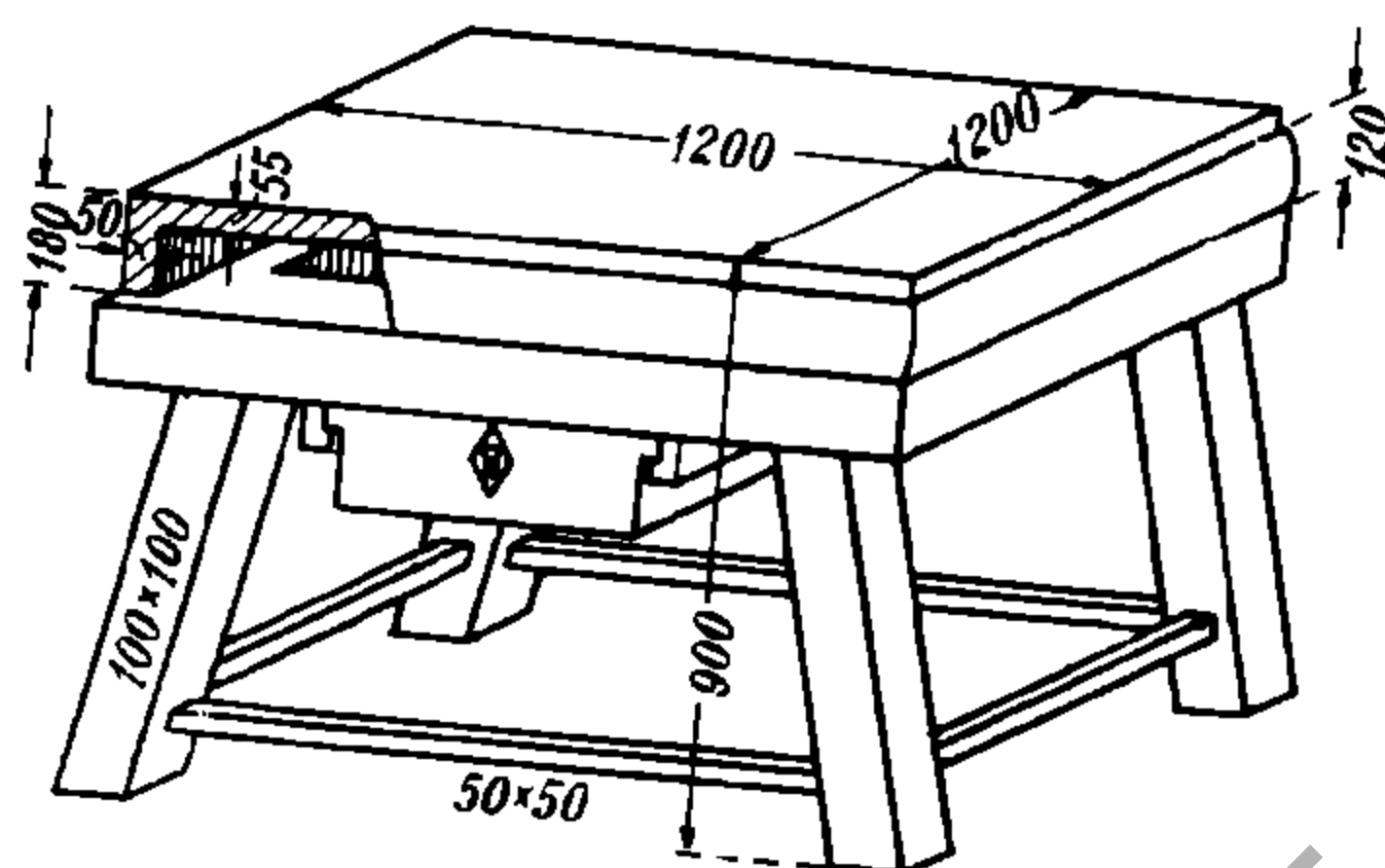


Рис. 13.

и переносить их на плаз и затем с плаза на материал, проводить на плазу или на материале прямые или кривые линии, наносить центры дуг и окружностей, описывать дуги и окружности, строить углы, проводить перпендикулярные и параллельные линии, делить линии и углы на равные или неравные части и т. д.

Для всех этих работ служат измерительные и чертежные разметочные инструменты, к описанию которых и перейдем.

Строгого деления разметочного инструмента на измерительные и чертежные провести нельзя, так как, с одной стороны, некоторыми из них пользуются как для измерения, так и для черчения (например, штангенциркуль, рейсмас и др.), а с другой — ряд инструментов не может быть отнесен ни к одной из этих групп (например, центровый кернер, кляммер и т. д.).

Чертилки. Для проведения на металле прямых или кривых линий служит так называемая чертилка (графилка, шило, рис. 14). заменяющая в этом случае чертежный карандаш. Чертилки изготовляются обычно из прутка квадратной (или круглой) инструментальной стали, длиной 150 — 200 мм, причем один конец прутка оттягивается в виде тонкого острия, а другой — загибается и служит рукояткой. После отковки и закалки острый конец чертилки затачивается на мокром точиле, причем при точении его необходимо все время поворачивать между пальцами, чтобы острие совпадало с осью чертилки и не поворачивалось при черчении.



Рис. 14.

Хорошо заточенная чертилка дает на железе тонкую отчетливую линию и, будучи хорошо закалена, не скоро тупится. При черчении на деревянном плазу пользуются чертежным карандашом.

Линейки. Для проведения по железу или на плазу прямых линий служат тонкие стальные линейки, хорошо выверенные на плите. Такие линейки представляют собою стальные полосы шириной (в зависимости от длины) от 25 до 75 мм, толщиной от 0,5 до 2 мм и длиной от 300 мм до 3 м (редко больше); они легко следуют за изгибами железа, будучи к нему прижаты. Этими же линейками, поставленными на ребро, часто пользуются для соединения ряда точек плавной кривою, не нуждаясь таким образом в наборе лекалов.

Применения для тех же целей деревянных линеек следует избегать, так как последние весьма легко коробятся и требуют проверки по несколько раз в день (особенно при работе под открытым небом), и кроме того, имея по необходимости большую толщину, чем стальная линейка, не дают столь правильной прямой. Однако деревянные линейки имеют преимущественное применение для проведения на плазу или на железе кривых линий значительной длины.

Для проверки как металлических, так и деревянных линеек применяют следующий прием: при помощи линейки проводят чертилкой прямую; затем линейку переворачивают справа налево, или наоборот, и прикладывают к прямой той же кромкой и, если она совпадает с ранее проведенной прямой, то линейка верна; в противном случае линейку надо отдать для исправления.

Крысы. Для вычерчивания длинных пологих кривых тонкая, достаточно гибкая деревянная линейка входит как составная часть в специальное лекальное приспособление, состоящее, кроме линейки (сечением 20×5 мм), из нескольких чугунных или свинцовых накладок, или так называемых крыс, имеющих форму параллелепипеда с крючком, которым накладка

опирается на ребро линейки, как это показано на рис. 15 (А). Из того же рис. 15 видно, как пользуются лекальным приспособлением: для проведения кривой деревянную линейку укладывают на ребро по имеющимся на чертеже точкам и укрепляют в этом положении при помощи крыс, которые должны для этого иметь вес не менее 1—2 кг. Затем по линейке проводят чертилкой соответственную кривую.

Шнур. Для проведения прямых, превосходящих по длине имеющиеся в распоряжении разметчика линейки, в разметочных пользуются тонкими крученым и воценым пеньковым шнуром (лучшие — из манильской пеньки), который, обладая сравнительно большой упругостью, мало растягивается и поэтому особенно пригоден для разметочных работ.

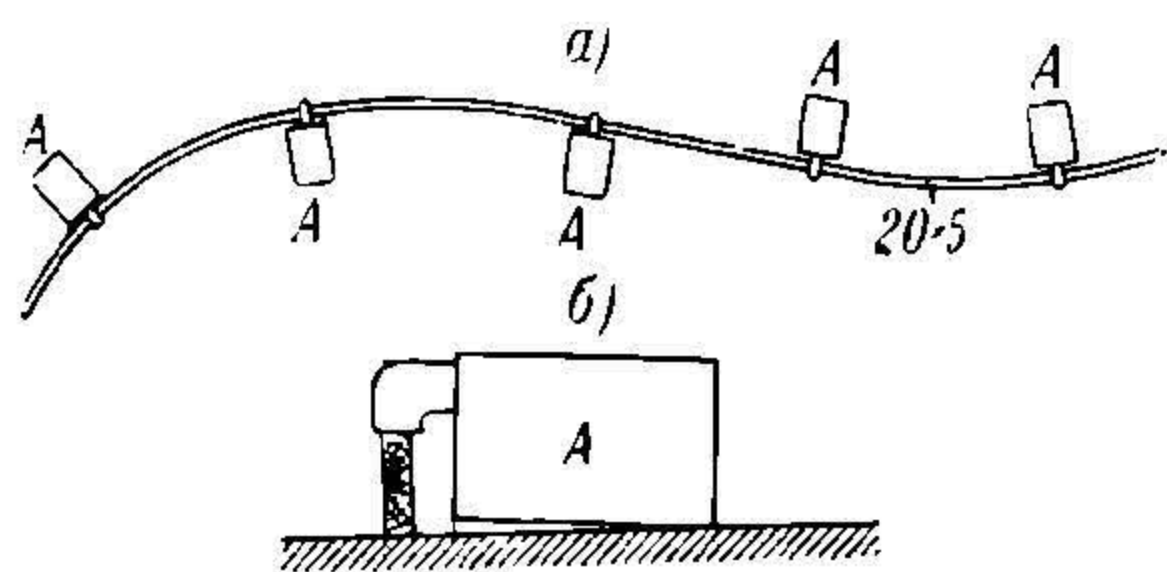


Рис. 15.

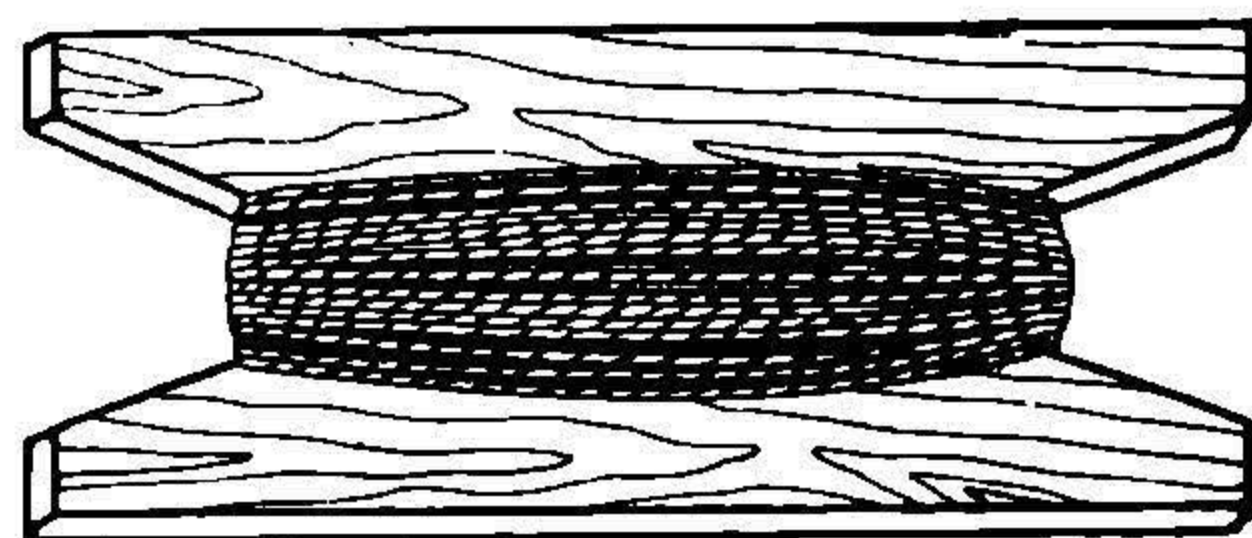


Рис. 16.

Способ применения шнура будет показан дальше, а здесь мы ограничимся указанием, что шнур после его употребления следует протирать чистой тряпкой и, если он случайно намок, давать ему просохнуть, а затем аккуратно собирать в моток или лучше наматывать на деревянную рогульку без натяжения и хранить в инструментальном шкафу (рис. 16).

Масштабы или складные метры. Весьма распространенным измерительным инструментом является так называемый складной метр или масштаб (рис. 17), состоящий из металлических или, чаще, деревянных планок

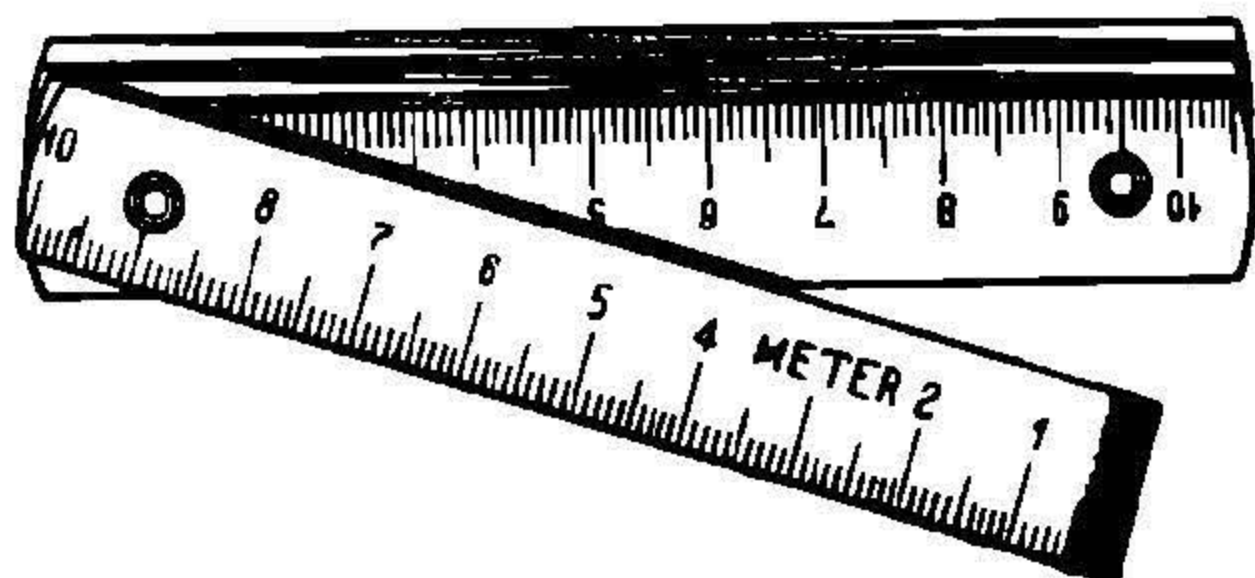


Рис. 17.

с делениями, соединенных друг с другом при помощи шарниров таким образом, что они могут складываться в очень удобного размера брусок. Шарниры масштабов снабжаются иногда плоскими пружинками, заскакивающими в особые углубления при раскладывании масштаба; благодаря такому устройству отдельные масштабные планки жестко скрепляются друг с другом, и масштаб

делается негнущимся и пригодным для измерений в пространстве.

Однако разметчики предпочитают масштабы без пружин, так как, с одной стороны, измерения в пространстве случаются сравнительно редко, но зато масштабы без пружин гораздо быстрее раскладываются и складываются. Равным образом, стальным масштабам разметчики предпочитают деревянные, благодаря большей четкости делений на последних.

Складные метры снабжаются обычно двумя шкалами — в миллиметрах и в дюймах; следует при этом избегать масштабов с сотками и вершками. Масштабы изготовляются длиной (в разложенном виде) в пять футов (около 1500 мм) из десяти звеньев по 150 мм каждое.

Проверочные линейки. Для более точных измерений в разметочных пользуются стальными проверочными линейками, длиной обычно в 300 мм и в 1 м, имеющими точно нанесенные и четкие деления. С этими линейками следует обращаться весьма бережно, сохраняя их в деревянном футляре (пенале); по ним проверяют рулетки и складные метры.

Рулетки. Для измерения прямых и кривых линий большой длины (свыше 1 м) применяется так называемая рулетка (рис. 18), представляющая собой тонкую стальную ленту, шириной в 10—15 мм, наматываемую на особую катушку, заключенную в кожаный или металлической футляр, при помощи откидной рукоятки.

Ленты рулеток изготавливаются длиной в 2, 10 и 20 м с делениями, наносимыми обычно по дюймовой и метрической системе. Встречающиеся в продаже рулетки с четырьмя шкалами делений — на сантиметры, дюймы, сотые сажени и вершки — нельзя рекомендовать для разметочных работ, так как шкалы легко смешать и отсчитать, например, сотки вместо дюймов, или наоборот.

Обычные стальные рулетки должны быть признаны для точных разметочных работ далеко не удовлетворительными по следующим причинам: а) разбивка на миллиметры в таких рулетках имеется обычно на протяжении всего лишь одного метра, а дальше идут уже деления на сантиметры, а иногда даже только на дециметры; это заставляет на конечную точку измеренной линии устанавливать ближайшее большее сантиметровое деление и из полученного обмера вычесть то число миллиметров, на которое сдвинется нуль рулетки; все это доставляет разметчику лишние хлопоты и легко ведет к ошибкам; б) деления на таких рулетках наносятся обычно путем травления кислотами, вследствие чего черточки делений получаются довольно грубыми (толстыми), исключая возможность точного измерения. Лишенными этих недостатков являлись в довоенное время рулетки английского завода Честермана (Chesterman, J. C.) в Шеффилде (Англия), но они обходились значительно дороже рулеток других фирм.

Рулетки с ткаными лентами, хотя бы и с вплетенными в них тонкими проволоками, в разметочных не применяются, так как они очень быстро изнашиваются, постоянно приходя в соприкосновение с острыми кромками железных листов и полос. Кроме того, будучи с различной силой натягиваемы, они дают неточные показания.

Рулетки, особенно с тканой лентой, следует время от времени проверять. Для этого растягивают рулетку на плазу и наносят на него деления с рулетки через определенные промежутки, например, через метр; кроме того на каком-либо участке наносят более мелкие деления, например дециметры, и по этим отметкам проверяют, одно за другим, все дециметровые деления. Затем рулетку поворачивают так, чтобы ее конец пришелся на то место, где раньше был нуль, и смотрят, совпадают ли метровые деления. Если в первом или во втором случае будут обнаружены несовпадения, превышающие $\frac{1}{2}$ мм, то рулетка должна быть изъята из употребления.

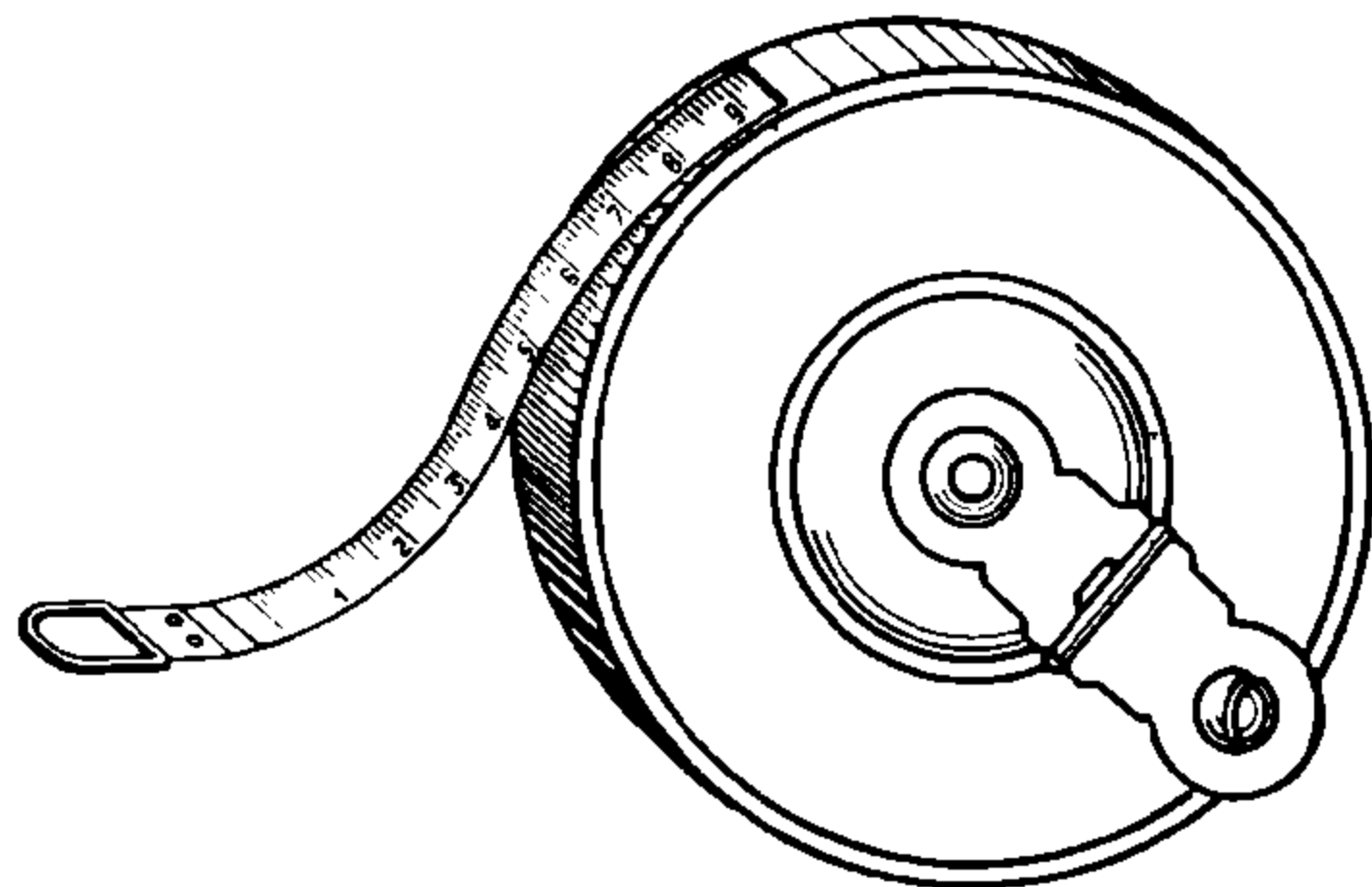


Рис. 18.

Стальные рулетки, благодаря своей гибкости, представляют большие удобства для разметчиков, так как, во-первых, ими можно обмерять кривые поверхности любого радиуса очертания, во-вторых, при разметке плоских листов они точно следуют всем изгибам (например, вследствие провисания) размечаемого материала и, в-третьих, поставив рулетку на ребро, ими можно измерять длины различных кривых, вычерченных на материале или на плазу.

Но эти преимущества стальных рулеток являются в некоторых случаях их недостатком, например, при измерении расстояния между двумя точками в пространстве, как это часто бывает при ремонтных работах. В таких случаях обычно пользуются складным метром, который не дает, однако, точных измерений.

Чтобы сделать рулетку пригодной и для такого рода случаев, американская фирма Фарранд (Farland), а за нею и некоторые германские фирмы,

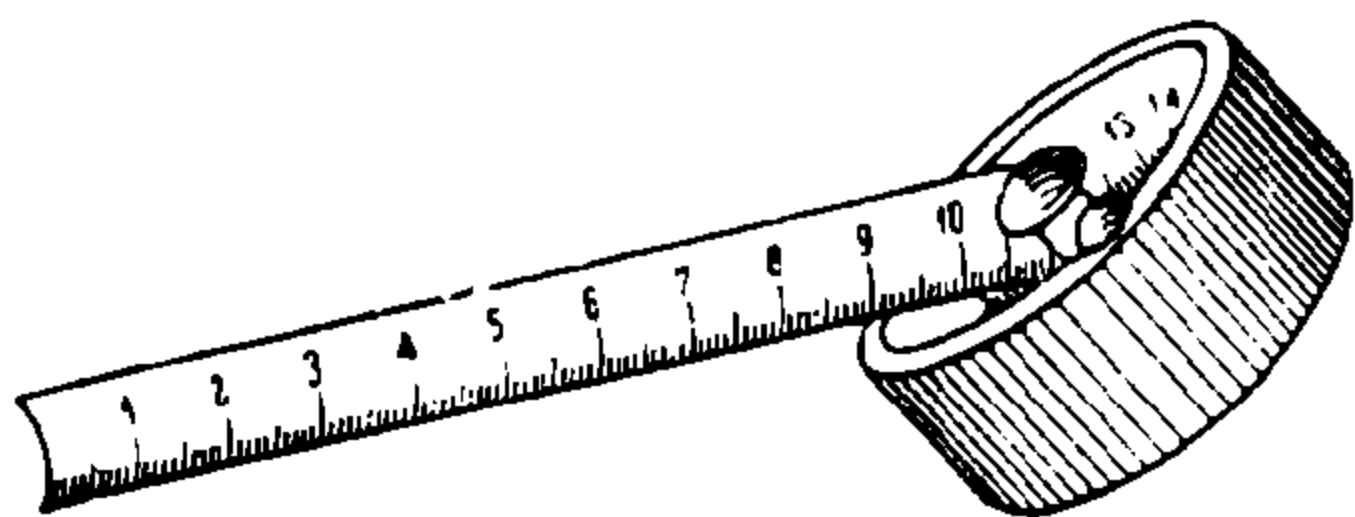


Рис. 19.

выпустили жесткую рулетку (рис. 19), представляющую собою тонкую ленту из нержавеющей стали длиной 2 м, согнутую в поперечном направлении по дуге круга и в таком виде закаленную. Деления на эти рулетки наносятся алмазным резцом на делительном станке очень тонкими черточками, не в ущерб, однако, их

четкости, что дает возможность делать ими гораздо более точные измерения, чем обычными рулетками и складными метрами.

Мерительное колесо. Для измерения длины окружности готового кольца или цилиндра и для измерения длины дуг круга и других кривых линий пользуются также мерительным диском или колесом (рис. 20), который можно легко изготовить у себя в мастерской.

Если диаметр диска сделать равным 191 мм, то окружность его будет с достаточной для практики точностью равной 600 мм (ошибка на 1 м измеряемой длины не превосходит 0,2 мм).

Такие диски изготавливаются с автоматической установкой на нуль и со счетчиком числа оборотов.

Кернеры. Неотъемлемой принадлежностью в инструментарии каждого разметчика являются так называемые кернеры, которые разделяются на простые кернеры (точечные и наметочные), центровые и контрольные.

а) *Простой кернер.* Простой кернер представляет собой стерженек (рис. 21) из круглой или восьмигранной инструментальной стали, диаметром 8—12 мм и длиной 75—100 мм, с заточенным на одном конце коническим острием. Кернер служит для отметки на размечаемом материале необходимых точек. Наставив острие кернера на ту точку, которую требуется отметить, по другому его концу наносят легкий удар ручником, вследствие чего на материале остается небольшое коническое углубление, которое тут же очерчивают вокруг мелом, чтобы его потом было легче найти. Для такой предварительной, как увидим дальше, наметки точки пользуются так называемыми точечным кернером, который имеет довольно длинное острие, заточенное на угол около 45° , чтобы иметь возможность наиболее точно нанести требуемую точку.

Другой вид простого кернера, так называемый наметочный кернер, имеет более короткий и более тупой конус (угол заострения 60°). Такой

кернер служит для того, чтобы по окончании разметки закрепить ее на материале. Острие наметочного кернера вставляется в углубление, оставленное точечным кернером, а по другому его концу наносят сильный удар ручником, вследствие чего на материале остается хорошо заметное, довольно глубокое коническое углубление (о применении того и другого кернера см. дальше в параграфе о приемах черчения по железу). Эта операция углубления отметок кернера называется керновкой или прокерниванием.

б) *Центровой кернер* применяется разметчиками в редких случаях, но он является необходимым инструментом наметчика.

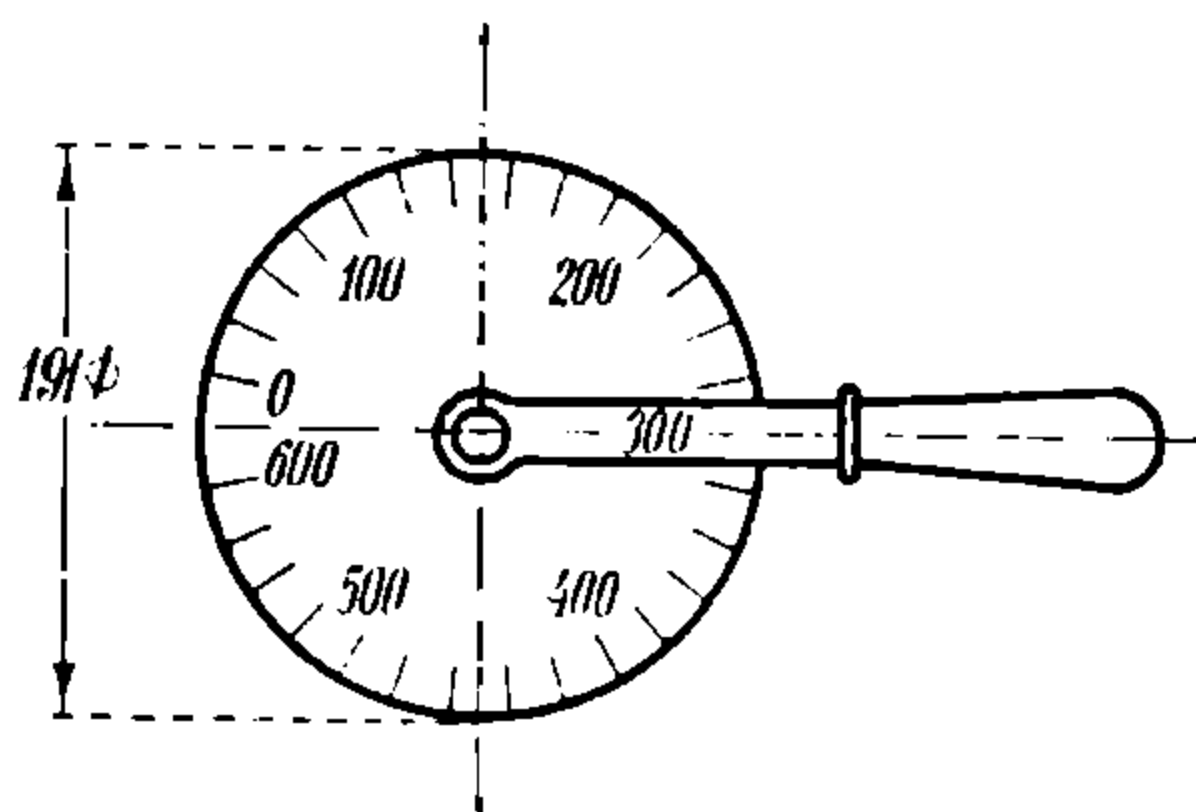


Рис. 20.

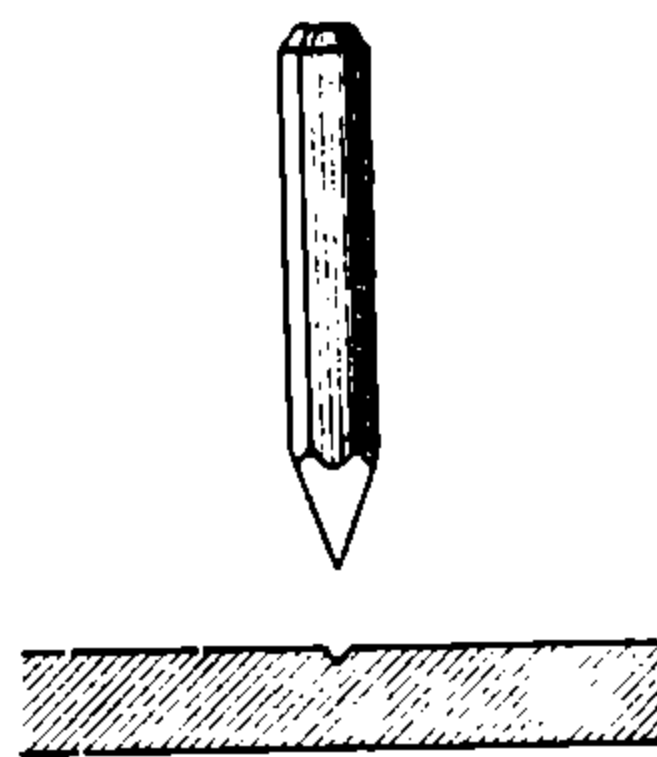


Рис. 21.

Центровой или переводной кернер (рис. 22) изготавливается длиной 100—150 мм из круглой или 8-гранной инструментальной стали, причем диаметр стали берется в зависимости от диаметра тех дыр, которые будут кернером намечаться. Понятно, что у наметчика должен быть целый набор центровых кернеров, соответственно тем диаметром отверстий, которые ему приходится намечать.

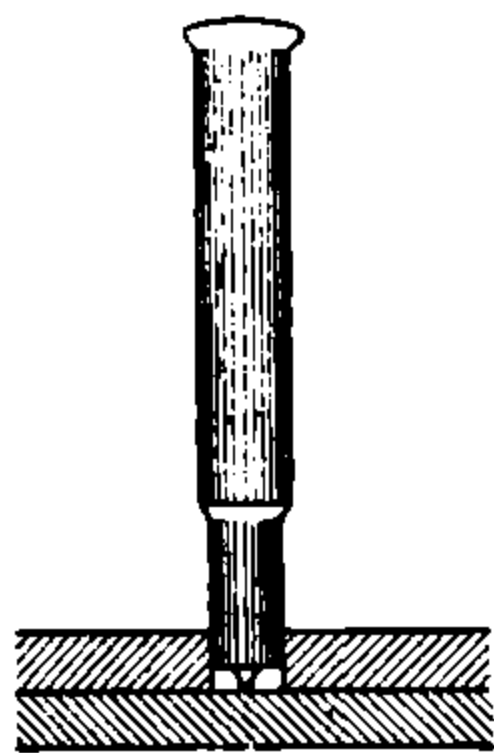


Рис. 22.

По диаметру дыры вытачивается на одном конце стержня (рис. 22) цилиндрическая часть, а на ее торце — конический выступ, и эта рабочая часть кернера подвергается закалке.

Центровой кернер служит для перевода (наметки) центров дыр с так называемого шаблона на намечаемый материал и пользуются им следующим образом. В заклепочное отверстие на шаблоне вставляется цилиндрический конец

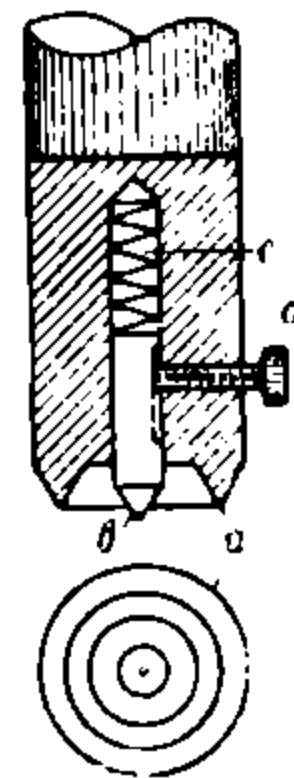


Рис. 23.

центрового кернера (для удобства работы диаметр его делают на 0,2 мм меньше диаметра дыры), а по другому концу наносят удар ручником; коническое острие кернера оставляет при этом углубление на намечаемом материале, соответствующее центру отверстия. После наметки шаблон снимают и отметки центрового кернера прокернивают наметочным кернером.

в) *Контрольный кернер*. Контрольный кернер изготавливается длиной также в 100—150 мм из круглой или восьмигранной инструментальной стали и имеет следующее устройство (рис. 23).

На конце стержня имеется выточка, образующая острый кольцевой выступ *а*; кроме того, по оси стержня вытачивается цилиндрическое гнездо, в которое вставляется спиральная пружинка *с* и небольшой точеный

из стали ($\varnothing 5 \times 30$ мм) кернер *b*, который должен свободно но плотно (без покачивания) входить в гнездо. Пружинка *c* стремится вытолкнуть из гнезда кернер *b*, для устранения чего на нем пробивают канавку, в которую входит конец шурупа *d*, позволяющий кернеру *b* иметь продольное перемещение, но препятствующий его выпадению. Таким образом, кернер *b* в свободном (нерабочем) состоянии всегда несколько выступает своим острием за кромку *a* инструмента.

Контрольный кернер служит для того, чтобы избежать кропотливой и дорогой работы вычерчивания циркулем очертаний заклепочных отверстий, необходимых для суждения о диаметре дыры, правильности дальнейшего изготовления этих отверстий и для облегчения ориентировки сверловщику.

Пользуются контрольным кернером следующим образом: после прокер-

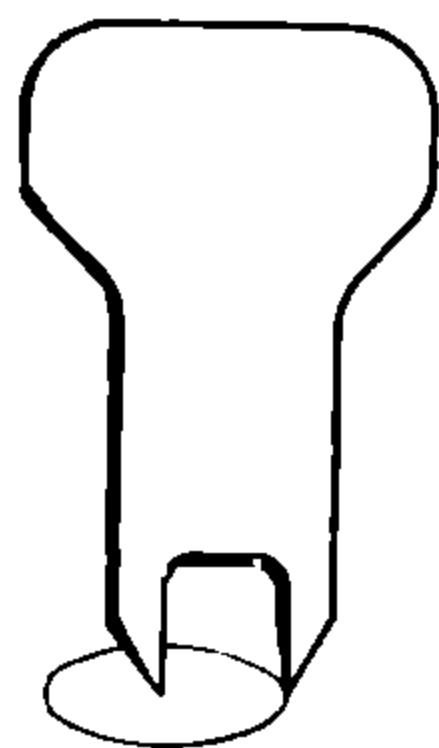


Рис. 24.

их на материале (с шаблона) при помощи центрового кернера (когда шаблон уже снят) наставляют острие кернера *b* в керно (углубление в теле металла), полученное в результате разметки (или наметки). Установив затем стержень кернера так, чтобы его режущая кромка *a* повсюду плотно прилегала к намечаемому материалу, наносят ручником сильный удар по другому концу контрольного кернера. под действием которого кромка *a* врежется в материал, оставляя на нем зарубку в виде кружка того диаметра, который должно получить намеченное отверстие. Понятно, что разметчик и наметчик обязаны иметь такой набор контрольных кернеров, как и центровых.

Вилки. В некоторых старых котельных цехах еще в недавнее время встречался специальный инструмент для той же цели, так называемая вилка, ныне вытесненная контрольным кернером. Вилка имеет вид пластинки с двумя остриями (рис. 24), расставленными на расстоянии радиуса той дыры, очертание которой желают нанести.

Вставив одно острие вилки в керно, другим острием очерчивают окружность дыры.

Понятно, что работа вилкой гораздо кропотливее и обходится в несколько раз дороже работы с помощью контрольного кернера, тем более, что после вилки очертание дыры получается весьма слабым; по периферии дыры приходится ставить 3—4 кернышка, чего после зарубки дыры контрольным кернером совершенно не требуется.

Угольники. Для нанесения на материал перпендикулярных линий в разметочных пользуются в известных случаях угольниками с палкой, так называемые аншлаги, и без палки — слесарные.

а) *Угольник слесарный.* Слесарный угольник (рис. 25) или даже чертежный применяется иногда разметчиками при вычерчивании на деревянном плазу или на картоне для проведения перпендикулярных или параллельных линий небольшой длины. Слесарные угольники встречаются толщиной 1—3 мм при ширине полок в 15—50 мм и длиной от 100×150 до 300×450 мм. Большого размера угольники уже слишком громоздки, тяжелы и легко портятся. Вообще же говоря, как правило, при разметочных работах — на плазу или на материале — пользоваться угольниками не рекомендуется, а следует прибегать к геометрическим построениям.

б) *Угольник с полкой (аншлаг)* (рис. 26) находит у разметчиков применение главным образом для перевода делений с одной полки угло-

вого железа на другую; для этого прижимают угольник полкой к спинке углового железа и притом так, чтобы обрез полки совпадал с линией, проходящей через центр дыры, а по другой его полке проводят чертилкой линию, перпендикулярную к ребру двугранного угла, образуемого полками углового железа (рис. 27), на которой и должен лежать искомый центр, а именно — в точке пересечения этой линии с риской.

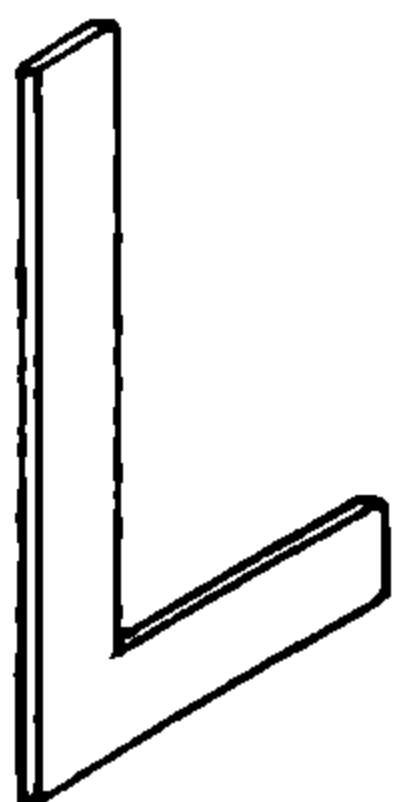


Рис. 25.

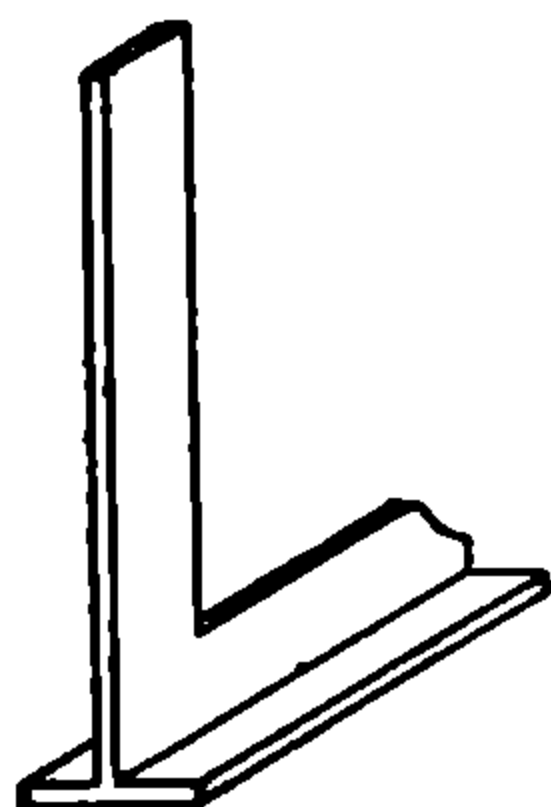


Рис. 26.

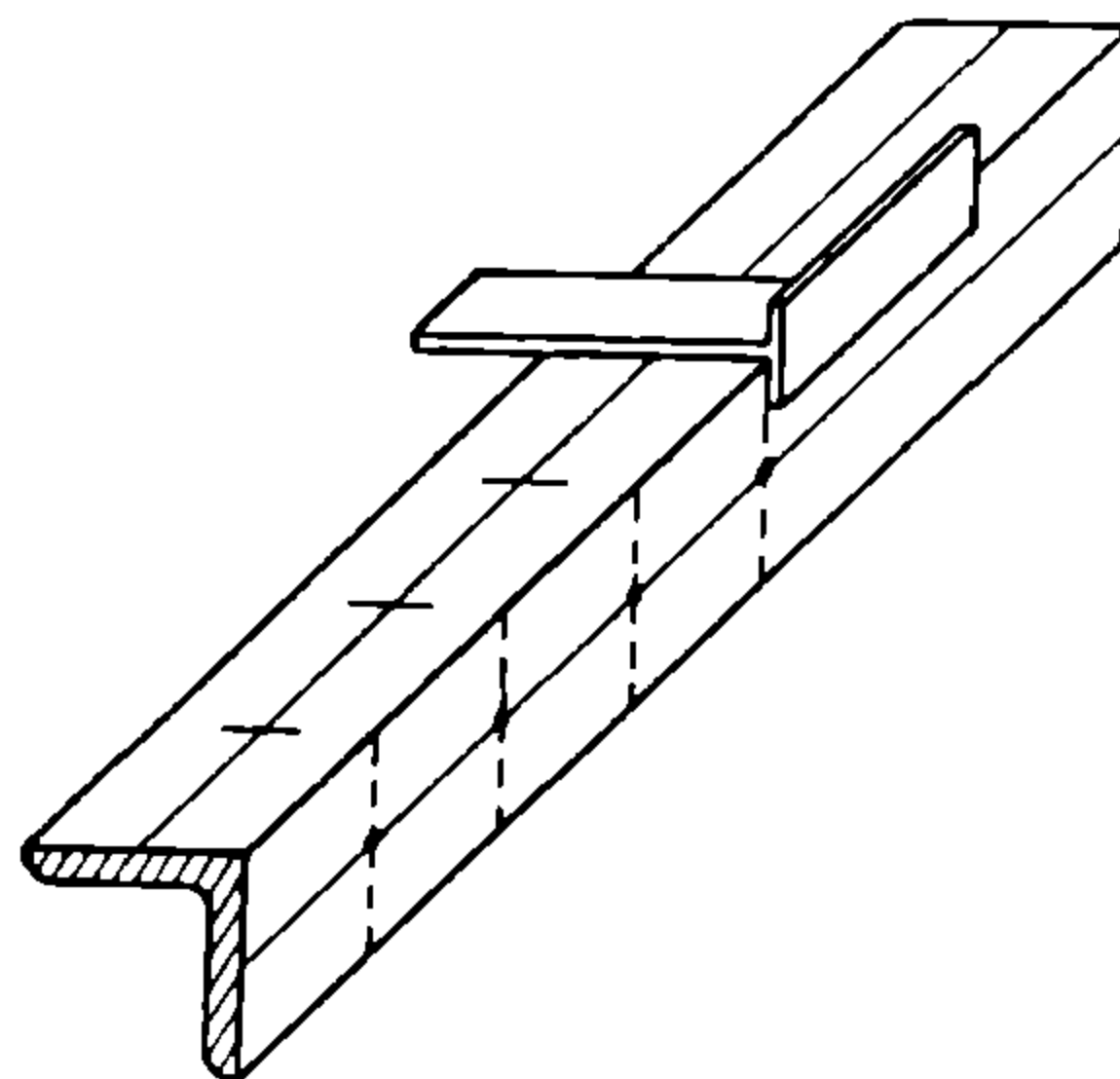


Рис. 27.

Как обыкновенные слесарные, так и угольники с полкой, следует время от времени проверять, для чего располагают короткую полку вдоль какой-либо прямой, например, начерченной на листе, или, пользуясь для этого краем разметочной плиты, проводят по другой его полке прямую, которая должна быть перпендикулярна к первой. Поэтому, если угольник перевернуть так, чтобы его короткая полка была направлена в сторону, противоположную первоначальному ее положению, то вновь проведенная по длинной полке прямая должна совпадать с прежней. Если

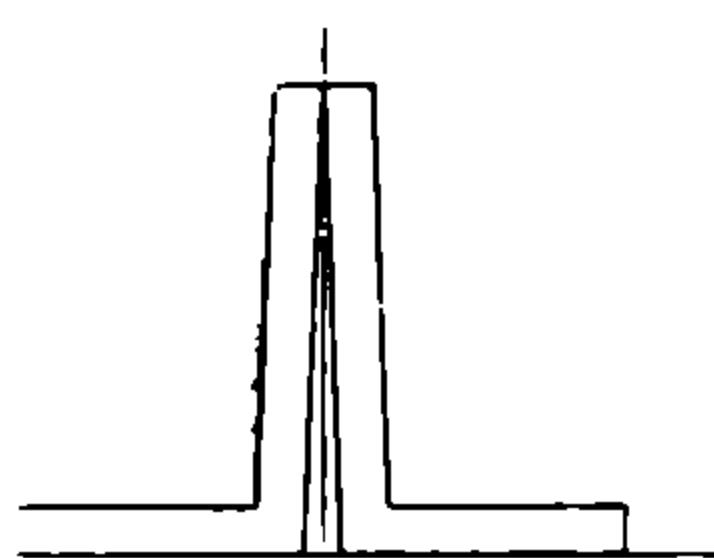


Рис. 28.

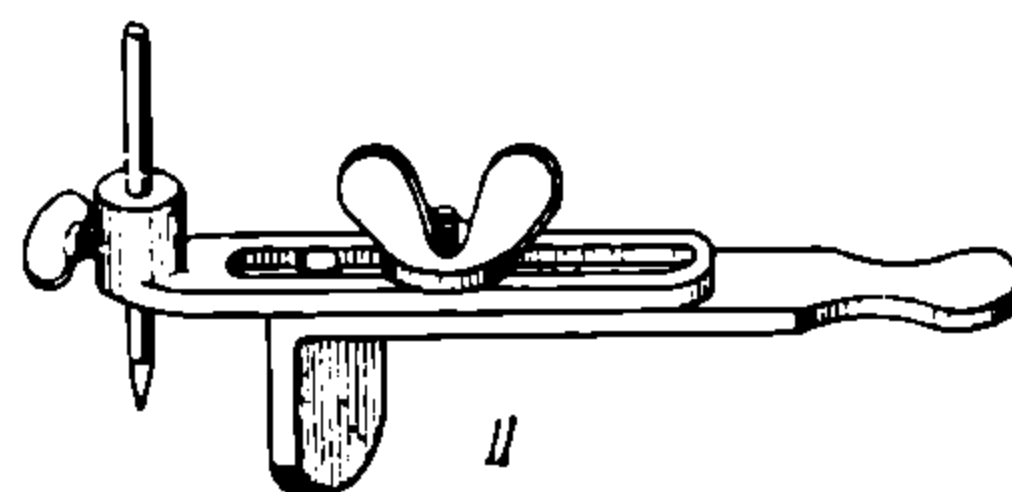
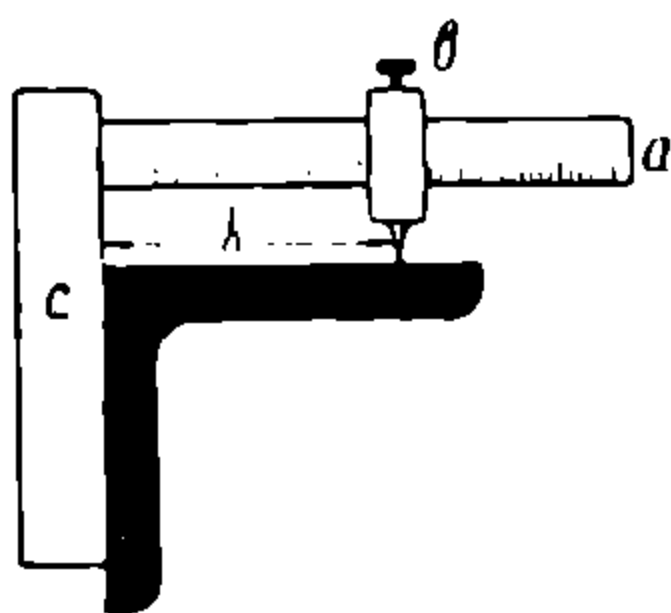


Рис. 29.

этого не случится, то угольник неверен и подлежит сдаче в инструментальную для исправления. Возможные в этом случае положения угольников показаны на рис. 28.

Рейсмас. Для проведения линий, параллельных кромке листа или спинке углового железа, весьма удобным инструментом является так называемый рейсмас. В практике разметочных работ нашло себе применение множество их типов, и на рис. 29 приведены два из них.

Рейсмас состоит из линейки *а* (с делениями), по которой может передвигаться ползунок с чертилкой, закрепляемый установительным винтом *б* на соответственном делении линейки *а*. Линейка *а* укреплена одним концом в широкую планку *с*, которая, будучи прижата к кромке и передвигаема по ней, служит для проведения чертилкой линии, параллельной кромке.

С рейсмасом работают, уперев в его полку c конец складного метра и установив чертилку при помощи винта b на соответствующем расстоянии k ; затем переносят рейсмас на размечаемый предмет и, как было уже описано, проводят линию, параллельную кромке на расстоянии k .

Так как угловое железо чаще всего встречается в ограниченном числе определенных профилей и линия расположения заклепочных отверстий, так называемая *риска*, находится для каждого профиля на вполне определенном расстоянии от спинки угольника, то, чтобы не тратить каждый раз времени на установку вышеописанного рейсмаса, разметчики весьма охотно пользуются самодельным рейсмасом, согнутым из тонкого листового железа (рис. 30), на котором делаются маленькие отверстия, соответствующие рискам различных профилей углового железа. Эти отверстия служат для того, чтобы в них можно было вставить острие чертилки для проведения рисок при передвижении рейсмаса вдоль уголка.

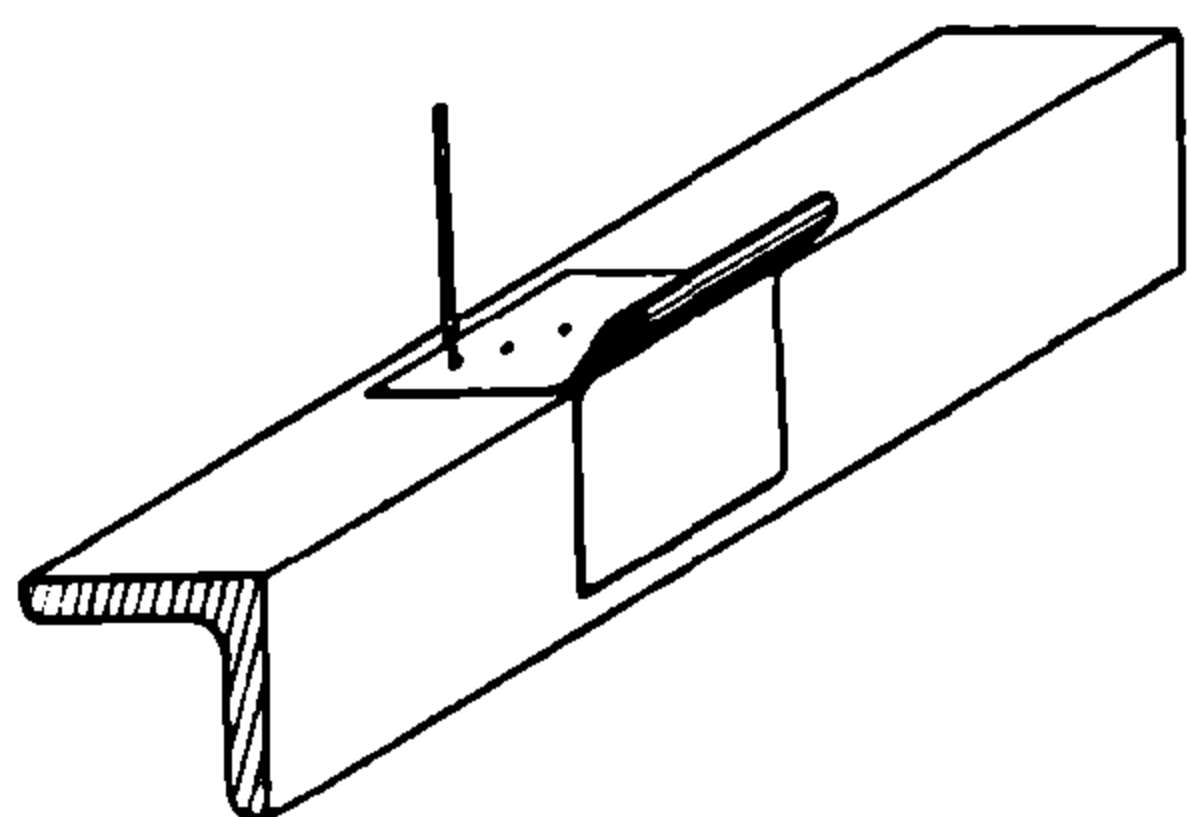


Рис. 30.

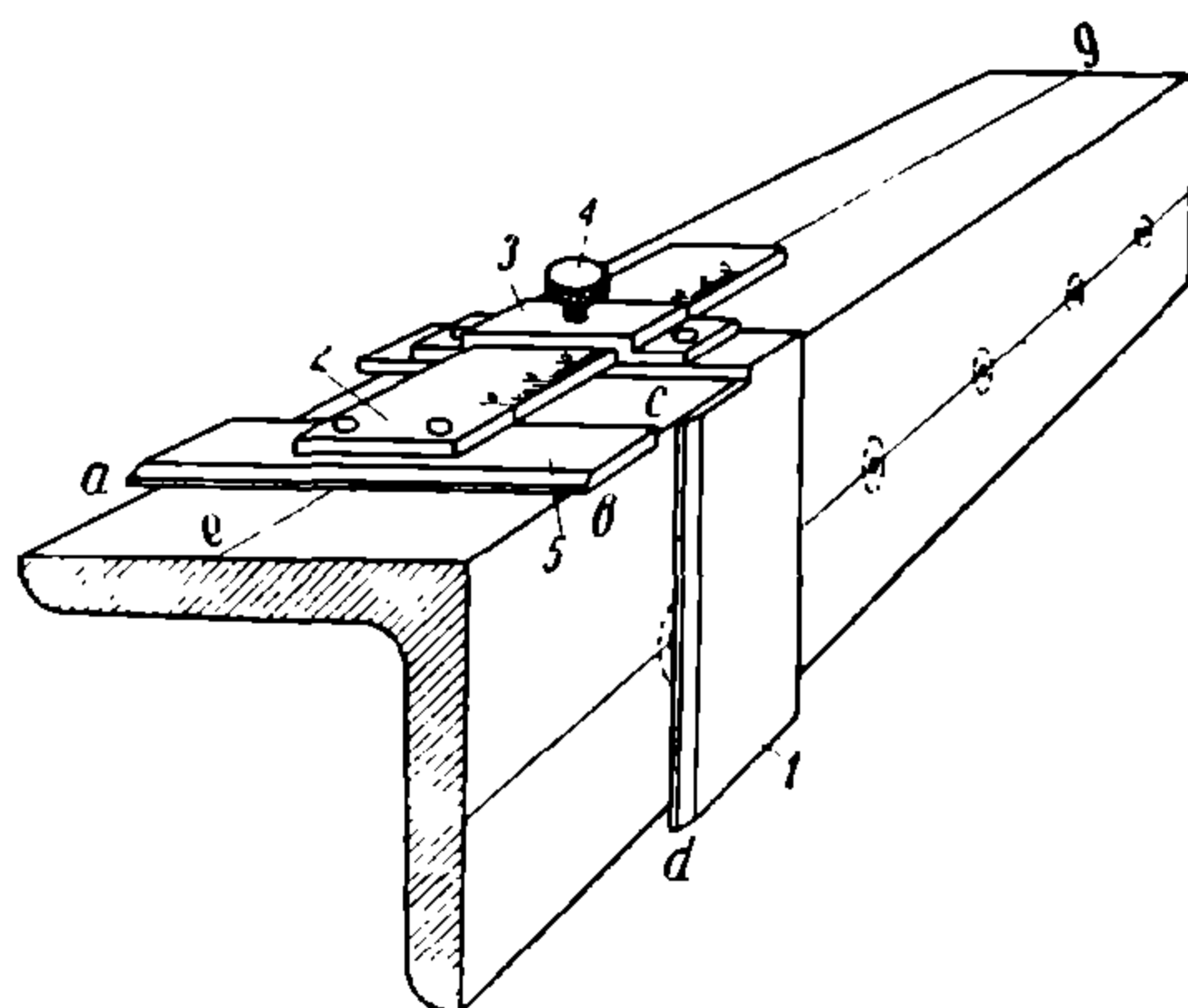


Рис. 31.

Переводки. Для нанесения на второй полке углового железа центров дыр в шахматном или цепном порядке, применяется особый инструмент, называемый *переводкой*.

Предложенная инж. С. Г. Концевич переводка (рис. 31) состоит из согнутой под прямым углом пластинки 1 , одна полка которой наполовину вырезана и заменена подвижной линейкой 5 , соединенной под прямым углом с масштабной шкалой 2 , проходящей через направляющую скобу 3 и закрепленной в последней при помощи винта 4 .

Кромка подвижной линейки $5—ab$ и кромка пластинки $1—cd$ имеют фаску и в нераздвинутом виде являются продолжением одна другой, лежащими в одной плоскости.

Чтобы нанести центры заклепочных дыр в шахматном порядке на неразмеченной стороне уголка, поступают следующим образом: выдвигают подвижную линейку 2 из скобы 3 (по шкале) на величину, равную половине шага, нанесенного на другой полке, и закрепляют ее наглухо винтом 4 . Затем переводку укладывают на полки размечаемого угольника таким образом, чтобы ее кромка cd прошла через соответствующую засечку (керно) на уже размеченной стороне. Тогда кромка ab подвижной линейки 5 в точке пересечения ее с риской eg заклепочного шва укажет центр дыры, расположенной на другой полке в шахматном порядке к уже размеченным центрам отверстий.

Для перенесения центров дыр с одной полки угольника на другую

в цепном порядке достаточно сдвинуть переводку до совпадения кромок *ab* и *cd*, после чего переводкой можно уже пользоваться как простым аншлагом (угольник с полкой). В тех же целях экономии времени разметчики, в особенности наметчики, часто пользуются самодельными переводками, весьма напоминающими по своему устройству описанные выше самодельные рейсмасы. Изготовление такой переводки оправдывается, конечно, только в тех случаях, когда шаг заклепочных отверстий в полках уголков стандартизован, как это принято, например, в проектах нормальных мостовых ферм, разработанных бывшей секцией мостроения при Всесоюзном металлосиндикате. В этом случае вырезают из тонкого листового железа полосу, по ширине равную соответствующему шагу заклепок (расстояние между центрами), и изгибают ее так, чтобы образованное ее полками ребро двугранного угла было строго перпендикулярно к обрезанным краям полосы. Затем одну из полок делят пополам и вырезают перпендикулярно к ребру.

Пользуются такой самодельной переводкой следующим образом (рис. 32): приложив ее к размечаемому угольнику так, чтобы ее концы совпали с центрами размеченных дыр на одной полке, проводят чертилкой по вырезу на другой полке переводки; если в точке пересечения полученной прямой с заранее проведенной риской поставить кернышко, то оно отметит центр дыры, расположенной как раз на середине расстояния между дырами другой полки.

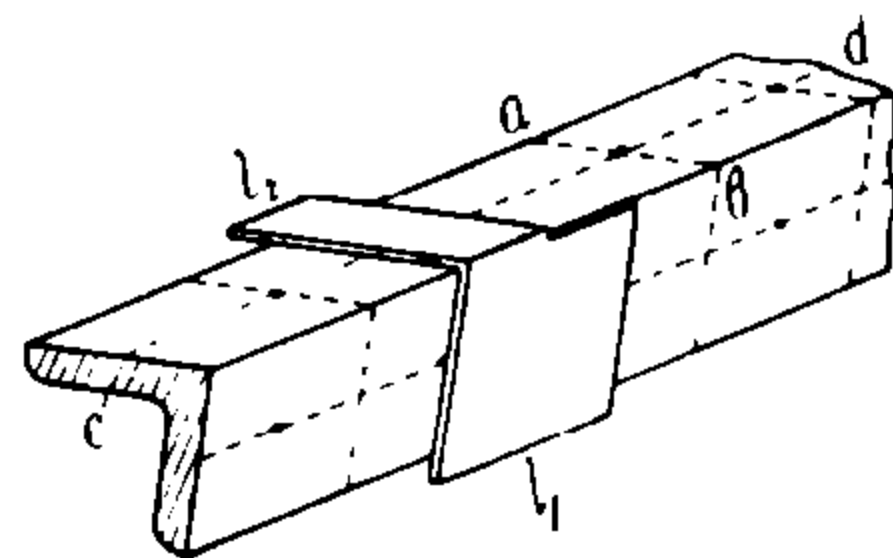


Рис. 32.

Рейсмас для балок. Говоря о рейсмасах и переводках, нельзя не остановиться на переставном рейсмасе для разметки балок, описанном в № 10 журнала „Maschinenkonstrukteur“ от 15 мая 1928 г. (стр. 229), так как он, по свидетельству журнала, значительно повышает производительность разметчиков, которым приходится размечать большое количество швеллеров и тавровых балок различных номеров (профилей).

Такой рейсмас состоит из основной линейки (планки) со шкалой (рис. 33), по которой скользят два переставных язычка и два ползунка с укрепленными на них чертилками.

Язычки предназначены для передвижения по кромкам обеих полок размечаемой балки, а ползуны — для нанесения рисок на вертикальную стенку профиля.

Основная линейка состоит из верхней и нижней частей, скрепляемых между собой при помощи винтов таким образом, чтобы язычки могли скользить между ними.

Нижняя часть снабжена делениями (шкалой) и направляющими пазами для ползунов и обоих язычков, причем пазы для язычков имеют на некоторой длине вид зубчатых реек, которые при помощи зубчатого колеса сообщают обоим язычкам движение в противоположных направлениях. Это зубчатое зацепление выбрано таким, чтобы оно допускало точную установку язычков и ползунок по шкале, имеющейся на верхней части основной линейки. Оба язычка имеют по два ребра, которыми они и скользят по пазам верхней и нижней части основной линейки, а также по одной щеке на концах, которые служат для направления движения рейсмаса.

На щеках имеются рукоятки для удобства управления рейсмасом при работе им. Верхняя и нижняя части основной линейки, оба язычка и щеки

изготавливаются весьма тщательно и так пригнаны, чтобы обеспечить безукоризненное направление всем движущимся частям. Зубчатка надежно укреплена посередине обеих частей рейсмаса и приводит в движение язычки.

Ползунки устанавливаются на соответствующем делении шкалы основной линейки и закрепляются в этом положении с помощью шурупов. Весь прибор легко разбирается при ослаблении нескольких шурупов, чем дается возможность удобно заменять подверженные износу части.

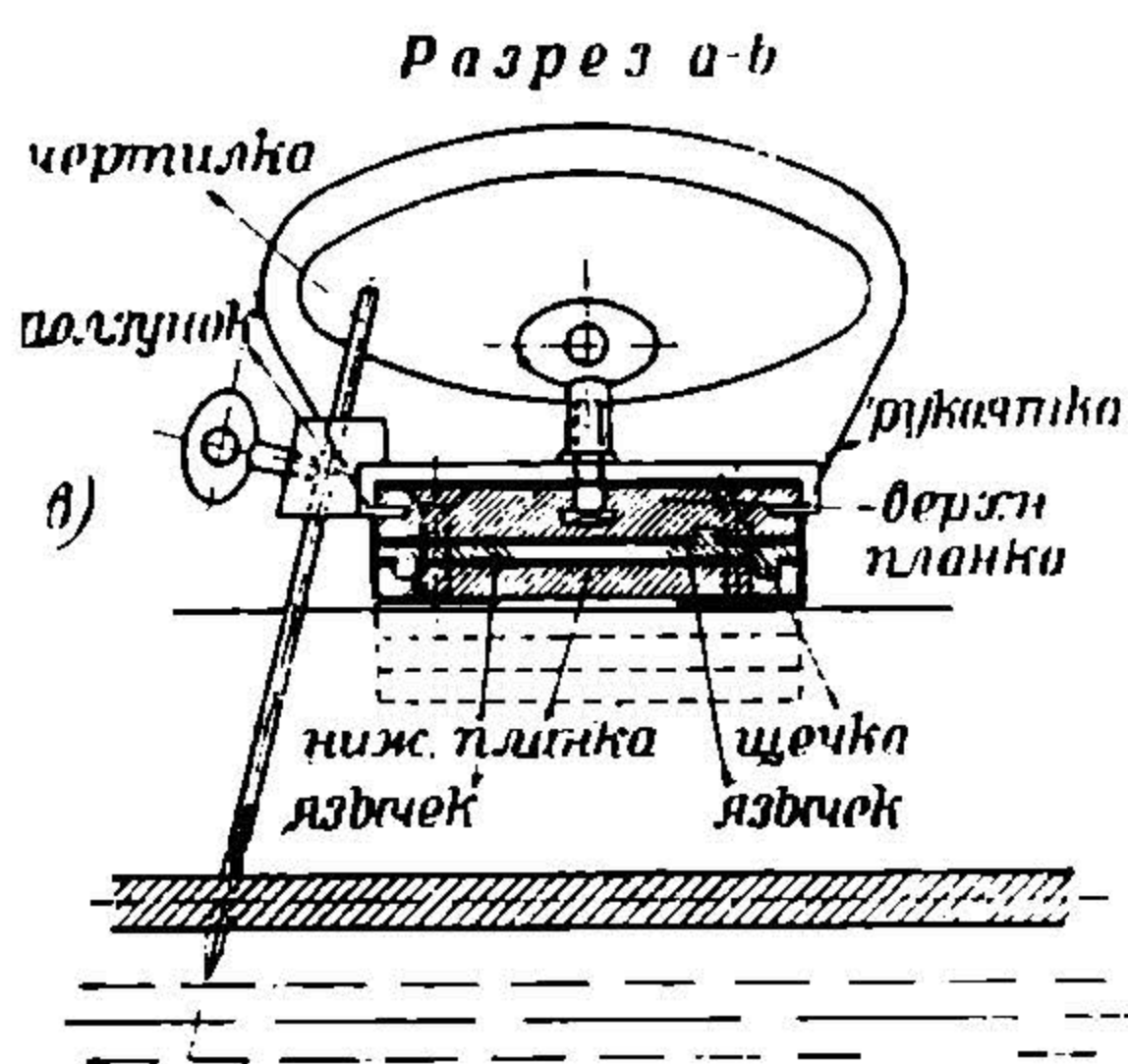
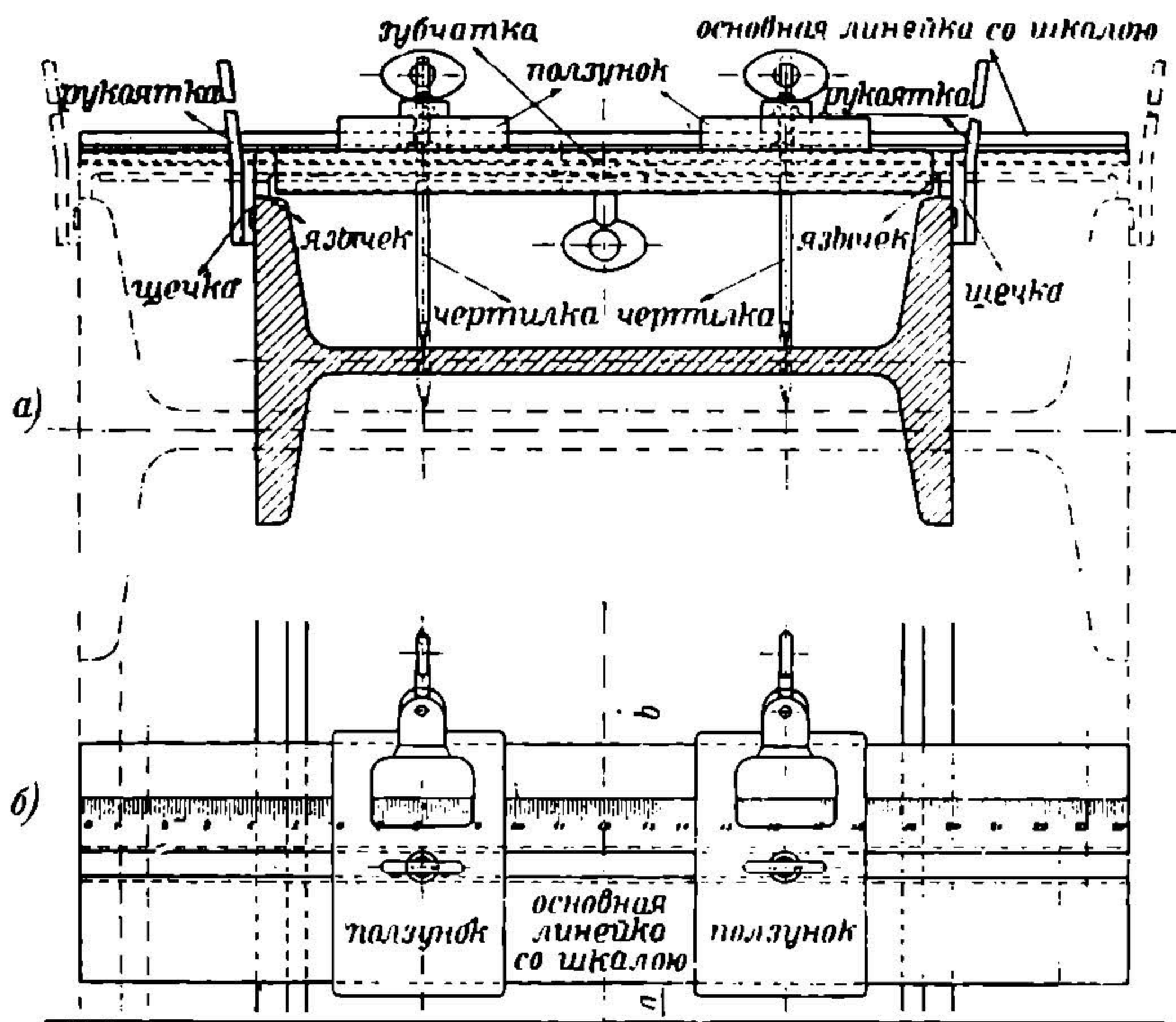


Рис. 33.

Рейсмас этот делают и больше, чем с двумя ползунками, так что его можно применять для любого случая разметки профильного железа.

Разметочный циркуль. Разметочный циркуль, в противоположность чертежному, служит как для измерения (и перенесения) размеров, так и для очерчивания дуг круга и целых окружностей. Поэтому обе его ножки всегда имеют только металлические острия — или составляющие одно целое с ножкой (рис. 34а) или вставные (рис. 34б), тогда как для описывания дуг в одну из ножек чертежного циркуля вставляют державку с карандашом. Кроме того, в отличие от чертежного циркуля, разметочный всегда снабжается дугой с, укрепленной в одной из ножек а и проходящей через прорезь б другой, при помощи которой можно закрепить совершенно неподвижно взаимное положение ножек, в зависимости от требуемого их раздвиг (раскрытия). Это достигается затягиванием винта d.

В отличие от чертежного циркуля, разметочный всегда снабжается дугой с, укрепленной в одной из ножек а и проходящей через прорезь б другой, при помощи которой можно закрепить совершенно неподвижно взаимное положение ножек, в зависимости от требуемого их раздвиг (раскрытия). Это достигается затягиванием винта d.

Такое устройство разметочного циркуля, равно как и вообще придаваемая ему особо прочная конструкция, обуславливаются теми сравнительно большими усилиями, которые к нему прилагаются при прочерчивании его ножками по металлу дуг круга и целых окружностей, каковую работу ему приходится все время исполнять, ибо, как мы увидим дальше, всякое откладывание размеров на размечаемом металле производится при разметке засечкой небольших дужек.

Следует отдавать предпочтение циркулям с вставными остриями (рис. 34б), которые удобнее затачивать и легко заменять новыми после их износа, тогда как циркули с природными остриями (рис. 34а) приходится после нескольких десятков заточек сдавать в инструментальную для наварки новых стальных концов. Обычно разметчики снабжаются циркулями двух размеров: с длиной ножек в 150—200 мм и в 300—400 мм.

Об исправности циркуля судят по тому, требуется ли для раздвигания ножек все время одинаковое усилие, или на некоторых участках одна из ножек как бы проскакивает. Кроме того ножки не должны качаться друг относительно друга. Циркулями с такими недостатками трудно дать точную работу и их следует сдавать в ремонт.

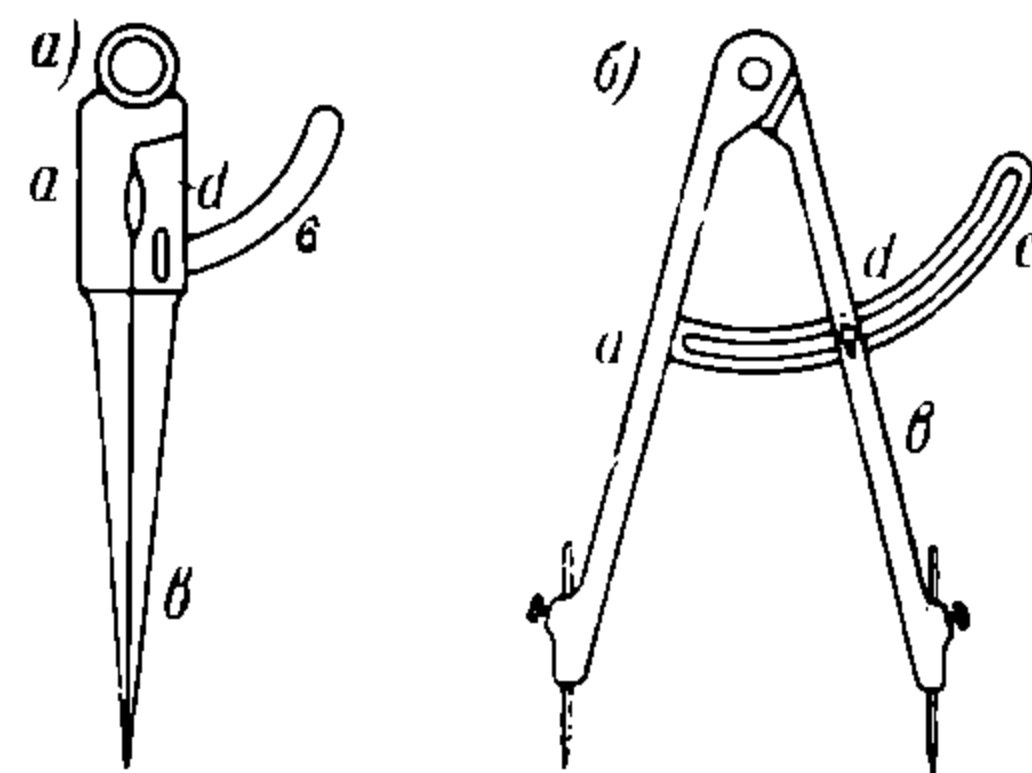


Рис. 34.

Нюрнбергские ножницы. В виду кропотливости и трудности деления прямых на большое число равных делений, техническая мысль давно уже работала в направлении автоматизации этой операции. Одним из инструментальщиков г. Нюрнберга (Германия), фамилия которого в истории не сохранилась, был в свое время предложен прибор для автоматического деления любой длины отрезка на любое число частей. Прибор этот, известный под названием „нюрнбергских ножниц“ (рис. 35), состоит из ряда стерженьков, шарнирно соединенных между собой подобно тому, как показано на рис. 35а, причем наружный вид шарниров имел занумерованные по порядку втулочки из закаленной стали. Крайний левый шарнир вместо втулочки был снабжен закаленным острием А. Деление линии этим прибором производилось следующим образом. Поставив по концам подлежащего делению отрезка по кернышку, наставляли острие А на одно из них, а затем, отыскав втулку с номером, равным требуемому числу делений, вставляли в эту втулку центровой кернер и наводили его острие на конечное кернышко делимого отрезка; оставалось через остальные втулочки накернить деления центровым кернером или очертить чертилкой.

К сожалению, этот совершенно точный и производительный прибор не получил должного распространения в практике котельных разметочных вследствие своей громоздкости, которая плохо вяжется с деликатностью устройства и той бережностью обращения, каковой прибор требует. При разметке, например, листов судовой обшивки или резервуарных, горизонтальных мостовых ферм и т. п., где число делений измеряется сотнями, прибор этот становится совершенно неудобоприменимым.

Однако преимущества, им представляемые, настолько значительны, что время от времени повторяются попытки того или иного усовершенствования его конструкции. В качестве одной из таких попыток можно указать на конструкцию этого прибора, предложенную инж. С. Г. Концевичем, для раз-

метки листов и полос длиной до 1200 мм с числом делений не свыше 25.

Эта конструкция для разбивки прямых на 10 или менее делений изображена в раздвинутом виде на рис. 35а и снабжена откидной масштабной линейкой для предварительной установки прибора по величине шага.

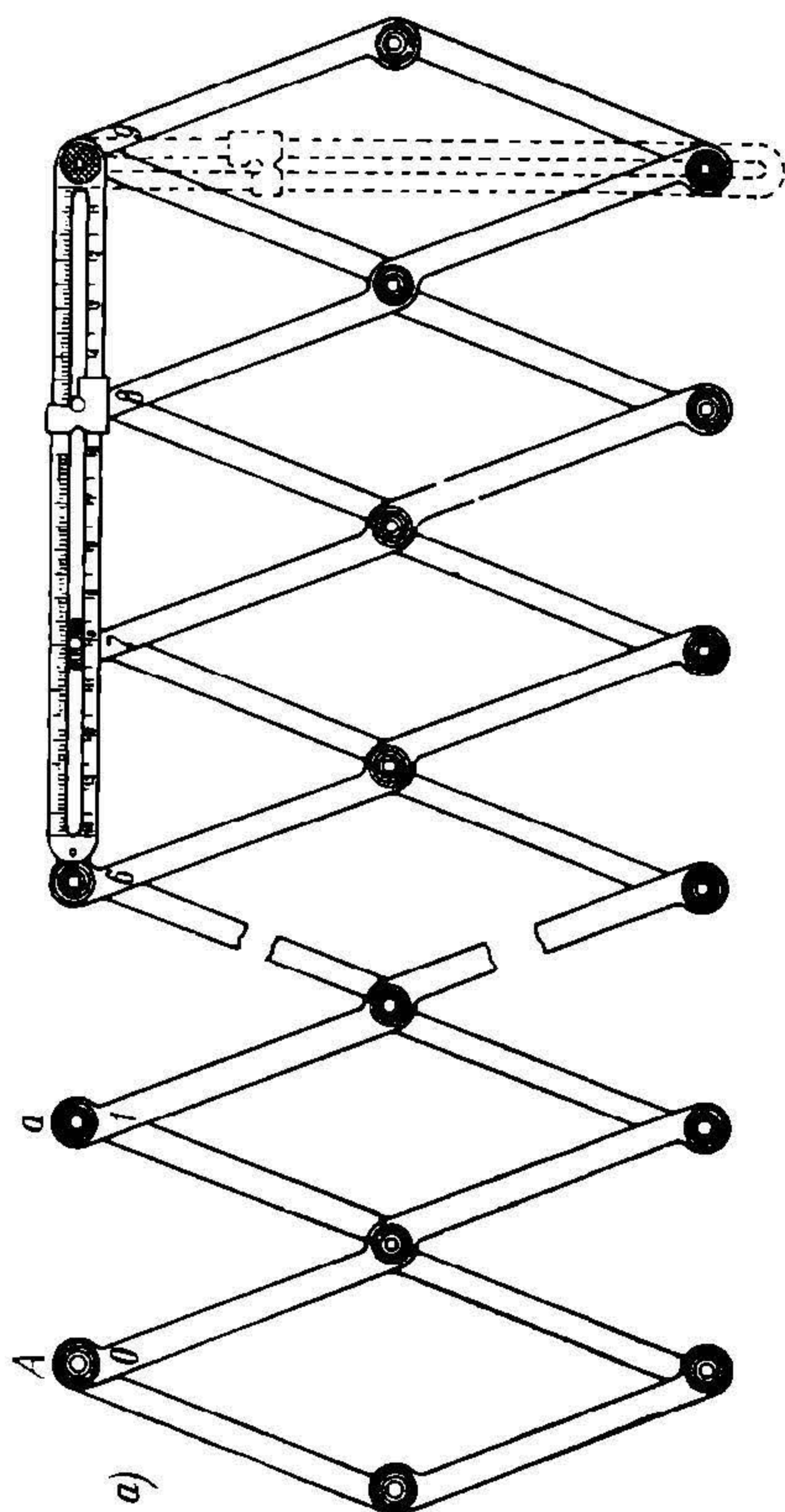
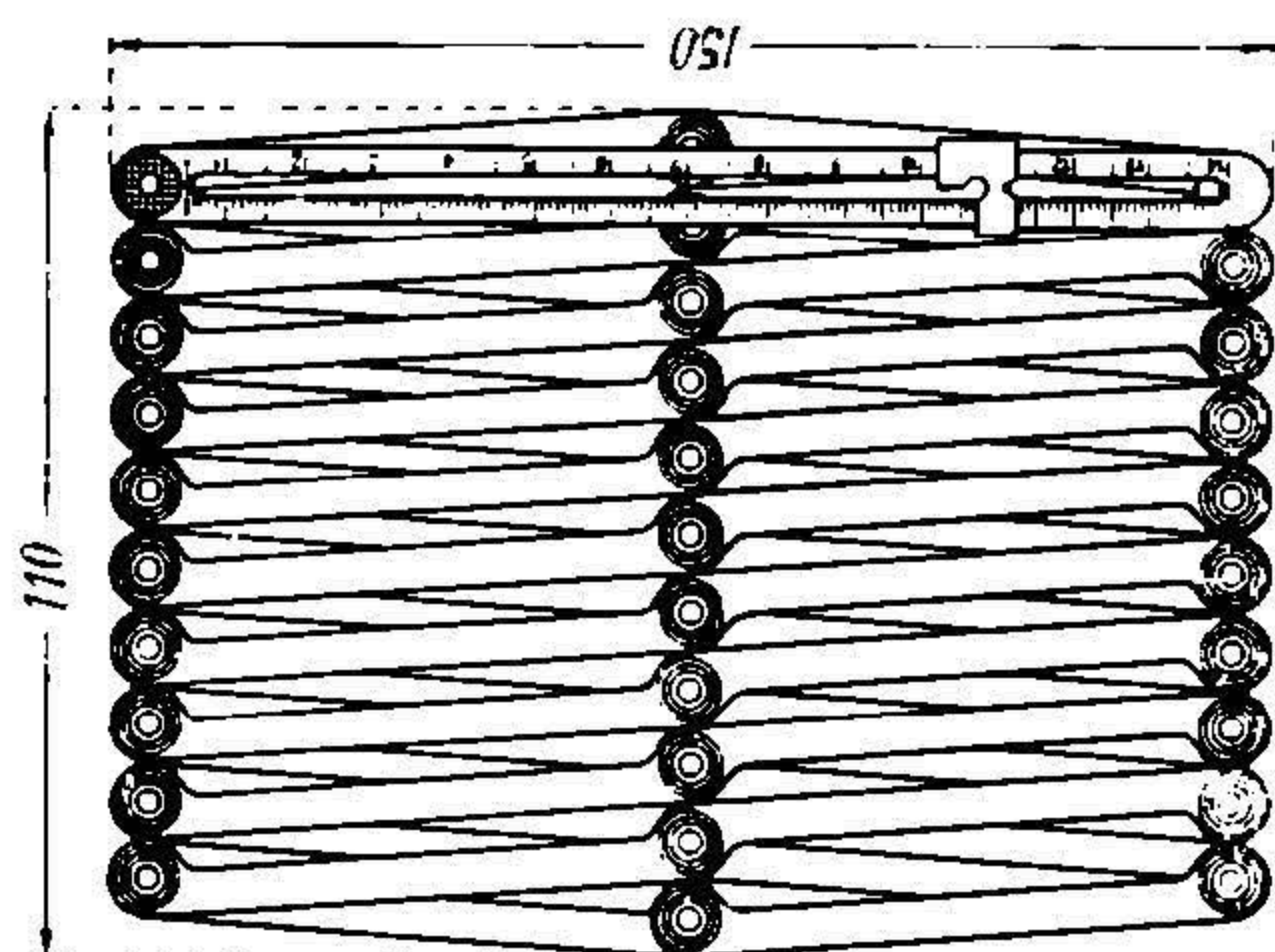


Рис. 35.

В сложенном виде делительный прибор инж. Концевича, названный им шагомером, представлен на рис. 35 и занимает место размером 100×150 мм, так что он удобно помещается в кармане вместе со своим пеналом.

Реечный делитель системы Мартынова. К подобного же рода приборам, имеющим целью упростить и автоматизировать деление отрезков прямых линий на равные числа делений, должен быть отнесен и реечный делитель, сконструированный старшим разметчиком Николаевского судостроительного завода им. Андрэ Марти — Мартыновым. Описываемый прибор служит для разбивки деревянных реечных шаблонов, широко применяемых в судостроительной разметке, и в основных своих чертах состоит (рис. 36) из деревянной рамки 1—1, могущей перемещаться вверх и вниз по вертикальным пазам станины 3—3. Рамка подвешена на тросах 4—4, которые перекинуты через ролики 5—5 и навиваются на блок 7. На горизонтальных планках рамки 1—1 насверлены маленькие отверстия на одинаковых расстояниях, равных: на верхней планке — наименьшему шагу предвидимых разбивок, а на нижней — наибольшему. Сквозь отверстия в планках пропущены, натянуты и закреплены остальные струны 6—6, последовательно занумерованные. Разбиваемая рейка 8 укладывается на кронштейны 9—9,

имеющиеся на стойках станины, таким образом, чтобы одна из крайних точек совпала со струной № 0, а другая — со струной, имеющей номер, соответствующий требуемому числу делений. Для этого нужно только передвинуть рамку при помощи шкива 7 и тросов 4 вверх или вниз, причем промежуточные струны автоматически разбивают рейку на требуемое число равных делений. Остается отметить их на рейке карандашом и по этим

отметкам просверлить отверстия или нанести разбивку кружками или крестиками.

Штангенциркуль. Когда приходится засекать дуги или описывать окружности диаметром более полуметра, то пользуются специальным раздвижным циркулем, известным под названием штангенциркуля или в просторечии — штангеля.

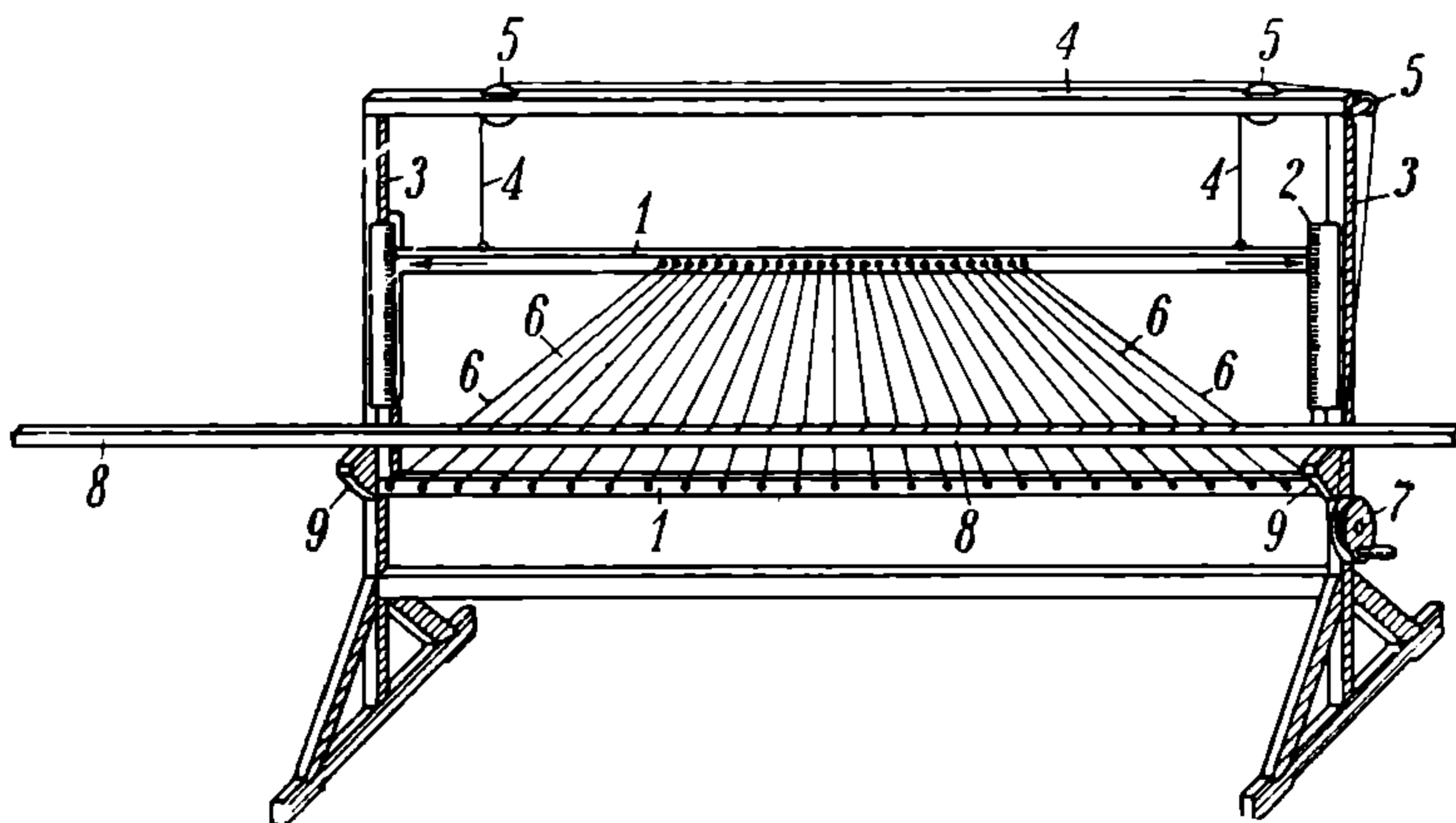


Рис. 36.

Штангенциркуль состоит из металлической или деревянной линейки *A* (рис. 37), по которой могут перемещаться две обоймы *B* — *B*; одну из них часто наглухо закрепляют на линейке, и передвигной остается только вторая обойма; в обоймы вставлены ножки (острия) *C*; по снятии размера

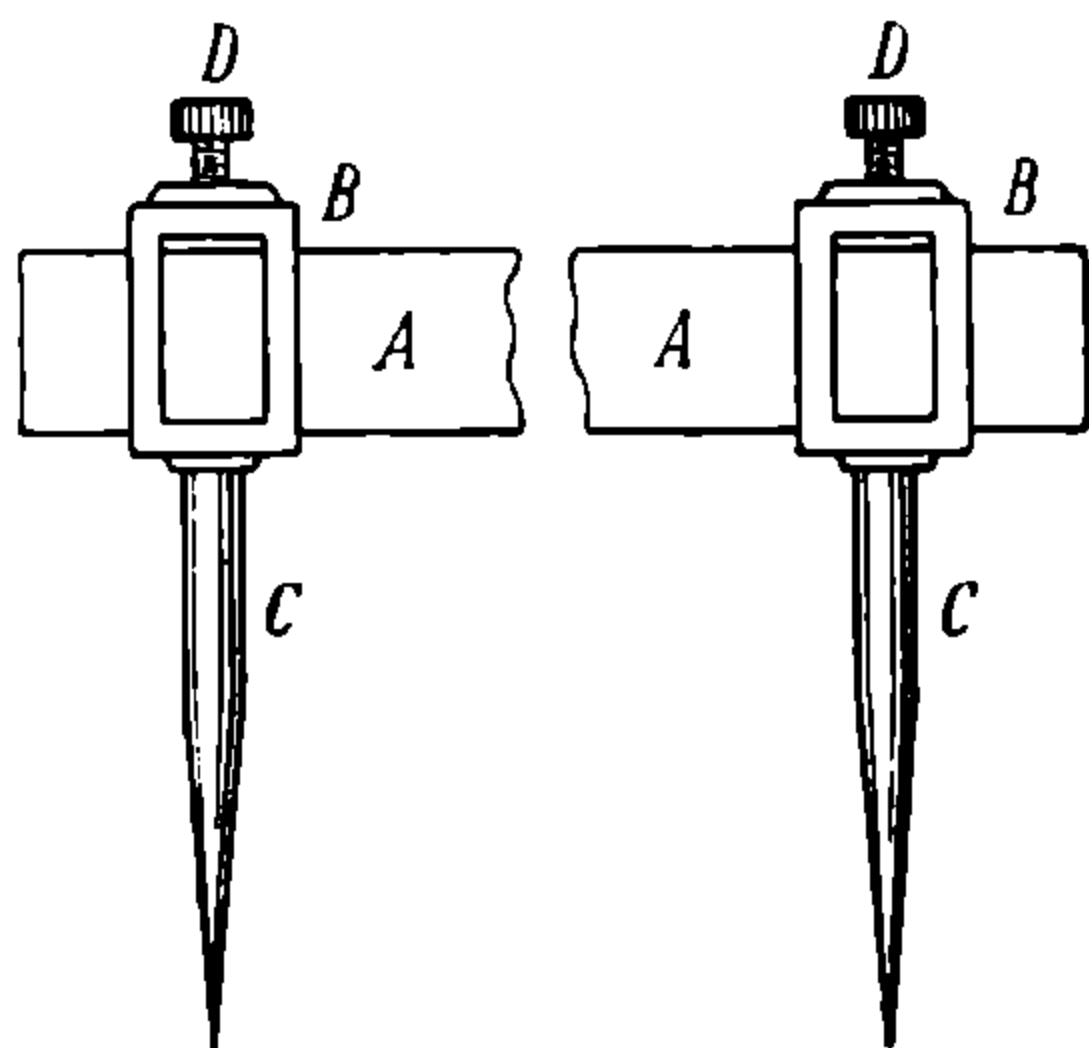


Рис. 37.

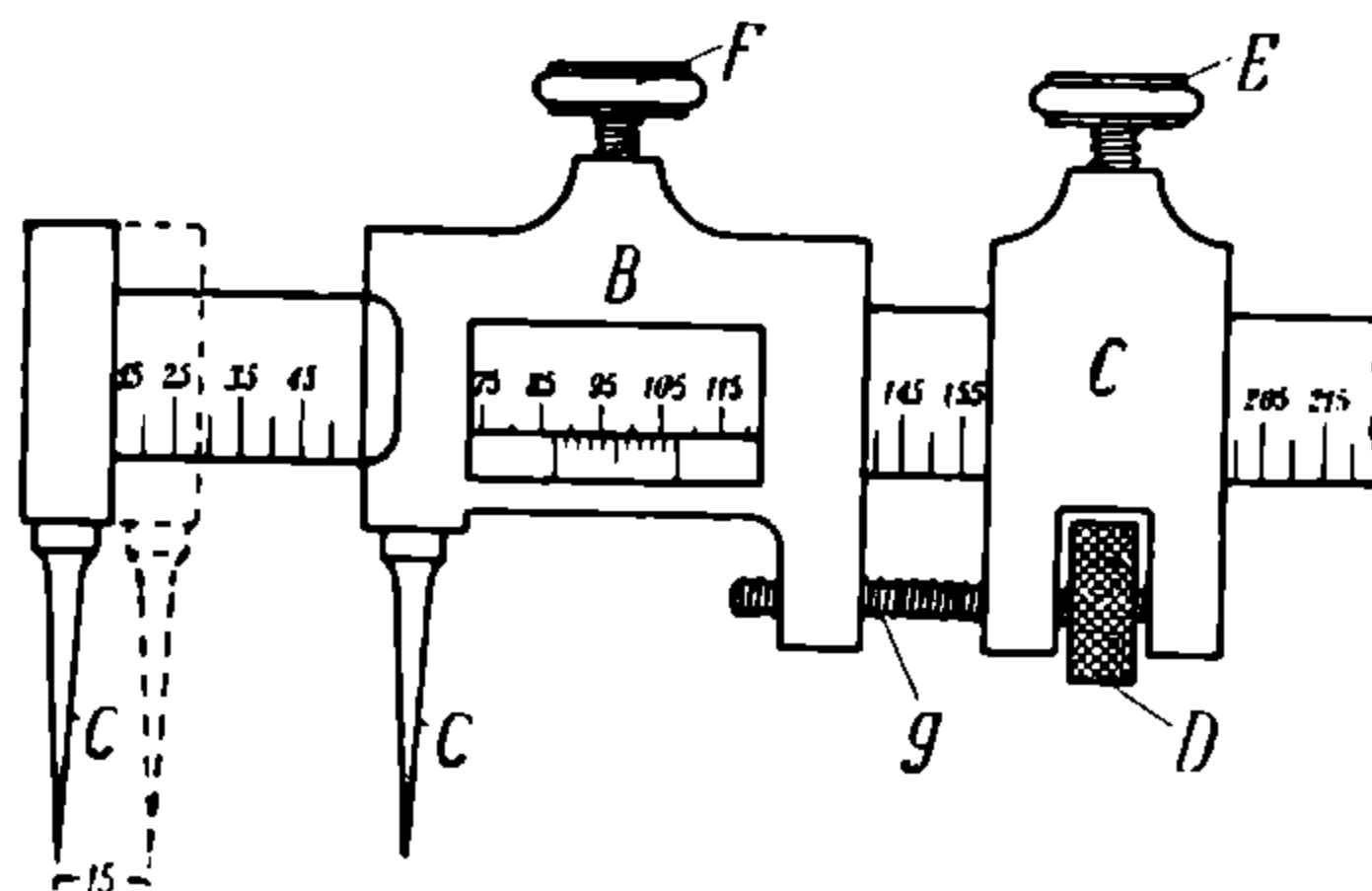


Рис. 38.

с рулетки или с плаза обоймы могут быть закреплены на линейке с помощью винтов *D*. Очень удобны штангенциркули с нониусом на одном из ползунков (рис. 38).

Пользуясь таким штангенциркулем, можно очень точно при помощи микрометрического винта снимать размеры.

Если, например, надо раздвинуть острия на 1232,5 мм, то устанавливают острия по рулетке на длину 1230 мм и шурупом *E* закрепляют

вспомогательный ползунок *C*. Затем при помощи колесика *D*, связанного винтом *g* с ползунком *B*, передвигают последний на 2,5 мм, пользуясь при этом нониусом. Закрепив ползун *B* шурупом *F*, переносят размер 1232,5 мм куда следует.

В зависимости от работ, которые приходится выполнять в разметочной мастерской, применяются штангели с линейками различных длин — от 1,5 м и до 10—15 м. При больших длинах линейки (свыше 2—3 м) пользуются для передвижения ползунков только концами ее, а на остальном протяжении линейка снабжается ребрами жесткости, препятствующими ей изгибаться при вычерчивании дуг. С той же целью линейки заменяют иногда тонкостенной металлической трубой. Однако во всех случаях, во избежание

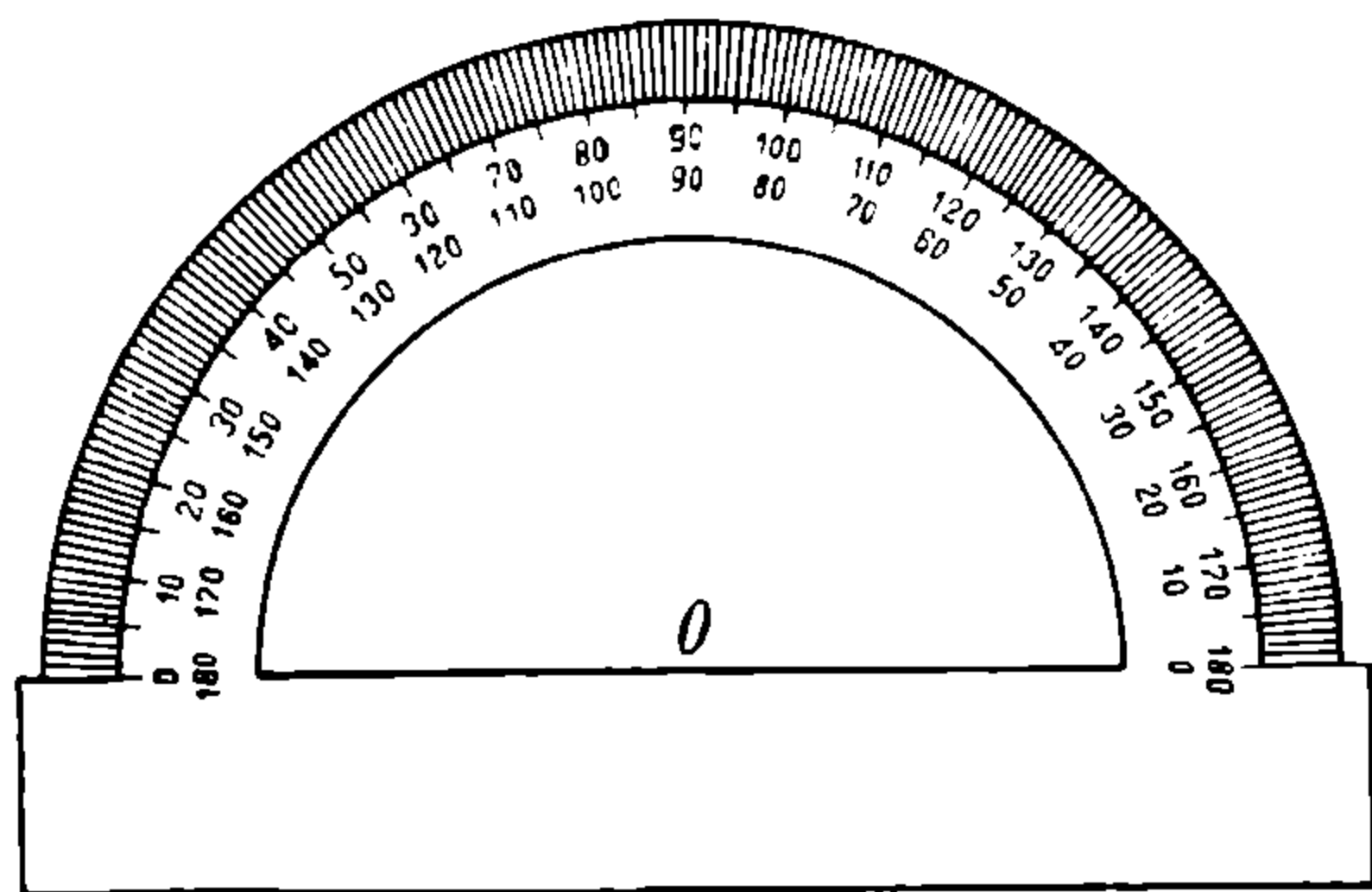


Рис. 39.

пружения линейки, необходимо, поставив одну ножку в центровое керно и придерживая ее левой рукой, очерчивать дугу (или окружность), направляя острие правой рукой, которой держат соответственную обойму; при очень большом радиусе острие на центре держит подручный разметчик.

Угломерные приборы.

В разметочной практике сравнительно редко приходится наносить углы, заданные в градусах, так как разметчики предпочитают

при отложении углов прибегать к геометрическому их построению.

Однако бывают случаи, когда приходится откладывать углы в градусах, и тогда пользуются угломерами или транспортиром.

Транспортир представляет собой полукольцо с поперечиной, выпиленное из тонкого металлического (медного, цинкового, стального и т. п.) листа и разделенное по окружности на 180 равных делений (рис. 39), занумерованных для удобства отсчета в обоих направлениях от поперечины; на внутренней кромке поперечины имеется зарубка *O*, указывающая центр дуги транспортира.

Пользование транспортиром общеизвестно: укладывают транспортир так, чтобы зарубка *O* совпадала с вершиной измеряемого угла, а кромка поперечины — с одной из его сторон, и замечают, через какое деление дуги проходит вторая сторона угла; затем переносят транспортир на плас или на размечаемый лист, укладывают зарубку *O* на вершину угла, а кромку — по имеющейся прямой, к которой должен быть пристроен угол, и делают чертилкой отметку в виде буквы *V*, соединив которую с вершиною угла, получают вторую его сторону.

Необходимо отметить, что в разметочных мастерских нельзя пользоваться обычными чертежными транспортирами как из-за малых их размеров, влекущих за собой ошибки в отложении углов с длинными сторонами, так и потому, что гладкие металлические или целлулоидные транспортиры легко скользят по железу и иногда трудно бывает сделать по ним точную отметку.

Поэтому можно рекомендовать или приобретать готовыми транспортиры большого размера из нескользящего материала (подклеенные тонкой тканью),

или изготавливать их самим из не боящегося сырости тонкого картона (фибры) или бумаги.

Малка. Малка состоит из двух линеек, соединенных на шарнире (рис. 40) и притом так, чтобы их широкие поверхности лежали попарно в одних плоскостях.

Приложив малку внутренними кромками ее линеек к сторонам измеряемого угла, закрепляют их положение при помощи винта и в таком виде укладывают ее на лист, из которого должен быть изготовлен шаблон (лекал) для малкования. Затем проводят чертилкой по внутренним кромкам малки и получают стороны шаблона (лекала), по которым он должен быть выпилен.

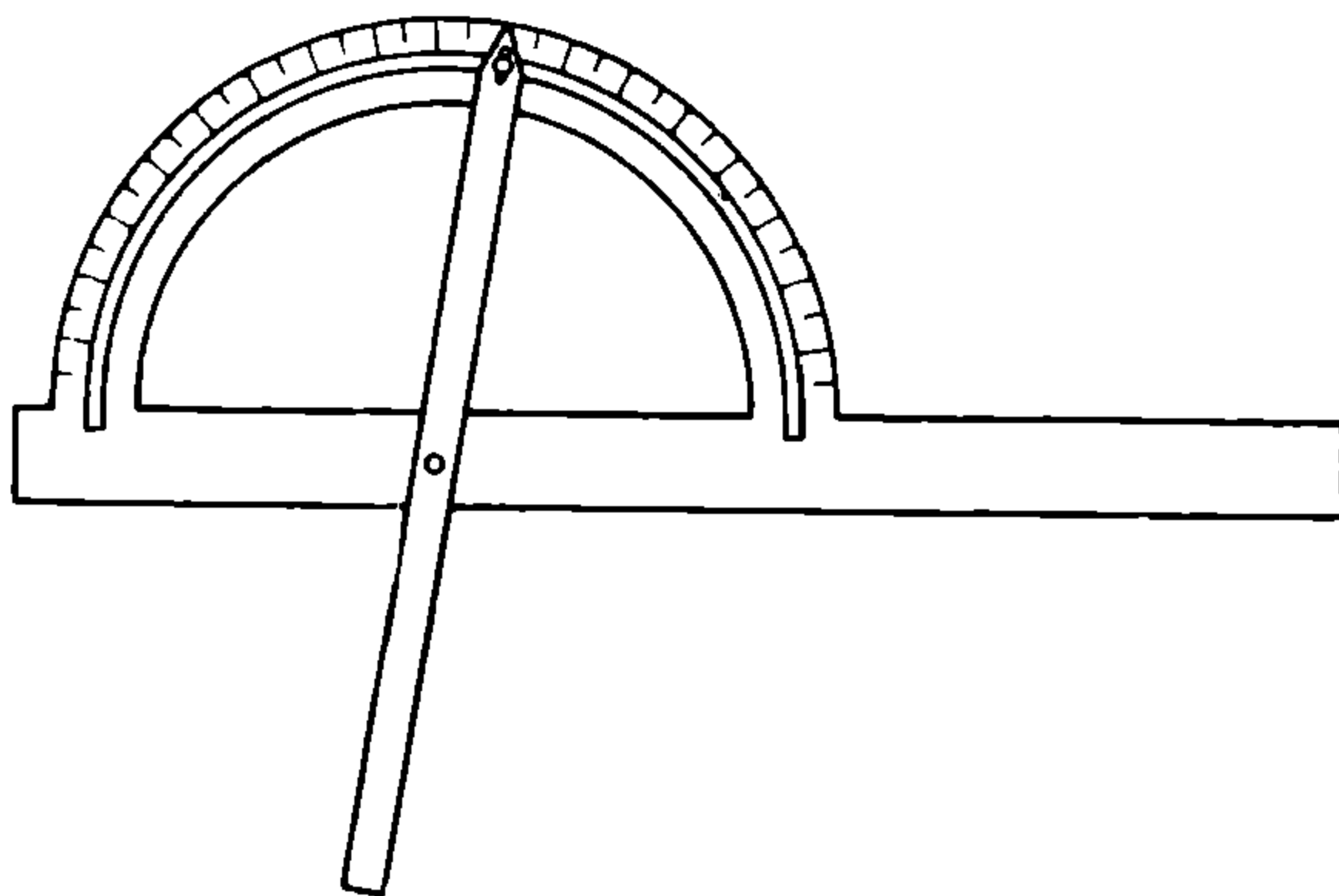


Рис. 40.

Угловой масштаб.

Главным недостатком транспортира является трудность точного получения требуемых чертежом углов, даже при наличии транспортира больших размеров. Поэтому для отложения углов на плазу можно рекомендовать пользоваться специальной масштабной линейкой, имею-

щей большое распространение среди американских разметчиков. Такую линейку легко изготовить, взяв небольшой кусок жести или картона и произведя следующее построение (рис. 41а): проведя по жести линию ac 600 мм, из точки c восстанавливают $cb \perp ac$ и из нее же, как из центра, описывают дугу ab радиусом ac . Полученную четверть окружности делят сначала на 3 части, засекая дуги радиуса ac из точек a и c (деления 30 и 60), затем каждую из этих трех частей делят пополам (точки 15, 45 и 75); таким образом дуга ab окажется разделенной на 6 делений, соответствующих каждое 15° .

Если теперь точки деления дуги ab снести на линию ac (и ее продолжение), засекая ее дугами радиусов $a = 15$, $a = 30$, $a = 45$, $a = 60$, $a = 75$ и $a = 90$, то линейку ac можно отрезать от листа и, разбив каждое ее деление на 3 части, получить требующийся нам угловой масштаб. Пользуются этим масштабом следующим образом.

Если нужно к данной прямой AB (рис. 41б) пристроить угол, например, в 65° , то из выбранной соответственно условиям точки A радиусом ac (рис. 41а) описывают дугу BV (рис. 41б). Затем из точки B пересечения этой дуги с данной прямой засекают дугу радиусом $BV = a = 65$; если теперь соединить A с V , то получим $\angle BAV = 65^\circ$. В тех редких на практике случаях, когда требуется отложить угол, число градусов которого не кратно 5, например $22\frac{1}{2}^\circ$, надо соответственное деление линейки (20—25) разбить на 5 делений и, взяв циркулем расстояние $a = 22\frac{1}{2}$, засечь им дугу, как показано на рис. 41б. Можно, конечно, раз навсегда разбить каждое деление линейки на 5 частей и получить таким образом масштабную линейку для отложения любых углов с интервалами в 1° .

Деления закрепляются на масштабе стальными клеймами.

Обратно, если требуется измерить данный угол, то, проведя из его вершины, как из центра, дугу радиусом $ab = 600$ мм (рис. 41а), достаточно измерить нашим масштабом хорду этой дуги, чтобы прочесть число градусов, содержащихся в данном углу.

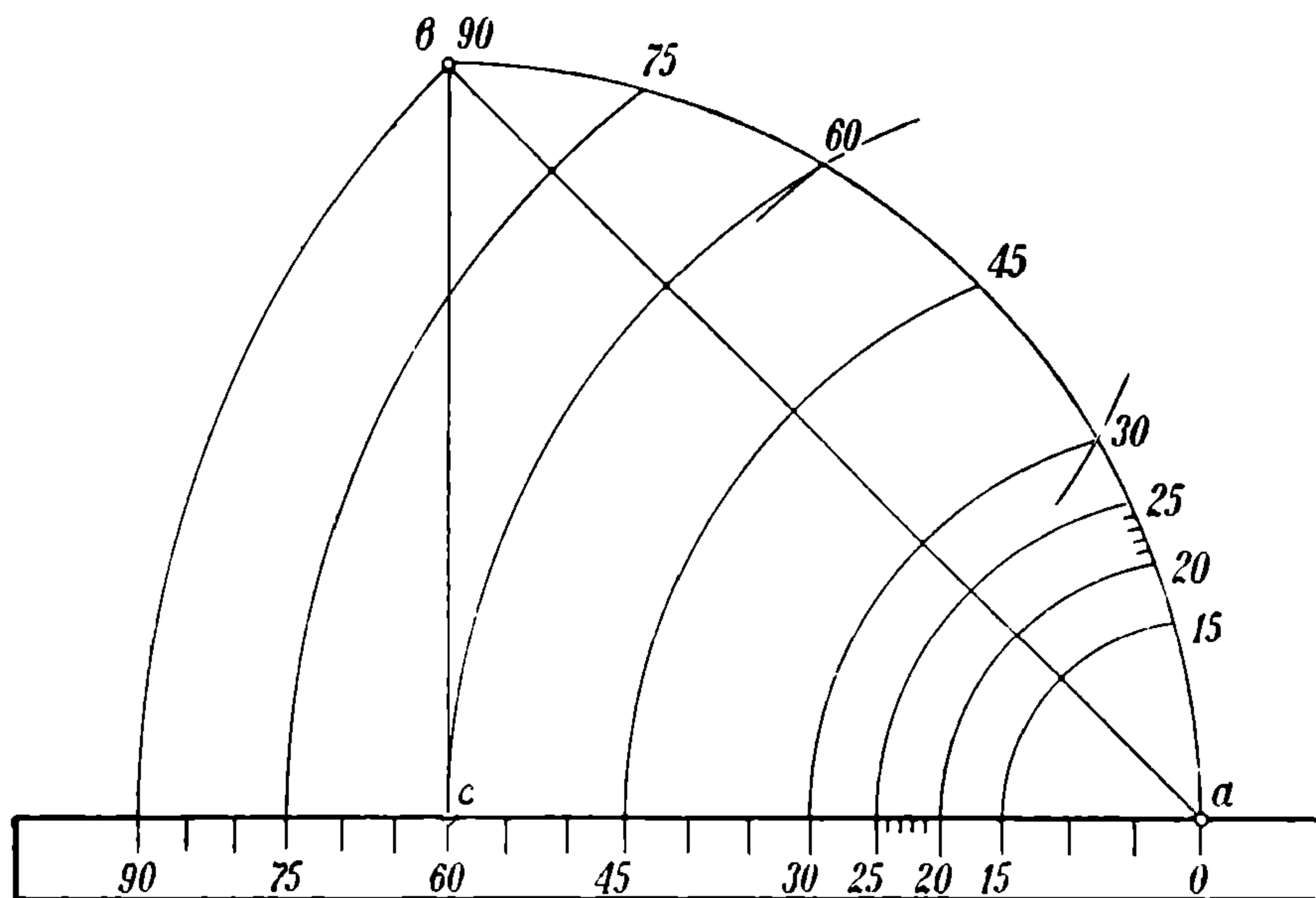


Рис. 41а.

В заключение рассмотрим некоторые приспособления к инструментам, с которыми котельному разметчику приходится иметь дело при разметке разного рода гнутых фланцованных изделий (днищ, крышек и т. п.)

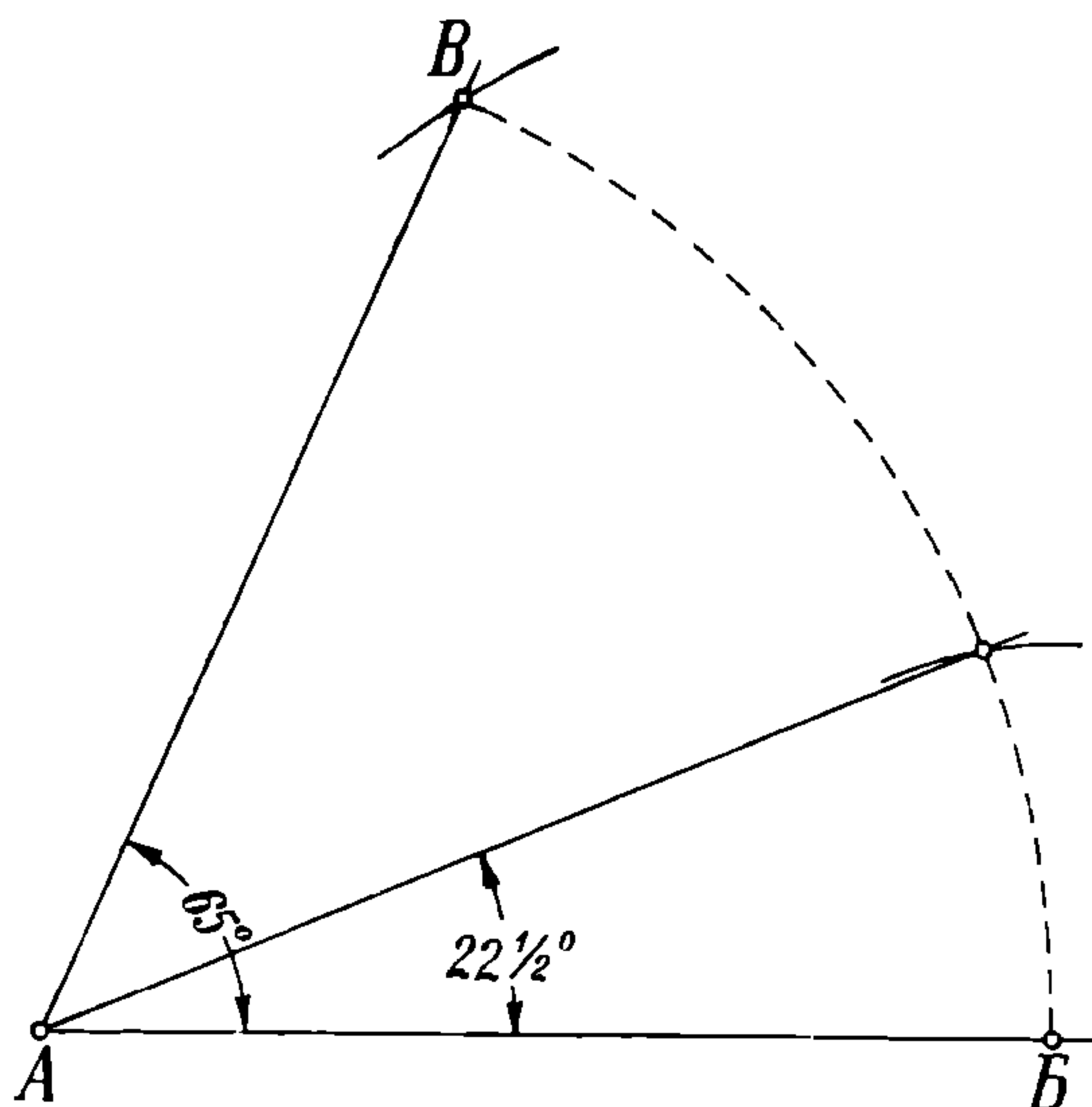


Рис. 41б.

Клинья, подкладки и подставки. Для установок на плите лучше всего пользоваться железными клиньями, так как деревянные, во-первых, быстро изнашиваются, а во-вторых, требуют при длительной операции разметки частей проверки и подклинивания. Один из примеров применения клиньев *в* показан на рис. 42.

Подкладки (кубышки) применяются для поддержания выступающих частей изделия и представляют собой пустотелые, кругом обстро-

Подставки (колонки) применяются в тех же случаях, что и подкладки, но занимают меньше места. Подставки имеют вид чугунных колонок (рис. 43а), верхняя головка которых получает иногда полушаровую опору, благодаря которой ей может быть придаваем любой наклон. Подставки очень удобны для разметки плоских днищ и трубных досок, которые, будучи уложены на три одинаковой высоты подставки, автоматически устанавливаются в горизонтальном положении, не требуя никакого подклинивания и выверки по ватерпасу.

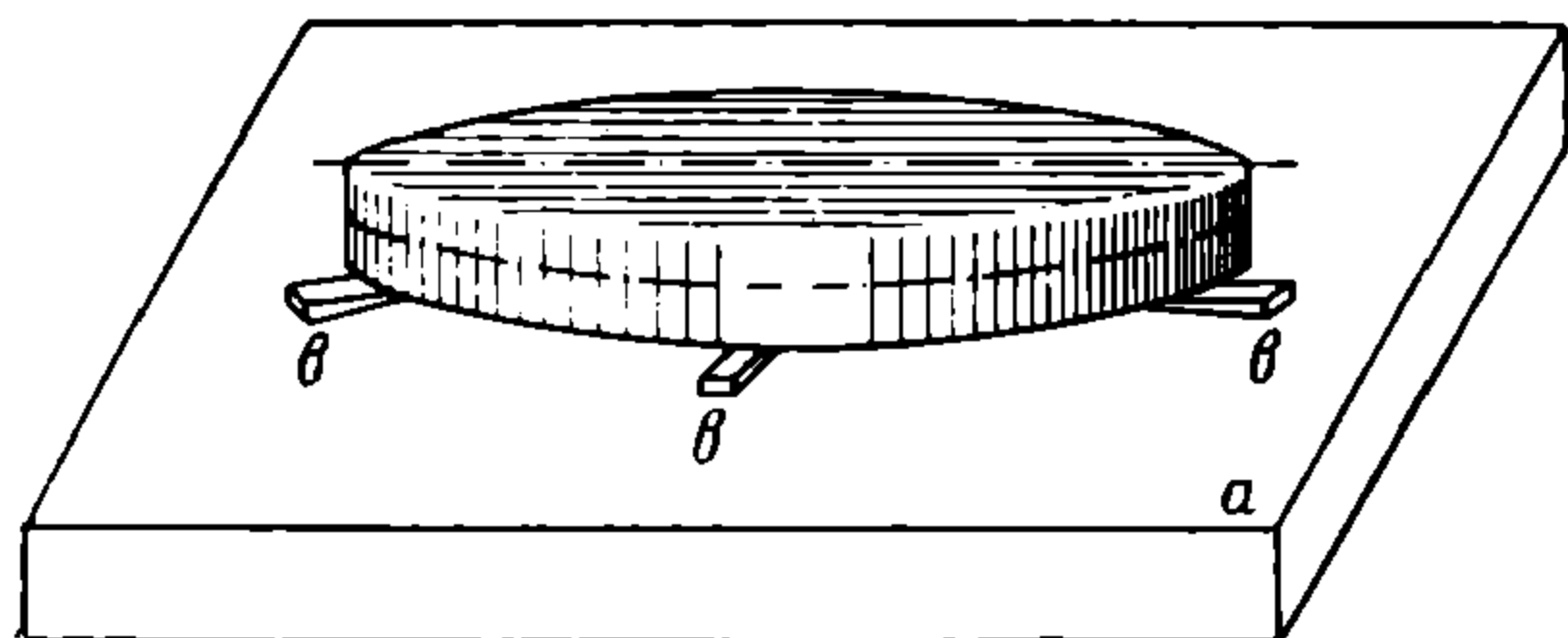


Рис. 42.

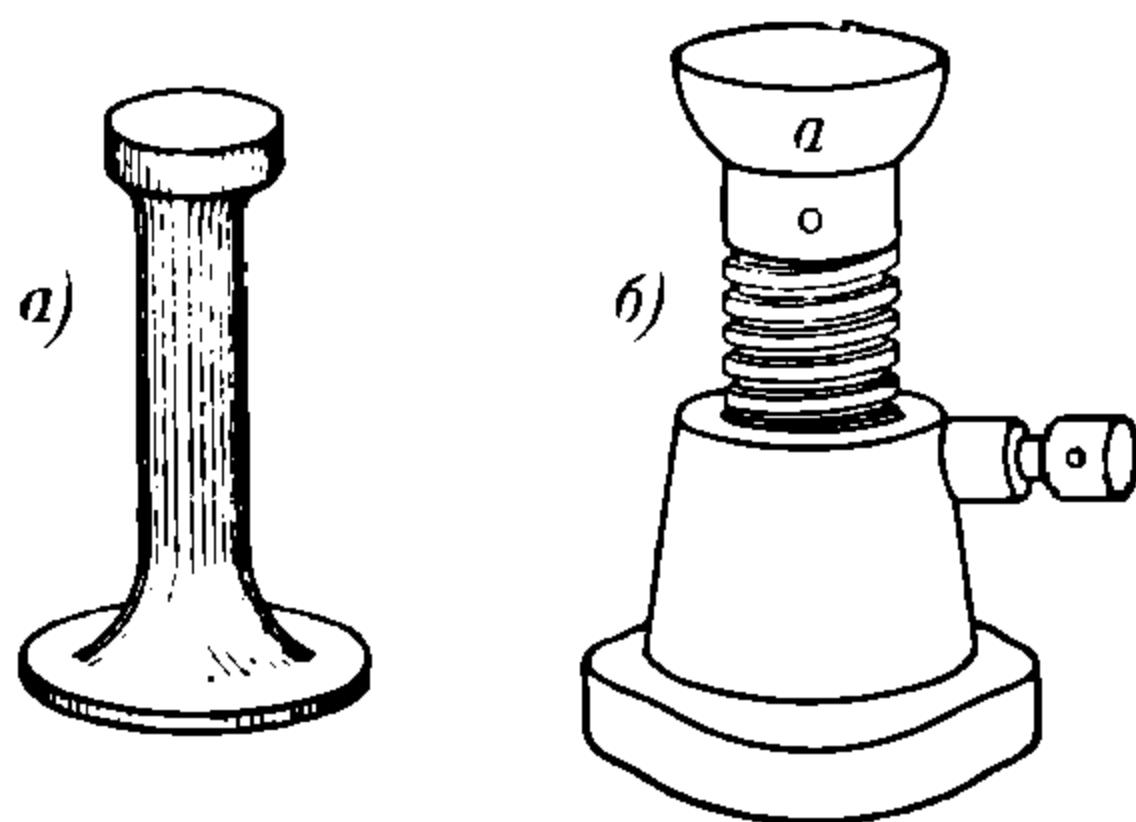


Рис. 43.

Разметочные домкраты. Подкладки и подставки с успехом заменяются винтовыми домкратами разных типов и размеров (рис. 43б). Для вывинчивания винта домкрата служит показанное на рисунке отверстие, в которое вставляется колик. Головка *а* домкрата может вращаться или

оставаться неподвижной, независимо от вращения винта, который служит только для прижимания ее к подпираемому телу.

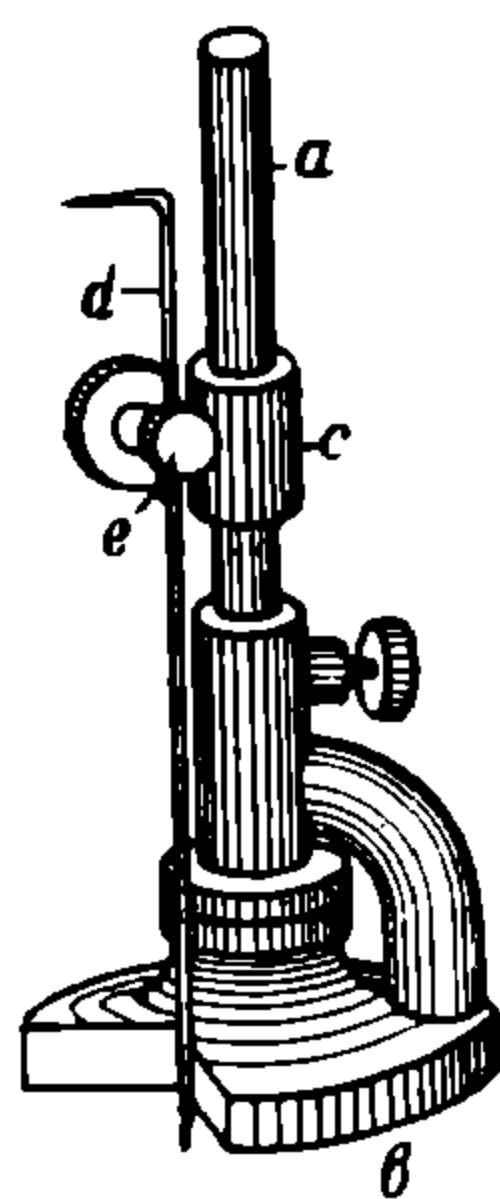


Рис. 44.

Вертикальный рейсмас или штатив. При работах на плите широко пользуются рейсмасом, применяемым в механических мастерских (рис. 44) и состоящим из стойки *а* (круглого или квадратного сечения) с подножкой *б*; по стойке перемещается ползунок *с* с чертилкой *д*, который может быть закрепляем в любом положении на стойке с помощью винта *е*.

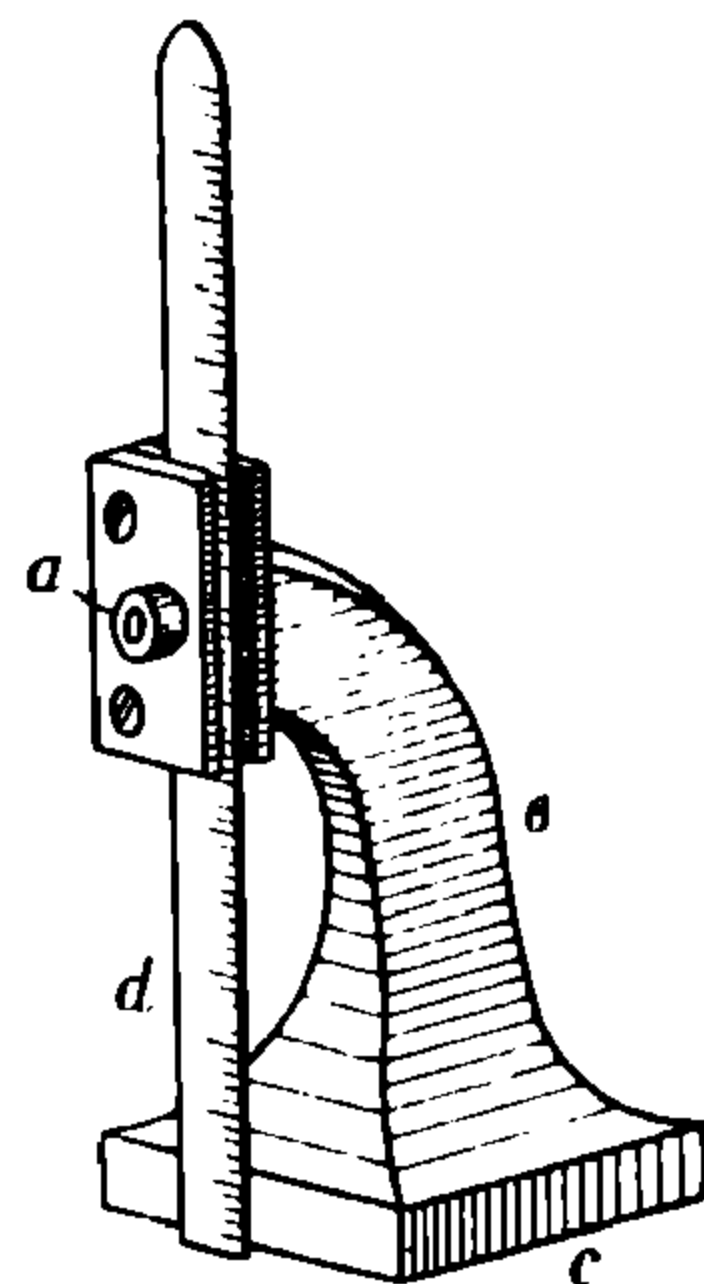


Рис. 45.

Пользуются рейсмасом следующим образом. Установив острие чертилки на должной высоте, ее закрепляют в этом положении помощью винтика *е*. Если затем правой рукой взяться за подножку *б* и водить ее по плите, то чертилка будет прочерчивать на размечаемом предмете линии, параллельные верхней плоскости разметочной плиты.

Масштабная стойка. Очень удобным приспособлением для установки острия чертилки вертикального рейсмаса является так называемая масштабная стойка (рис. 45). Она состоит из чугунной стойки *б* с подножкой *с* и стальной линейкой *д*, разделенной на миллиметры и сантиметры, которая скользит в вертикальном пазе, имеющемся в линейке, и может быть

закрепляема в любом положении винтом *a*, оставаясь постоянно перпендикулярной к поверхности плиты.

Если линейка касается своим нижним концом плиты, то чертилку вертикального рейсмаса легко установить по ней на любом расстоянии от поверхности этой плиты.

Вышеперечисленными инструментами и приспособлениями исчерпывается арсенал разметчика, если не считать различных таблиц, номограмм и специальных приспособлений, ведущих к облегчению и стандартизации разметочных работ и описанных в соответственных местах настоящей книги.

Все же необходимо здесь остановиться еще на ознакомлении со следующими предметами и инструментами, которыми разметчику приходится иногда пользоваться (в особенности при наметочных и ремонтных работах). К ним относятся: кляммеры, струбцины, измерительные приборы и т. п.

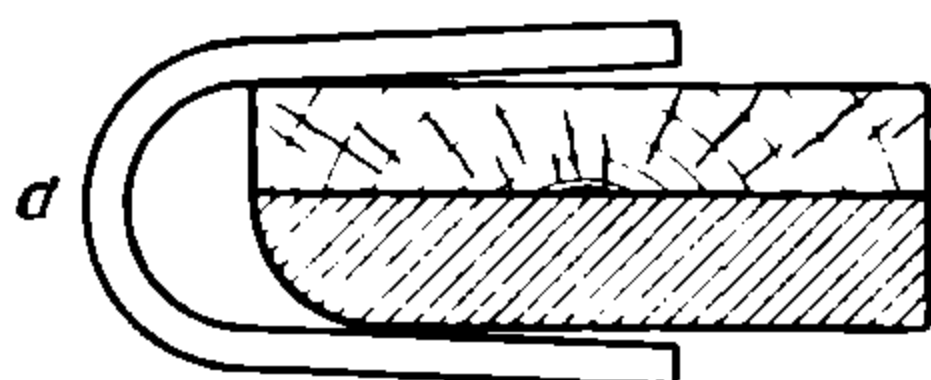


Рис. 46.

Кляммеры. Для прижимания шаблона к намечаемому листу применяются так называемые кляммеры, представляющие собой полоску железа или стали, шириной 25—35 мм, согнутую, как показано на рис. 46, и набитую ударами ручника на тыловой ее части на кромки сжимаемых листов. Силой своего пружинения кляммер вызывает между листами трение, достаточное для того, чтобы листы не могли передвинуться один по отношению к другому. Кляммеры удобны для работы, дешевы и достаточно обеспечивают плотность прилегания листов, благодаря чему пользуются большим распространением.

Струбцины. Обыкновенная струбцинка (рис. 47) представляет собою кованую скобу *A*, в отверстии головки *a* которой нарезана резьба, служащая для направления винта *b*; винт *b* снабжен головкой *c*; вращая которую при помощи колика, вставляемого в ее отверстие, заставляют винт сжимать листы. Для того, чтобы при затягивании винта не повредить поверхности прижимаемого листа, на конец винта надевают шайбу, свободно вращающуюся на винте и имеющую нарезанную опорную площадку, благодаря чему при затягивании винта она остается неподвижной и тем самым защищает лист от повреждений вращающимся концом винта.

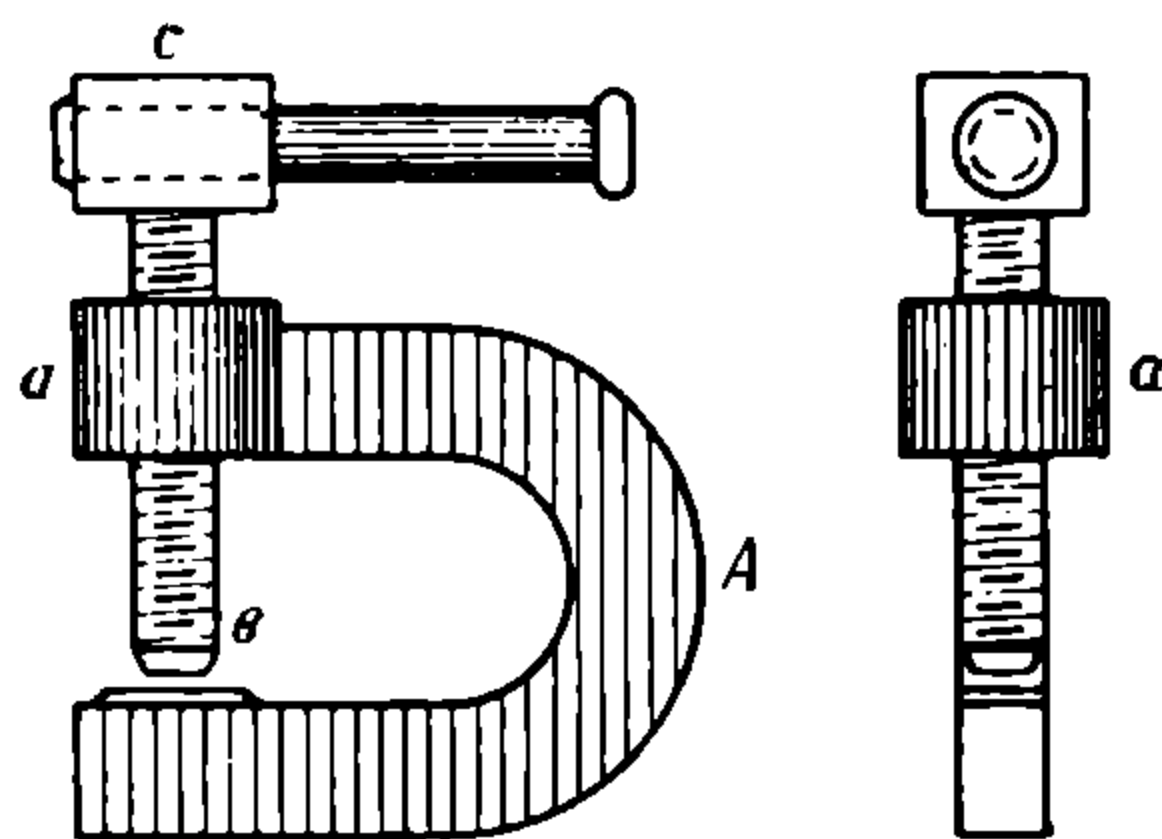


Рис. 47.

Американская быстродействующая струбцинка. Сжатие листов при помощи только что описанной струбцинки требует довольно много времени на заворачивание и отвертывание винта, особенно если приходится переставлять колик через каждый $\frac{1}{4}$ оборота винта. Гораздо удобнее в этом смысле американская быстродействующая струбцинка, состоящая также из скобы *A*, но не кованой, а отлитой чаще всего из ковкого чугуна (рис. 48). В головку скобы ввернут полый винт *a*, немного выступающий из скобы и имеющий внутри прорезь, по которой может передвигаться нажимной стержень струбцинки *b*, представляющий собою винт со срезанной с двух сторон нарезкой и имеющий поэтому вид двойной гребенки. Эта гребенка проходит свободно по пазам, вырезанным в отвер-

стии винта *a*, и когда головка *c* стержня упрется в поверхность листа, то происходит зацепление нарезки стержня *b* с внутренней нарезкой винта *a*, и струбцинка начинает работать как обыкновенная.

Для измерения толщин и диаметров разметчики применяют: кронциркуль, нутромер и микрометр.

Кронциркуль и нутромер. Обыкновенный слесарный кронциркуль (рис. 49) общеизвестен и описания его не требуется. Он служит для приблизительного измерения толщин и диаметров с точностью, не превосходящей $\frac{1}{4}$ мм. Необходимо отметить, что, как того требуют и технические условия НКПС, толщину листа следует измерять на расстоянии не ближе 40 мм от кромки и не ближе 100 мм от углов, как показано штриховкой на рис. 50.

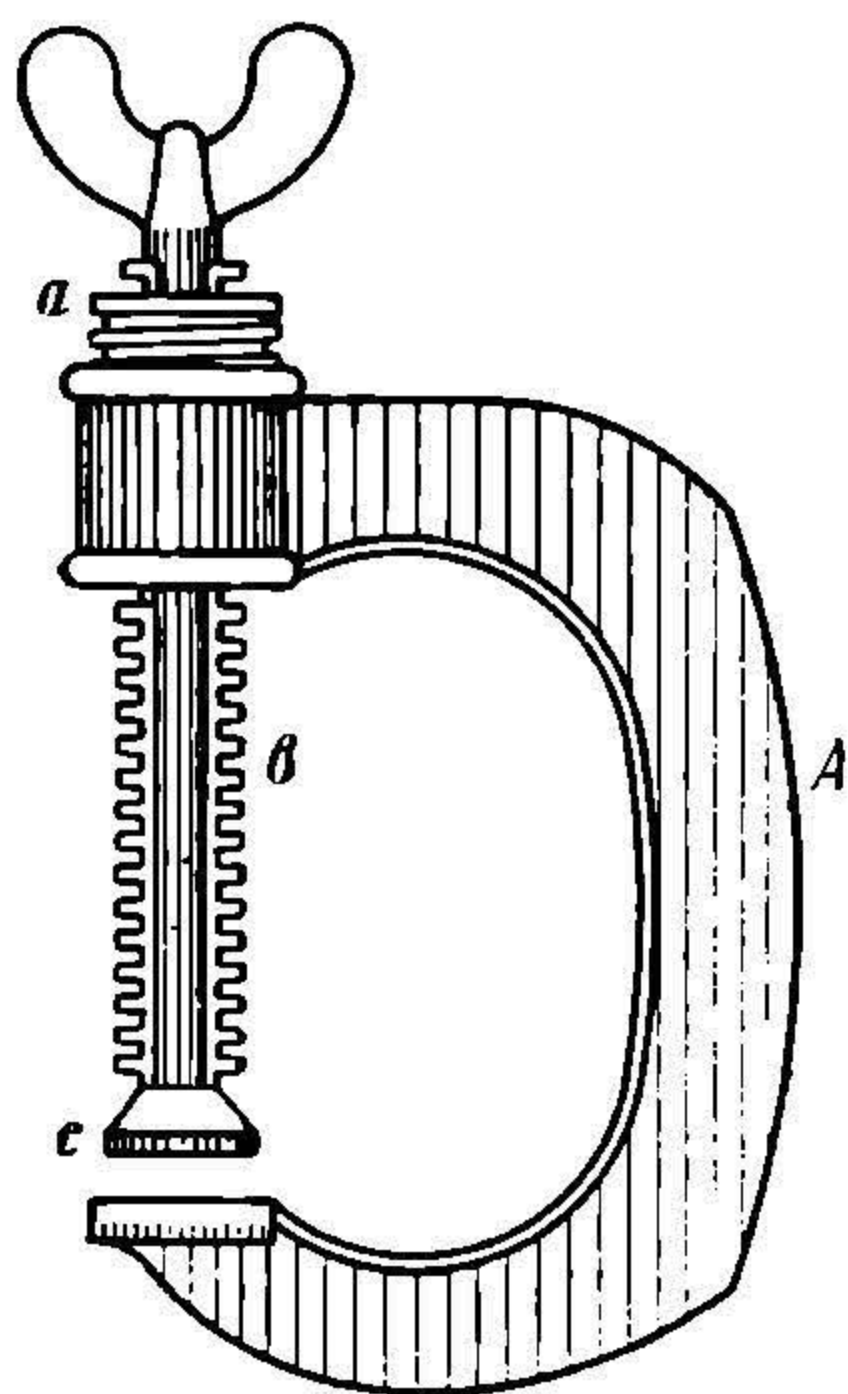


Рис. 48.

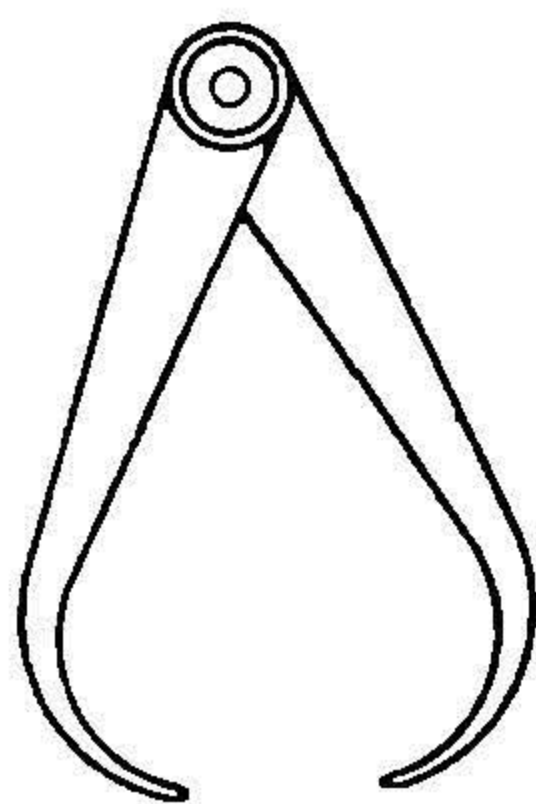


Рис. 49.

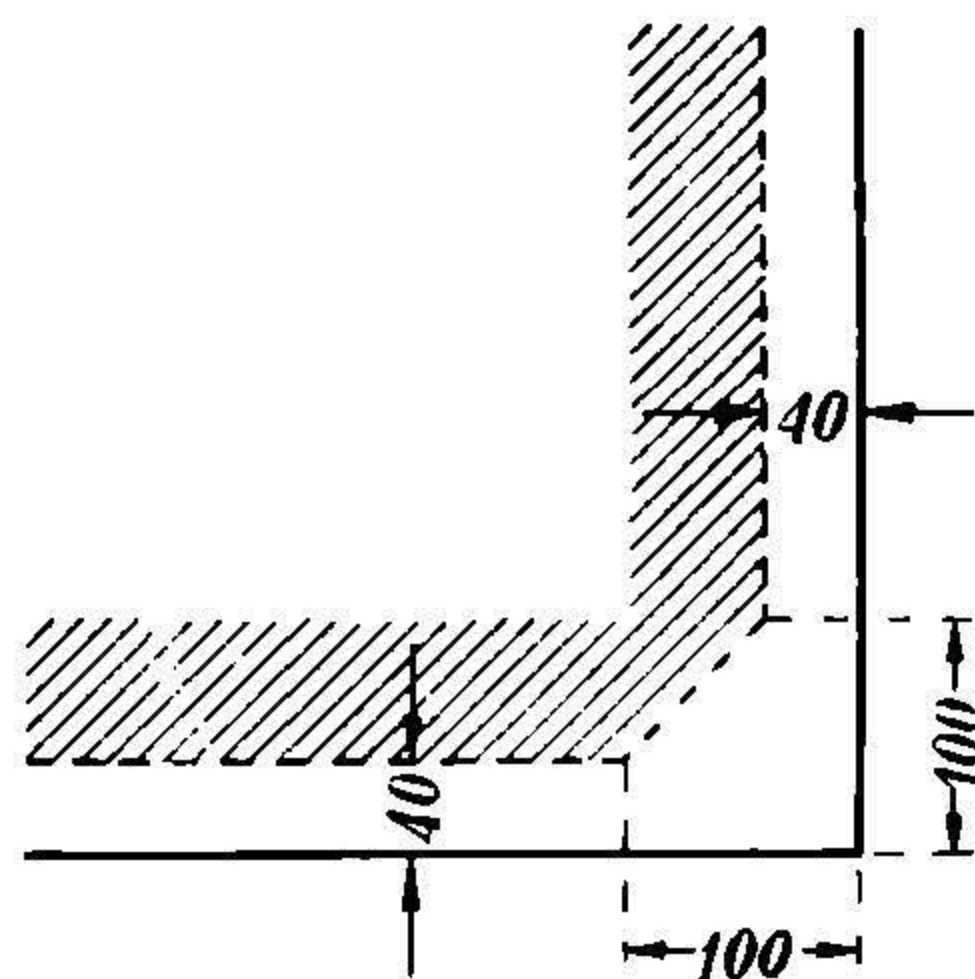


Рис. 50.

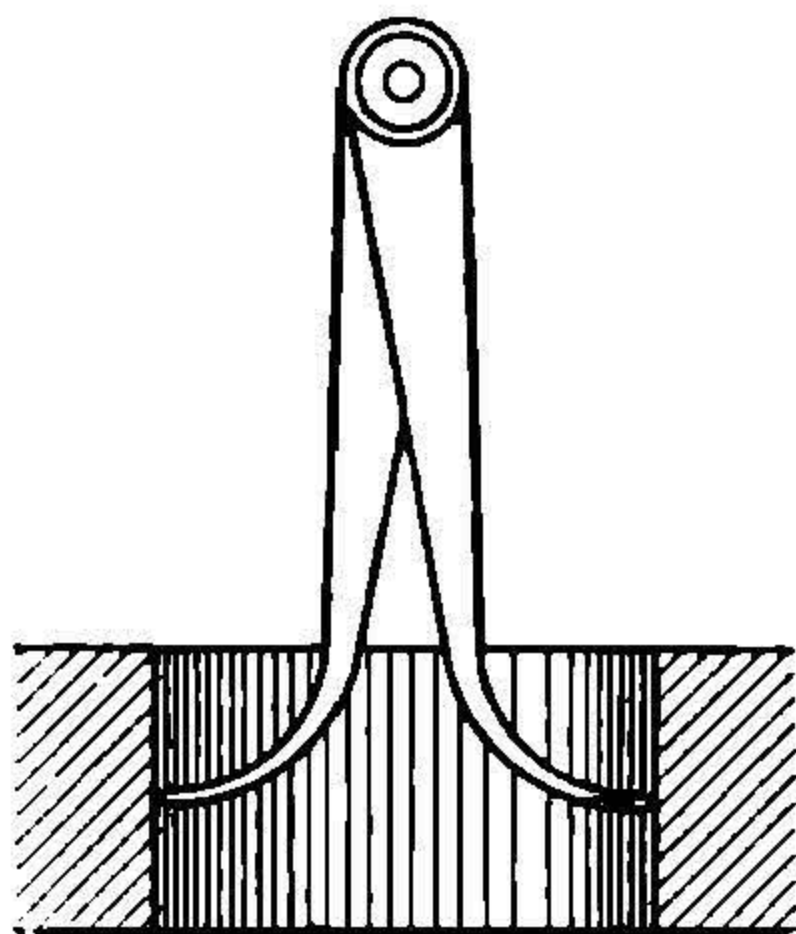


Рис. 51.

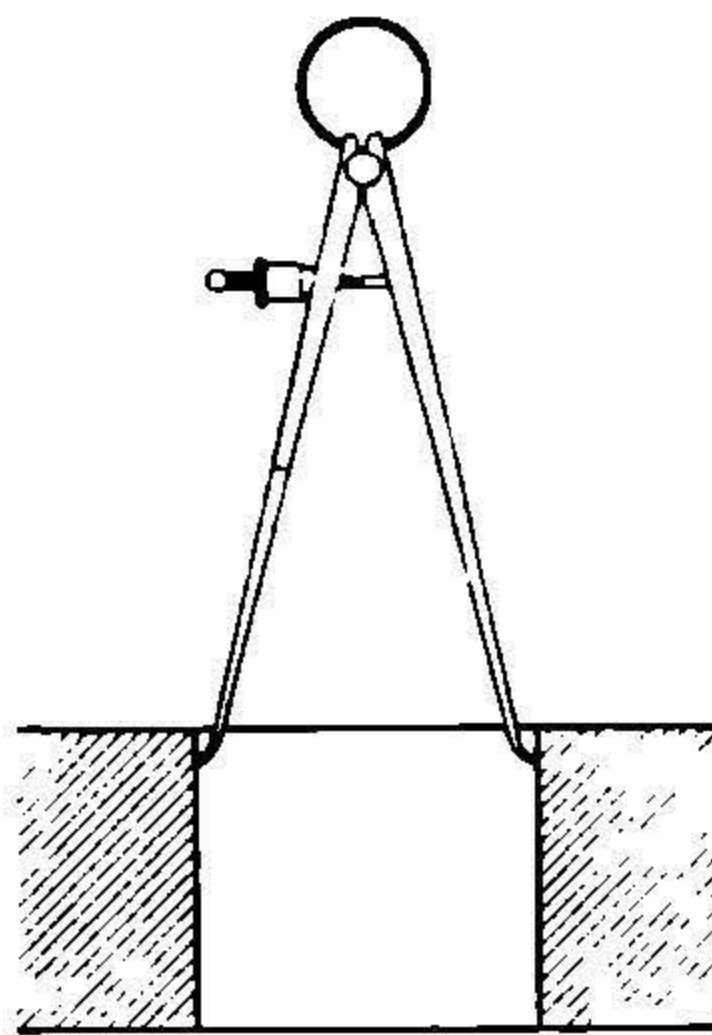


Рис. 52.

В некоторых случаях кронциркулем можно пользоваться и для приблизительного измерения диаметров отверстий, как показано на рис. 51, но для более точных измерений следует прибегать к помощи специального нутромера (рис. 52).

Микрометр или пальмер. Для измерений толщин и небольших диаметров (до 25—30 мм) с точностью до 0,1 мм служит микрометр (пальмер) (рис. 53). Микрометр состоит из скобы *A*, в один конец которой ввинчен неподвижный упор *b*. На противоположном конце скобы сделана

штука f с внутренней резьбой, в которую ввинчивается длинный винт g , конец которого приходится против упора b . С этим винтом составляет одно целое трубка t , обхватывающая штуку f . На штуке f нанесены деления (миллиметры). Ход винтовой нитки также равен одному миллиметру. Поэтому при поворачивании трубки t , а следовательно и винта, на один оборот, край трубки t передвигается вдоль штуки f на одно деление. Окружность края штуки разделена на 10 частей, вследствие чего при повороте ее на одно деление винт подается на 0,1 мм. С этой точностью прибор и дает возможность производить измерения. На рис. 54 представлен боковой вид пальмера, и в кружке установка его на 12,34 мм.

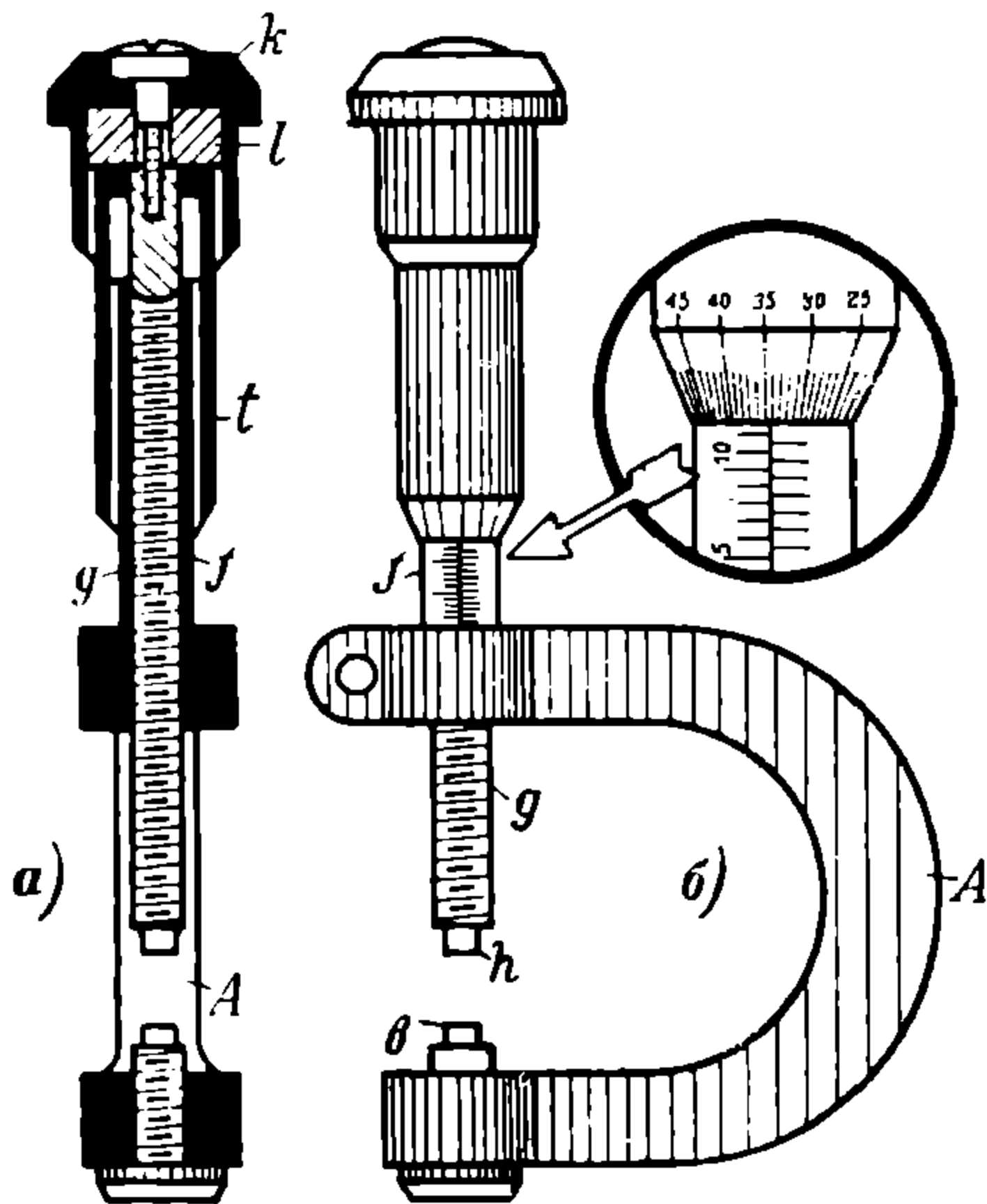


Рис. 53.

Рис. 54.

Так как различная степень нажатия упоров может повести к ошибкам вследствие упругости измеряемого материала, а также и самого прибора, то для устранения этой возможной ошибки, т. е. для установления постоянно одной и той же силы нажатия, на трубку t надет колпачок k (рис. 53), который и приводит ее во вращение.

Последний увлекает за собой трубку t благодаря трению между ними, которое и определяет силу нажатия упоров. Между колпачком k и концом трубки t зажат кожаный, пропитанный маслом кружок l .

Если зажать измеряемый предмет между контактами h и b , вертя головку k , то произойдет некоторый нажим, но дальше можно вертеть головку k сколько угодно, и она будет вертеться, но трубка t останется на месте, так как сила трения, передающая вращение от головки k трубке t , не будет в состоянии произвести дальнейшего нажатия. Это нажатие постоянно, так как и трение также постоянно.

Установку прибора производят, поворачивая головку до соприкосновения контактов h и b ; и если при этом показание прибора не равно нулю, то поправку делают посредством подвинчивания неподвижного упора b , который для этого сделан на резьбе.

Установку прибора производят, поворачивая головку до соприкосновения контактов h и b ; и если при этом показание прибора не равно нулю, то поправку делают посредством подвинчивания неподвижного упора b , который для этого сделан на резьбе.

Молоток (ручник). В котельной разметке наиболее пригодным типом молотка является слесарный, с одним заостренным концом. Он штампуются из литой стали, и концы его сильно закалены. Наиболее ходкими моделями являются молотки, весящие 100 и 400 граммов. Первый употребляется для накернивания обреза и марки, второй для набивки контрольного кернера и цифровых пуансонов, где необходим сильный удар для получения на поверхности металла удовлетворительных оттисков. Острый конец молотка (рис. 55) весьма удобен для забивки и подчеканки ненужных и неправильно нанесенных засечек и знаков. Молоток надевается на ручку, сделанную из твердой породы дерева, которая для удобства работы должна иметь 300—350 мм длины. Для предупреждения несчастных случаев, могу-

ших произойти на работе от соскакивания молотка с ручки, последняя расклинивается в его отверстии заершенным клином.

Работая молотком, следует всеми пальцами руки держать за конец рукоятки, но отнюдь не за среднюю часть ее и не у самой головки молотка.

Чекан является инструментом, предназначенным для уничтожения всех неправильно набитых на металле точек и знаков путем их забивки и выравнивания (рис. 56). Он изготовляется из соответствующего куска инструментальной стали, один конец которого, сходя конусом, образует в нижнем конце четырехугольную поверхность.

Уничтожение при помощи чекана ненужных точек происходит следующим образом: плоским углом чекан устанавливают около уничтожаемой

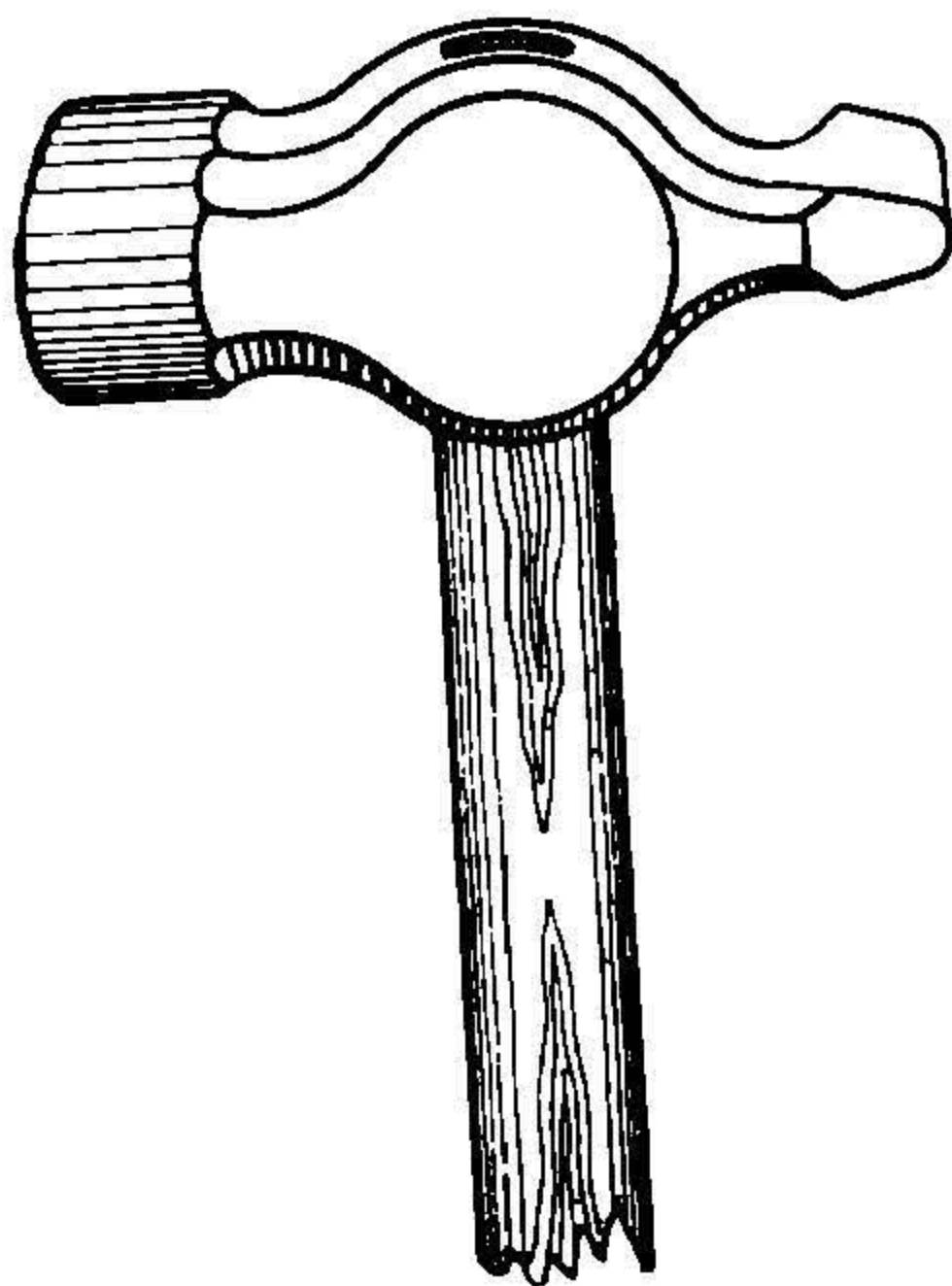


Рис. 55.

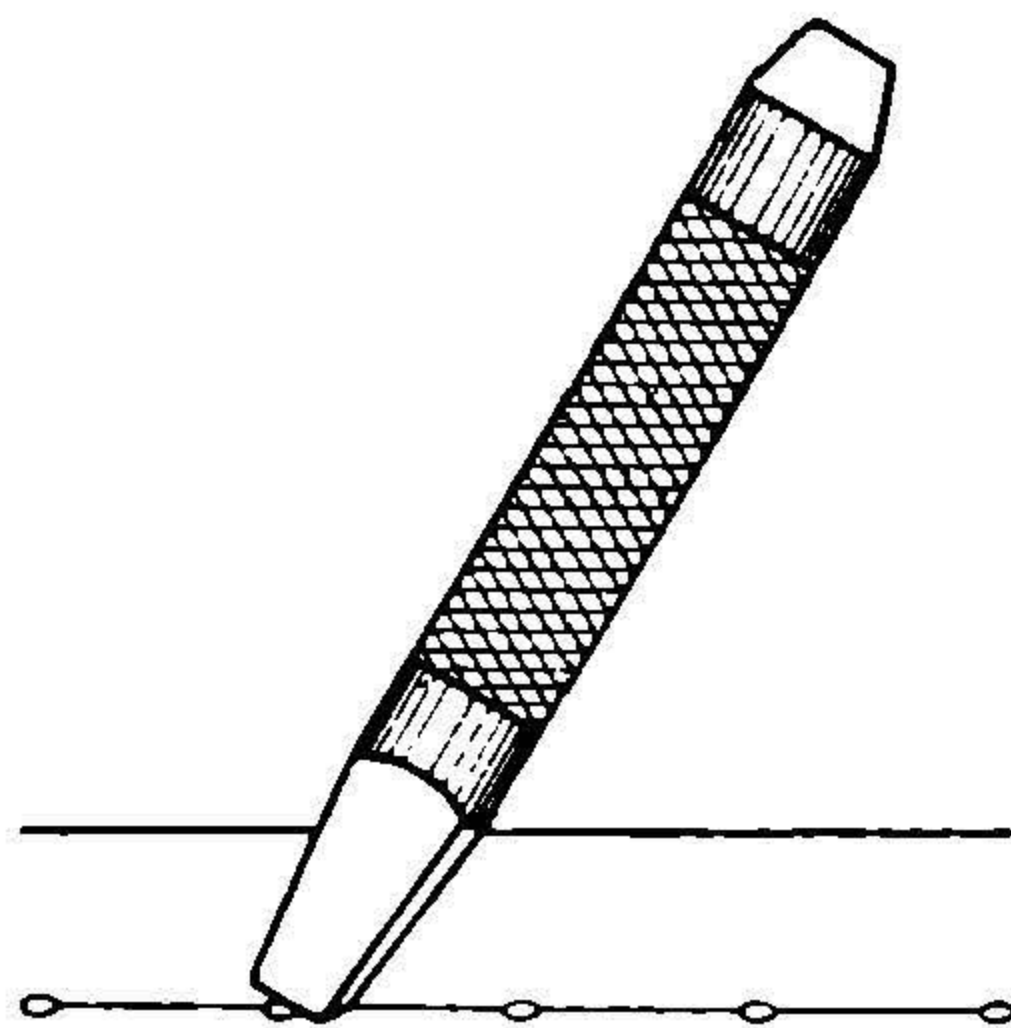


Рис. 56.

точки так, чтобы его поверхность прикрывала ненужный керн. Затем, наклоняя рабочую поверхность чекана почти до поверхности металла, бьют молотком. Под действием удара чекан вбирает под себя металл, расположенный вокруг, и набитый в ненужном месте керн сглаживается, оставляя после себя лишь небольшой четырехугольный след.

Рейки, применяемые при разметке металла, делаются из хорошо просушенной сосны, ибо, как уже об этом указывалось на предыдущих страницах, приготовленные из влажной древесины, они со временем дают усушку, сказывающуюся в изменении ее длины. Кроме того при большой длине рейки следует избегать делать заготовку из древесины, имеющей много сучков, так как такие рейки при работе с ними ломаются в местах сучков. Рейки имеют в большинстве случаев квадратное сечение различных размеров, и наиболее распространенными из них являются рейки, имеющие в стороне 35—50 мм. Длина реек бывает различна и при необходимости может быть взята до 15 м, что достигается путем сращивания нескольких реек. Рейки, предназначенные для работы на кривых поверхностях, делаются гибкими, для чего их толщина уменьшается до 2—3 мм.

Знаки на рейку наносятся карандашами, а прямые линии проводятся при помощи маленького угольника-аншлага. Для писания на рейке пользуются простым черным карандашом не особенно мягким, каковым является карандаш № 2, а для нанесения знаков — цветными: синим и красным.

Для уничтожения на рейке ненужных или неправильно помеченных знаков карандашом они прострогиваются рубанком.

Веник. Для очистки материала, идущего в разметку от пыли и грязи, которыми он покрыт, находясь на складе под открытым небом, пользуются веником, метелкой или щеткой с металлической щетиной. Когда металл покрыт мокрой грязью, снегом или льдом, употребляют шкрябку, т. е. небольшую стальную лопатку, укрепленную на длинной деревянной ручке.

Кисти, краски. После окончания разметки готовый к обработке материал должен маркироваться, для чего употребляют масляные краски различных цветов. Наиболее ходкими из них являются: цинковые белила, железный сурик, французская зелень, голландская сажа и пр. Эти краски разбавляются в необходимом количестве вареного льняного масла, после чего и поступают для окраски.

Краски наносятся на поверхность металла кистями, изготовленными из свиной щетины, которые имеются различных размеров. Наиболее распространенными являются кисти, имеющие диаметр пучка щетины в 8—10—12 мм. Если щетинки у кисти слишком длинны (рис. 57), то такой кистью красить нельзя: конец будет гнуться. Для того, чтобы этого не случилось, все кисти обвязывают от обоймы к концу щетины петлями тонкого и прочного шнура. Конец его закрепляют на ручке кисти, затем накладывают шнур поперечными рядами вокруг кисти, укладывая их вплотную: первый ряд к обвязке, а следующие — друг к другу, и туго затягивают. Число рядов петель зависит от того, какой длины нужно оставить свободный конец кисти; обычно если щетина жесткая, то обвязку делают меньше, примерно на половину кисти, если щетина мягкая — обвязывают до 0,75 ее длины.

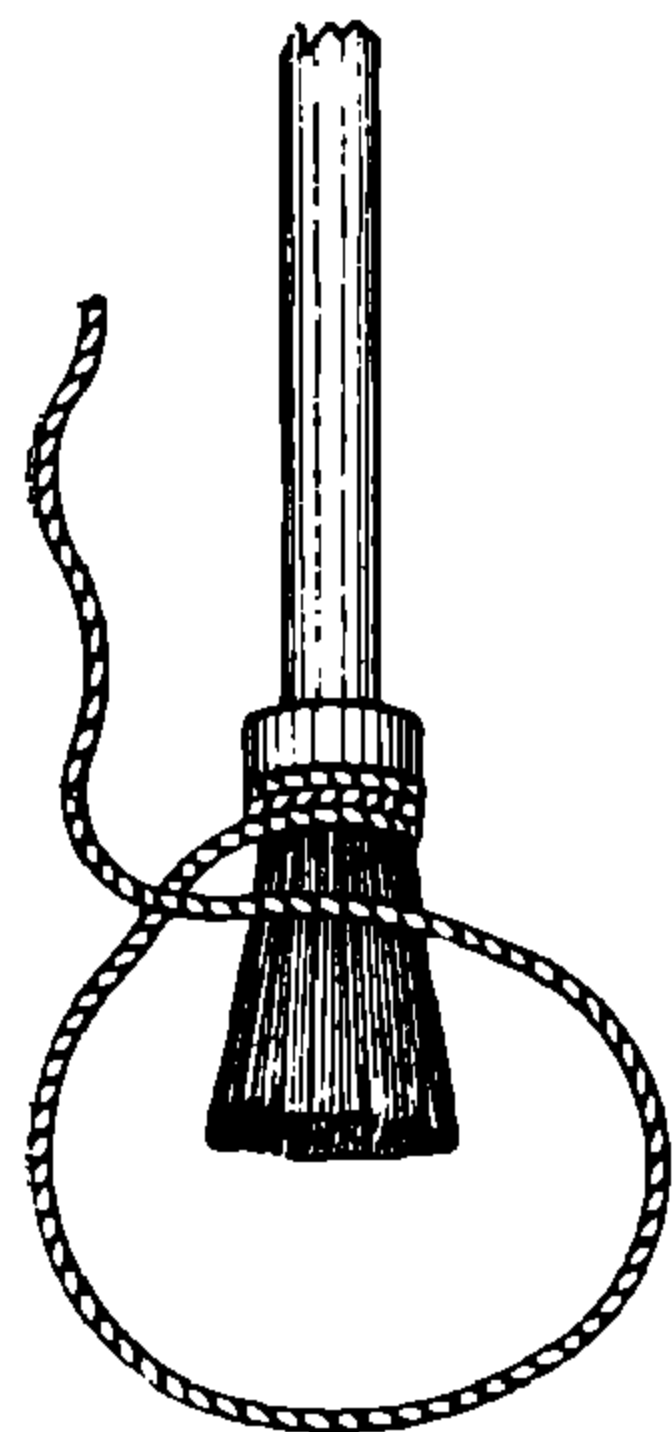


Рис. 57.

Когда кисть достаточно подвязана, ходовой конец шнура притягивают обратно к ручке, где его закрепляют. Когда кисть сработается, то вязку соответственно распускают, отчего кисть увеличивается.

Кроме перечисленных выше разметочных и чертежных инструментов, высококвалифицированному разметчику встречается надобность пользоваться при работе:

а) *Счетной линейкой* для приближенных подсчетов (например, для проверки своих вычислений, для подсчета площадей, объемов, весов и т. п.).

б) *Арифмометром*, который очень облегчает и ускоряет перемножение и деление многозначных чисел, с которыми разметчику приходится часто иметь дело при подсчетах, например, точных делений между центрами заклепок больших сооружений, при пересчетах схем, при вычислениях хорд стрелок на развертках конусов и т. п.

в) *Справочниками* — для отыскания квадратных и кубических корней и степеней чисел, длин окружностей, площадей кругов, тригонометрических величин и многих других.

§ 7. ПРИЕМЫ И МЕТОДЫ РАЗМЕТКИ.

Инж. С. Г. Концевич.

Приготовление к разметке. Прежде чем приступить к работе, разметчик должен хорошо познакомиться с чертежом, по которому ему придется размечать. Он должен настолько подробно и внимательно его разо-

брать, чтобы вполне ясно представить себе предмет, его сопряжения с другими частями и т. д., и установить в связи с этим план его разметки. Такое предварительное изучение чертежа сильно облегчает всю последующую работу и сберегает много времени по сравнению с разметкой ошупью, не говоря уже о том, что в первом случае повышается точность работы.

Ознакомившись хорошо с содержанием чертежа, с него списывают спецификацию необходимого для разметки материала в форме требования и получают из склада материал указанных марок и количества.

При разметке металла по эскизу или шаблону операция разметки в значительной степени ускоряется и упрощается. Однако при сложных эскизах и разметки с пространственных шаблонов (каркаса) следует предварительно обдумать и наметить план работы.

Материал из склада подается в разметочную мастерскую или на платформах, или кранами и, смотря по количеству и необходимости, выгружается в специально отведенных для этого местах в различных частях мастерской. Отсюда материал поступает к разметчику на стелаж. Укладке предшествует приведение стелажу в необходимый порядок, т. е. очистка от всевозможных посторонних предметов, могущих почему-либо оказаться на нем. Укладка листового материала больших размеров должна быть выполнена тщательно, так как неровности стелажу горбят поверхность размечаемого тонкого металла, и расчерчивание на нем делается неудобным и неточным. Угловой профиль укладывается в держак таким образом, чтобы не было прогибы и при ударе молотка он не пружинил (рис. 12). Расстояние между держаклами выбирается в зависимости от величины профиля угловой стали.

Поступающий для разметки материал бывает всегда летом покрыт слоем пыли, а зимой кроме того грязью и снегом, которую перед расчерчиванием нужно снять с поверхности. Это достигается тем, что пыль и ржавчину удаляют при помощи металлических щеток, которыми трут загрязненную поверхность, посыпаемую все время влажными опилками, которые затем сметаются с нее с впитанной пылью и грязью. Употребление опилок предохраняет воздух мастерской от распространения в нем сметаемой с поверхности металла пыли и ржавчины.

Зимой, когда поверхность листа покрыта комьями замерзшей грязи, снега и льда, ее очищают стальными шкрябками, ударяя ими в необходимых местах. Так как шкрябкой все же нельзя начисто удалить весь налет ледяной грязи, то после такой предварительной очистки поверхность покрывают слоем стружки, которые затем поджигают. Под действием огня ледяной налет тает и на поверхности листа появляется вода, которую сметают веником вместе с золой от стружек. На влажную поверхность насыпают сухие опилки, которые вбирают в себя всю оставшуюся влагу. Подметая затем насухо лист, приступают к его разметке.

Так как линии, прочерчиваемые чертилкой и циркулем, оставляют на размечаемой поверхности легко уничтожаемые следы, то приходится в тех случаях, когда необходимо сохранить размеченную поверхность листа на долгое время, ее предварительно закрашивать. В качестве краски обыкновенно разбалтывают в ведре воды отмученный мел, пока последняя не примет цвета молока, и затем прибавляют в раствор немного льняного масла и сиккатива. Довольно часто прибавляют в раствор вместо льняного масла и сиккатива подогретый столярный клей, но этого следует избегать потому, что этот раствор скоро портится и издает неприятный запах. Перед окра-

шиванием такую краску необходимо подогреть, так как она быстро застывает и густеет, становясь неудобной для покраски.

Однако на некоторых современных предприятиях отказались от употребления обыкновенных малярных кистей для нанесения на поверхность металла краски, так как это, с одной стороны, отнимает много времени, а с другой, наносимый слой не во всех частях покрыт равномерно, и имеет одинаковый цвет. Последнее происходит оттого, что жидкость, соприкасаясь с сильно заржавленной поверхностью металла, частично его растворяет и окрашенная сторона листа получает желтые пятна или даже желтый оттенок. Это заставило предприятия применить новый способ окраски поверхности размечаемых изделий не кистью, как это было принято раньше, а путем пульверизации. При этом окрашенный металл не имеет желтых пятен и желтизны, сама окраска производится чрезвычайно быстро и кроме того не приходится тратить время на ожидание, пока краска просохнет.

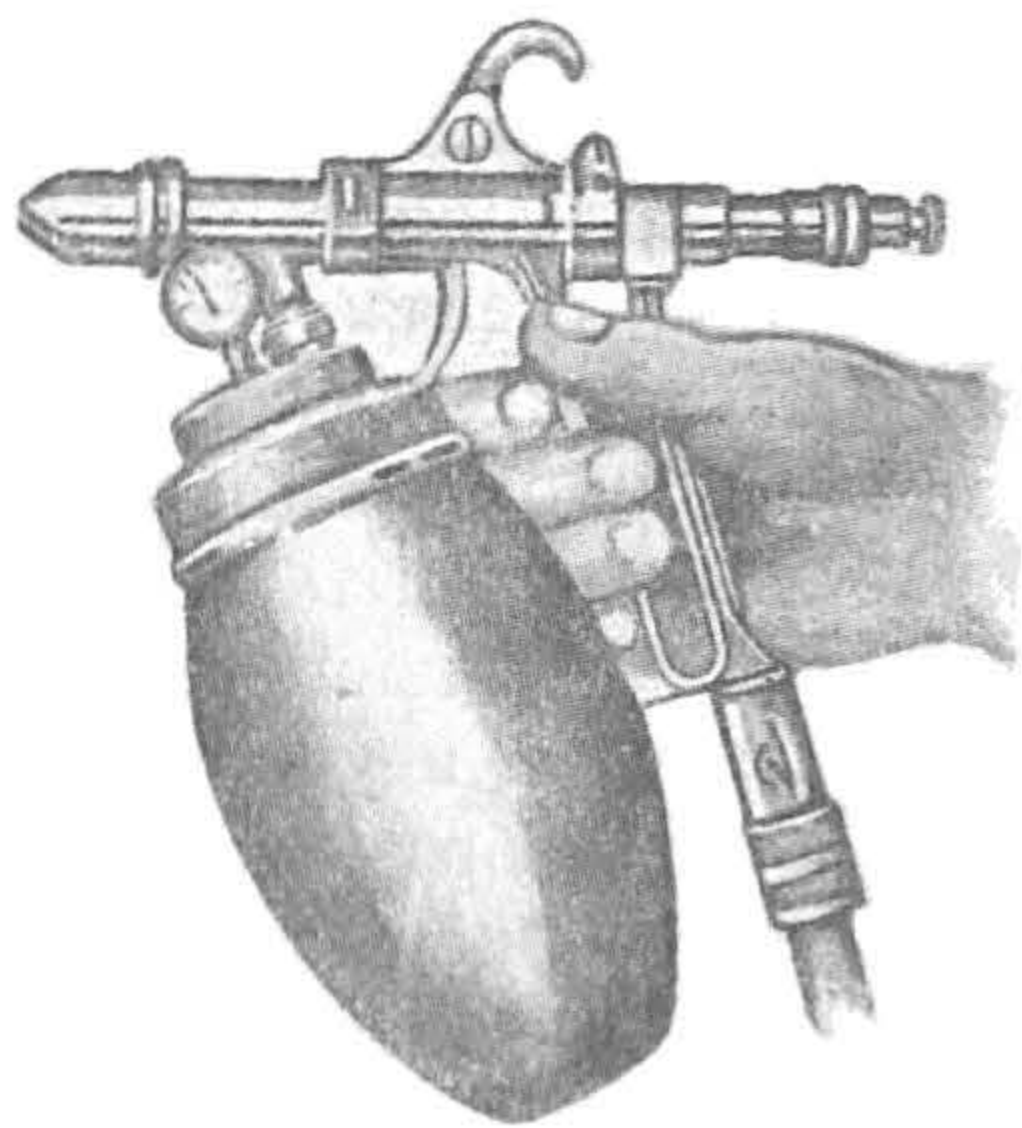


Рис. 58.

Подобным способом покраски листов при разметке пользуются на верфи Cantiere Navale Triestino в Монфальконе (Италия). Окраска при помощи пульверизации производится специальными распылителями (рис. 58). В этом пульверизаторе резервуар для краски расположен ниже рабочей струи и распыляемая краска подается под давлением сжатого воздуха. Манометр на крышке резервуара показывает давление, под которым краска подается в пульверизатор. Рабочее давление регулируется краном, находящимся на конце

ручки пистолета. Резервуары для краски изготавливаются до 1 литра вместимости.

При проведении по такой забеленной поверхности чертилкой или ножкой циркуля слой краски удаляется (процарапывается), благодаря чему получаются линии, при всей своей тонкости, весьма четкие. Так как по железу ножки циркуля скользят и быстро тупятся, чем вносится в чертеж некоторая неточность, то во избежание этого в некоторых случаях, когда требуется особая точность и тщательность разметки, железные листы склеивают на клейстере в соответствующих местах писчей или александрийской бумагой. По бумаге ножки циркуля не скользят, и кроме того они могут быть острее заточены, что в свою очередь содействует точности чертежа.

Время, идущее на разметку, в большинстве случаев зависит от работающего, и разметчик, у которого местопребывание материала и инструмента хорошо известно, не будет тратить время на его поиски и беготню. Его при необходимости следует только взять. Приготовление к работе инструмента не включает в себе только их сборку, при разметке большое значение имеет, как об этом было уже сказано раньше, также и его состояние. С инструментом тупым, ржавым и неисправным не только трудно работать, но и трудно ожидать хороших результатов разметки. Нельзя требовать точной работы, не имея исправных современных разметочных инструментов и приспособлений, и поэтому разметчик никогда не должен забывать о состоянии своего инструмента. Они являются кроме того собственностью предприятия и их необходимо беречь. Ежедневно после работы инструмент нужно чистить и прятать в инструментальный ящик.

При разметке металла непосредственно с чертежа следует заранее озаботиться изготовлением и тарировкой всех нужных реек, а также заказать плазу требующиеся шаблоны. Сложные геометрические развертки, могущие встретиться в процессе работы, должны быть произведены заранее на разбивочном или рабочем плазе, и разметчик к моменту нужды в них должен получить с него готовую развертку в форме эскиза, с проставленными размерами и нанесенными осями.

При разметке листового материала должно быть проделано предварительное распределение контура геометрических фигур в габарите расчерчиваемого листа, так как от этой довольно несложной операции зависит уменьшение количества материала, идущего непроизводительно на свалку в качестве обрезков, в то время как при правильном распределении контуров фигур этот отход будет сведен к минимуму. Таким образом, задержавшись несколько на этой операции, разметчик экономит не только материал, но и понижает стоимость продукции. Кроме сказанного, такое предварительное распределение важно еще и потому, что, не проделав его заранее, разметчик при вычерчивании большой фигуры на листе соответствующих размеров может в конце построения не вместить его контуры в габарит листа вследствие необдуманного начала построения и неправильного выбора осей.

Плаз, его устройство и работа на нем. Выше было сказано, что для производства геометрических разверток в большом масштабе (в натуральную величину) применяется рабочий (разметочный) плаз. Для разметки особо сложных металлических конструкций и для определения истинных размеров входящих в их состав деталей требуется вычерчивание всей конструкции в натуральную величину. Как правило, подобное вычерчивание производится при разметке корпуса судна независимо от его величины и типа, реже для мостов и пр. В первом случае вычерчивание в натуральную величину требуется еще и тем обстоятельством, что корпус судна представляет собой сложные геометрические очертания, не могущие быть выраженными кривыми, известными аналитической геометрии, вследствие чего ординаты последних не могут быть математически подсчитаны в техническом бюро с требуемой для правильной разметки точностью. Поэтому при вычерчивании в конструкторском бюро корпуса судна ординаты его снимаются непосредственно с чертежа. Однако и при всей тщательности этой работы нельзя гарантировать, что судно, построенное по этим данным, не окажется кривобоком, вследствие невозможности учесть при малом масштабе чертежа те сотые доли миллиметра, которые скрываются в толщине линий, пересечений, неплотности бумаги и пр. При вычерчивании корпуса на разбивочном плазе в трех проекциях осуществляется полная согласованность всех ординат.

Разметочный (рабочий) плаз представляет собой гладко выстроганную под линейку поверхность, составленную из сбитых на шпунтах сосновых досок (часто даже склеенных по шпунтам). На этой поверхности непосредственно и производится вычерчивание необходимого изображения. Разметочный плаз помещается недалеко от разметочных стелажей и занимает площадь соответственно характеру работ, примерно 10×10 м. Черчение на плазу требует соблюдения некоторых выработанных практикой приемов. Так, например, очень длинные прямые линии отбиваются обычно при помощи крученой нити или тонкого шнура, зачерненного углем, который туго натягивается на плазу так, чтобы он точно совпал своей осью с теми исходными (конечными) точками, через которые надо провести линию. Затем припод-

нимают шнур двумя пальцами отвесно над тем положением, которое он занимал на плазу, и быстро отпускают его. Шнур с силой ударяется при этом о поверхность плаза и оставляет на нем угольный след, по которому прочерчивают затем по частям всю линию, пользуясь для этого металлическими или деревянными линейками.

Черчение на плазу начинается всегда, как и при проекционном черчении, с проведения осей симметрии изображаемого предмета, от которых и откладывают конструктивные размеры (с чертежа) в натуральную величину. При необходимости восстановить перпендикуляр, провести одну линию к другой под углом или параллельно пользуются почти исключительно приемами геометрических построений, избегая применения угольников и транспортиров, так как при больших протяжениях линий, с которыми приходится иметь дело, угольники и транспорты обычных, имеющихся в продаже, размеров не годятся. Малейшая погрешность при отложении угла по транспортиру ведет (при длинных сторонах угла) к большим отклонениям в концах сторон. Кроме того угольники и линейки при черчении по гладко выстроганной поверхности легко скользят, что также влечет за собой неточности в чертеже. Если же изготовить необходимые угольники и транспорты своими средствами, то они получаются крайне неудобными в обращении вследствие своей громоздкости и подвержены легко порче, причем скольжение их также не устраняется.

Дуги больших радиусов вычерчиваются при помощи штангенциркуля, а малые — делительным циркулем, причем для черчения на деревянном плазу в одну из ножек циркуля, вместо стального острия, вставляется карандаш с плоским графитом (плотничный). Довольно часто пользуются чертежными инструментами дешевых сортов.

Кривые же линии вообще, вычерчиваемые на плазу по точкам, проводят при помощи лекалов (если таковые имеются) или же чаще всего при помощи лекального приспособления, описанного на предыдущих страницах (гибкой рейки), стремясь придать рейке (линейке) такой изгиб, чтобы получилось очертание плавной кривой, проходящей одновременно не менее, как через 3—5 точек. Эту кривую очерчивают карандашом по изогнутому ребру рейки. При крутых изгибах таких кривых довольно часто прибегают к геометрическому сопряжению дуг.

Размеры, проставленные на чертеже, берутся: малые — делительным циркулем со складного метра, а более значительные — штангенциркулем со стальной рулетки. При очень больших протяжениях растягивают на плазу рулетку, и соответствующие деления отмечают карандашом, отчеркивая им с двух приемов значок, имеющий вид буквы V, причем наблюдают, чтобы острый угол значка точно совпал с тем делением, которое требуется нанести на чертеж.

Деления углов и линий предпочтительнее получать с помощью геометрического построения, при помощи циркуля и линейки, вместо часто практикуемого отложения их непосредственно с рулетки или градуированной линейки (метра), а углов — с транспортира.

При нанесении дуг центры их обязательно отмечают кружками и обводятся цветными мелками для обеспечения возможности в любое время проверить построение.

Вообще в разметочной практике, в особенности при черчении на плазу, весьма охотно пользуются цветными карандашами или так называемыми крейдами (мелками) для нанесения особо важных осей, для закрашивания

разрезов металла и заклепочных отверстий. Такой расцветкой достигается большая четкость его и уменьшается возможность ошибок при снятии шаблонов и размеров с плаза. Если предвидится длительное пользование чертежом, то, для того чтобы он не затирался и не затемнялся вследствие неизбежного в мастерской осадения пыли и сажи, его следует на время перерывов в работе покрывать листами бумаги, хотя бы газетной, сверху которой кладут по краям выдавки, обрезки и т. п., чтобы ее удержать на месте. Вообще полезно такой чертеж держать прикрытым, оставляя свободной только ту часть его, над которой в данное время работают.

После использования вычерченного на плазу чертежа, когда он становится уже ненужным и на его месте должен быть начерчен другой чертеж, надо использованный чертеж удалить. Для этого, в случае деревянного плаза, его протирают стеклянной шкуркой, которую навивают на деревянный или железный брусок с двумя рукоятками. Этим бруском водят по поверхности плаза, причем карандашные линии чертежа шкуркой удаляются. Протирать плаз шкуркой „от руки“ не следует, так как это, во-первых, утомительно, а во вторых, после удаления 2—3 чертежей поверхность плаза получается волнообразной.

В некоторых предприятиях принято после использования чертежа удалять его сострагиванием фуганком, что ведет к быстрому изнашиванию плаза вследствие постепенного утонения образующих его досок.

В целях придания разметочному плазу большой долговечности его покрывают иногда железными, хорошо выпрямленными листами, толщиной 3 — 5 мм, которые привертываются к деревянному помосту плаза шурупами с утопленными головками (впотай). В этом случае чертеж воспроизводится на поверхности этих листов, причем вычерчивание его ведется согласно правилам и приемам, описываемым в следующем параграфе.

Разбивочный плаз является принадлежностью каждого предприятия, занимающегося мостостроением, судостроением и изготовлением сложных металлических конструкций. Поскольку в мостостроении и в предприятиях металлических конструкций наличие плаза весьма желательно, но не необходимо, постольку для судостроения он обязателен. При постройке судна приходится выполнять те кривые линии и поверхности, которыми оно ограничено. Обводы в различных частях судна отличаются друг от друга; поэтому и изгиб листов в различных его частях будет неодинаков. Следовательно в каждом месте судна необходимо знать заранее, какую погибь должны иметь листы, чтобы их надлежащим путем изогнуть. Точно так же заранее должна быть известной и погибь связей (набора корпуса), поддерживающих эти листы.

Изгиб листов наружной обшивки и палубы, а также набора судна, к которому крепятся эти листы, производится по специально изготовленным шаблонам и лекалам в гибочной мастерской. Лекала и шаблоны изготавливаются согласно теоретическому чертежу, вычерченному в натуральную величину на разметочном плазе. Сам процесс вычерчивания теоретического чертежа на плазе называется разбивкой теоретического чертежа.

Таким образом, на разбивочном плазе по данному конструкторским бюро теоретическому чертежу, изготовленному в небольшом масштабе (обычно в 1:25, 1:50 или 1:100), вычерчивается новый в натуральном виде. Далее вычерчиваются в натуральную величину различного рода связи судна и по их обводам на плазе снимаются деревянные шаблоны и лекала.

Последние передаются в обрабатывающие мастерские и по ним изготавливаются те или иные детали набора корпуса.

Отличительной особенностью помещения разбивочного плаза является устройство пола, сделанного значительно лучше пола разметочного плаза, что обуславливается его основным назначением. Пол делается совершенно гладким, без щелей, строго горизонтальным на всем протяжении, где происходит вычерчивание, и свободным от посторонних предметов. Такого устройства пола достигают правильной пригонкой досок из сухого, выдержанного леса, обходясь совершенно без шпаклевки, которая при работе отскакивает и портит поверхность. Доски пола прибиваются так, что головки утапливаются в дерево и сверху забиваются деревянными пробками. Этим достигается возможность плавной прорезки обводов судна по наметленным меловым линиям. После окончания постройки судна сделанная на полу плаза разбивка удаляется при помощи выстрогивания всего пола, который после окраски становится снова годным для разбивки нового судна. Пол плаза покрывается двумя-тремя слоями черной матовой краски. Рабочая поверхность должна иметь достаточную освещенность дневным и вечерним светом, по возможности верхним. На рис. 59 показан разбивочный плаз судостроительного завода Franco Tosi в Италии, являющийся одним из современных как по устройству, так и по тем методам работы, которые на нем применяются.

Отопление плаза и его вентиляция играют немаловажную роль при исполнении работ. Лишняя одежда, надеваемая рабочими при пониженной температуре, затрудняет свободные движения при вычерчивании. При плохой вентиляции пыль загрязняет пол и затемняет прорезанные обводы судна.

Приемы черчения по металлу. Работа по изготовлению шаблонов весьма сходна с черчением на железном плазу. Для расчерчивания шаблонов берут особо тщательно выпрямленные листы или полосы профильного железа и укладывают их с помощью крана на стелаж. Прежде чем приступить к разметке, поверхность металла покрывают в соответствующих местах тонким слоем белой клеевой краски. Когда краска высохнет (для ускорения чего в зимнее время часто применяют переставляемые с места на место жаровни с коксом или древесным углем), приступают к черчению.

Разметка начинается всегда с проведения осевых линий (оси симметрии, делящие фигуру на 2 или 4 симметричных равных части) и от них уже откладывают разметочные размеры. Затем проводят так называемые центровые линии, т. е. линии, по которым расположены центры заклепочных отверстий (на некоторых заводах эти линии называют поэтому **дыровыми**).

Для проведения осевых, а затем и центровых линий принимают одну из кромок листа за базис, от которого и откладывают соответственные размеры, определяющие положение одной из осевых линий, перпендикулярно к которой через ее середину проводят вторую осевую линию (в косых фигурах вторая осевая линия наклонна к первой). На несимметричных фигурах осевых линий не проводят, а, исходя от базисной кромки, сразу строят ближайшую центровую линию.

От этих основных линий откладываются все размеры.

Если, например, нужно нанести на лист прямоугольник, то поступают следующим образом: раздвинув ножки циркуля на величину $\frac{1}{2}$ перекрыши

заклепочного шва (с прибавкой 3—5 мм на обработку базисной кромки, если это нужно), одну ножку циркуля ее боковой поверхностью прижимают

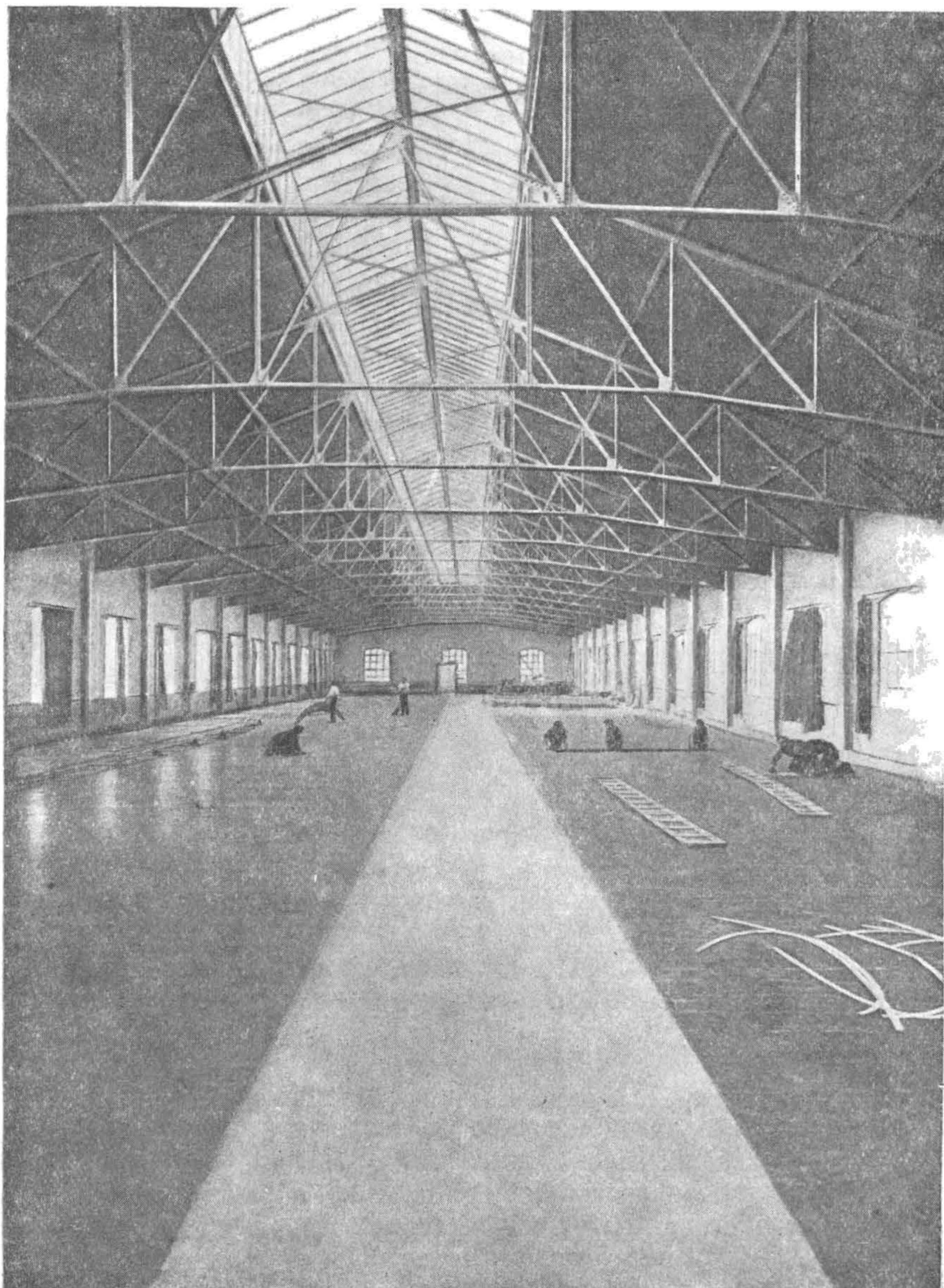


Рис. 59.

к базисной кромке и, скользя по последней, острием другой ножки чертят на концах листа две короткие черточки $e — e$ (рис. 60).

Затем с помощью тонкой стальной линейки проводят по всей длине листа линию $a_1 a'_1$, совпадающую с отметками $e — e$. Это будет центровая

линия заклепочного шва. Вместо такого использования циркуля в качестве рейсмаса, отчего он несколько страдает, лучше делать отметки $e—e$ с помощью складного метра, который кладут поперек кромки так, чтобы соответствующее деление метра (расстояние l) совпадало с базисной кромкой листа, и затем по торцевой стороне метра проводят чертилкой коротенькую черточку e (рис. 61).

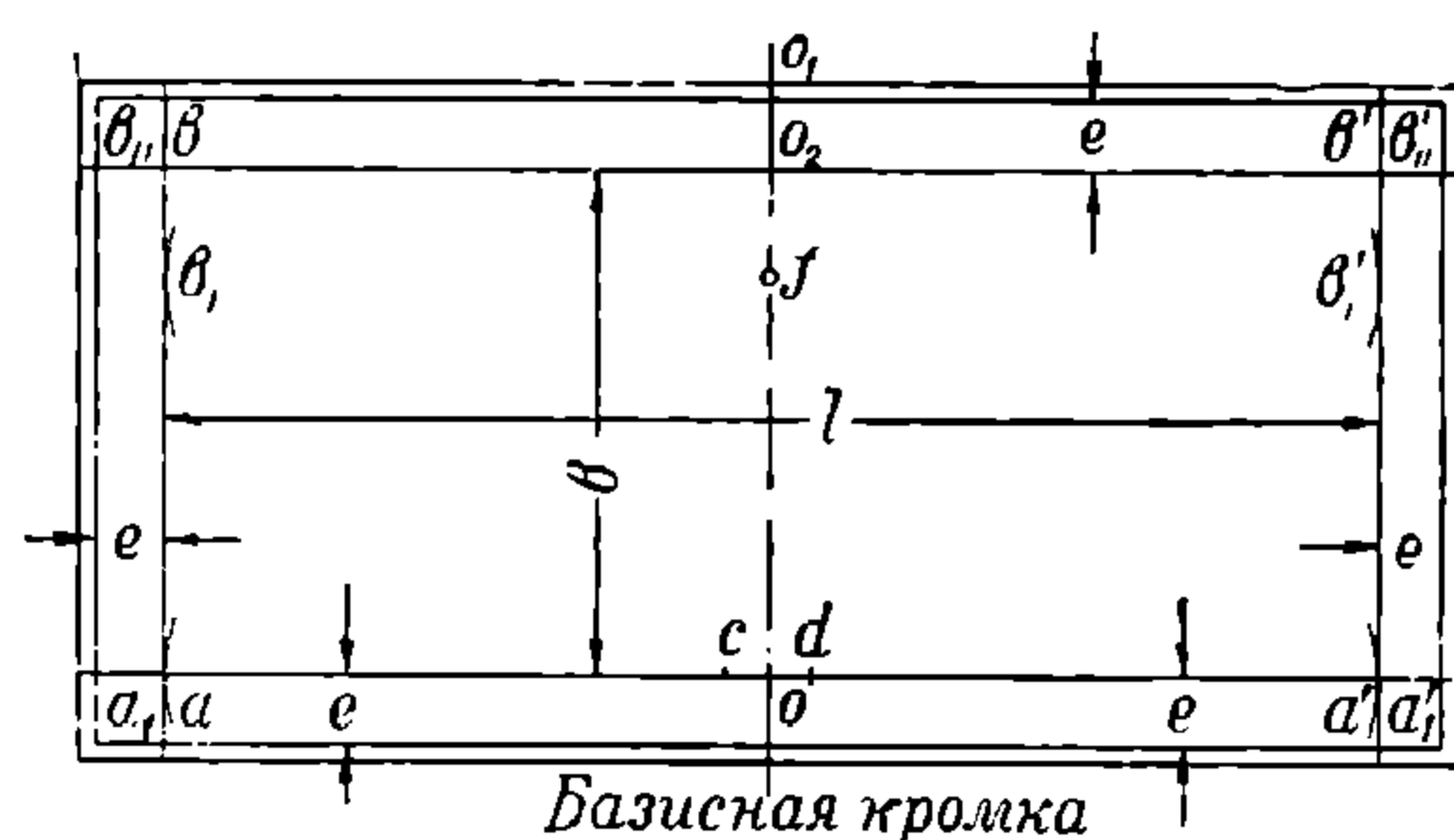


Рис. 60.

Есть же линия a_1a_1 получается настолько длинной, что провести ее по имеющейся линейке не представляется возможным, то линию a_1a_1 отбивают шнуром. Однако надо отметить, что при точных работах отбиванием шнуром не удовлетворяются и поступают следующим образом: натянув шнур над листом на высоте 5—10 мм и притом так, чтобы он нигде не касался листа, проверяют правильность его расположения по отношению к отметкам $e—e$ (через которые надо провести прямую), при помощи аншлага (рис. 62) и закрепляют шнур в этом положении, подвесив на одном его конце какой-либо груз (гайку, ручник и т. п.), а другой конец натя-

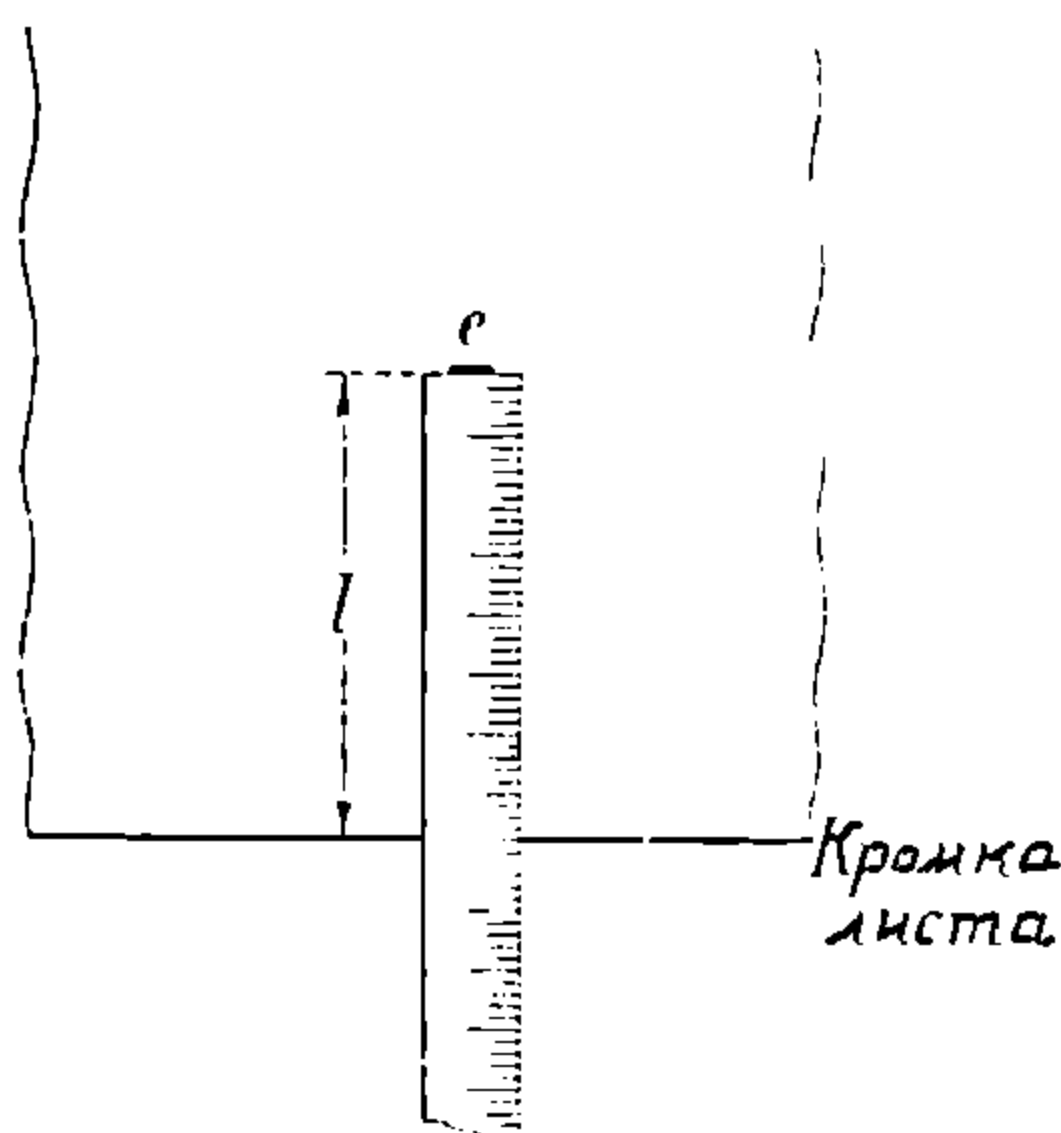


Рис. 61.

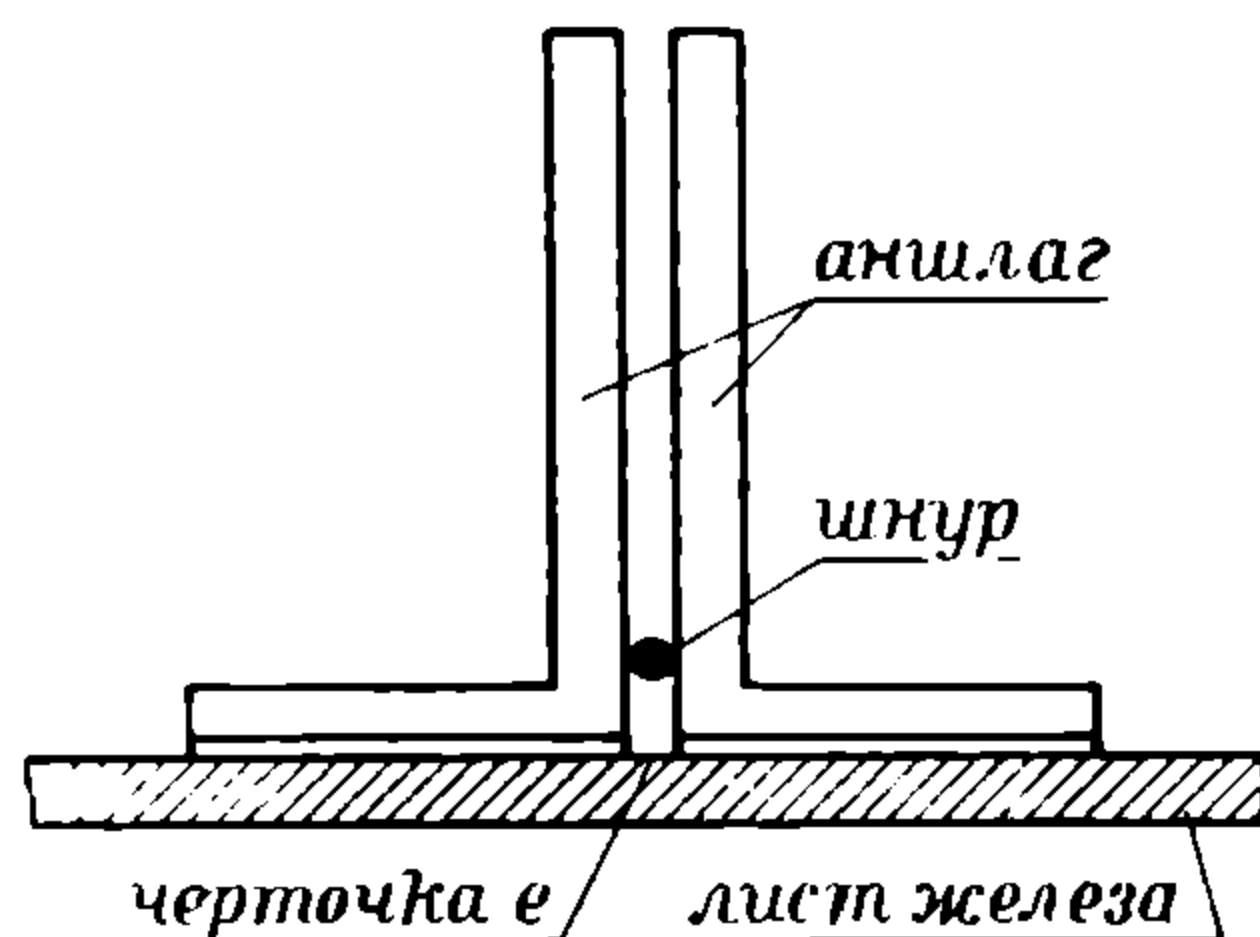


Рис. 62.

гивают удобнее всего при помощи рогульки, уперев ее снизу в лист и нагрузив ее, например, ручником, как показано на рис. 63. Затем, приводя тот же аншлаг в соприкосновение со шнуром в различных его точках, примерно через один метр, то с одной стороны шнура, то с другой, делают на железе при помощи чертилки отметки в виде коротких черточек. Между этими черточками, на-глаз — посередине, ставят маленькие кернышки, которые соединяют затем между собой прямой линией по линейке чертилкой.

Проведя линию a_1a_1' , растягивают вдоль нее рулетку, отмечают значком V при помощи чертилки, середину O ее длины, от которой в обе стороны откладывают на линии a_1a_1' по половине заданной стороны прямоугольника, т. е. $\frac{l}{2}$, и получают точки a и a' . Это откладывание можно

производить или штангенциркулем, беря им размер $\frac{l}{2}$ с рулетки, или, растянув рулетку, сделать чертилкой соответствующие отметки. Во избежание весьма возможных ошибок в отсчете делений по рулетке, первый способ следует считать предпочтительным.

В точке o восстанавливают к линии aa' перпендикуляр oo_1 , который будет одной из осей симметрии прямоугольника. Взяв затем на этой осевой линии произвольную точку f , засекают из нее, как из центра, две дуги $b_1b'_1$ — радиусом, равным $oa = oa'$. Проведя из a и a' касательные к $b_1b'_1$, получим линии, параллельные осевой и перпендикулярные aa' . Чтобы замкнуть искомый прямоугольник, остается на линиях ab и $a'b'$ отложить длину короткой стороны прямоугольника, который получим, соединив между собою точки b и b' .

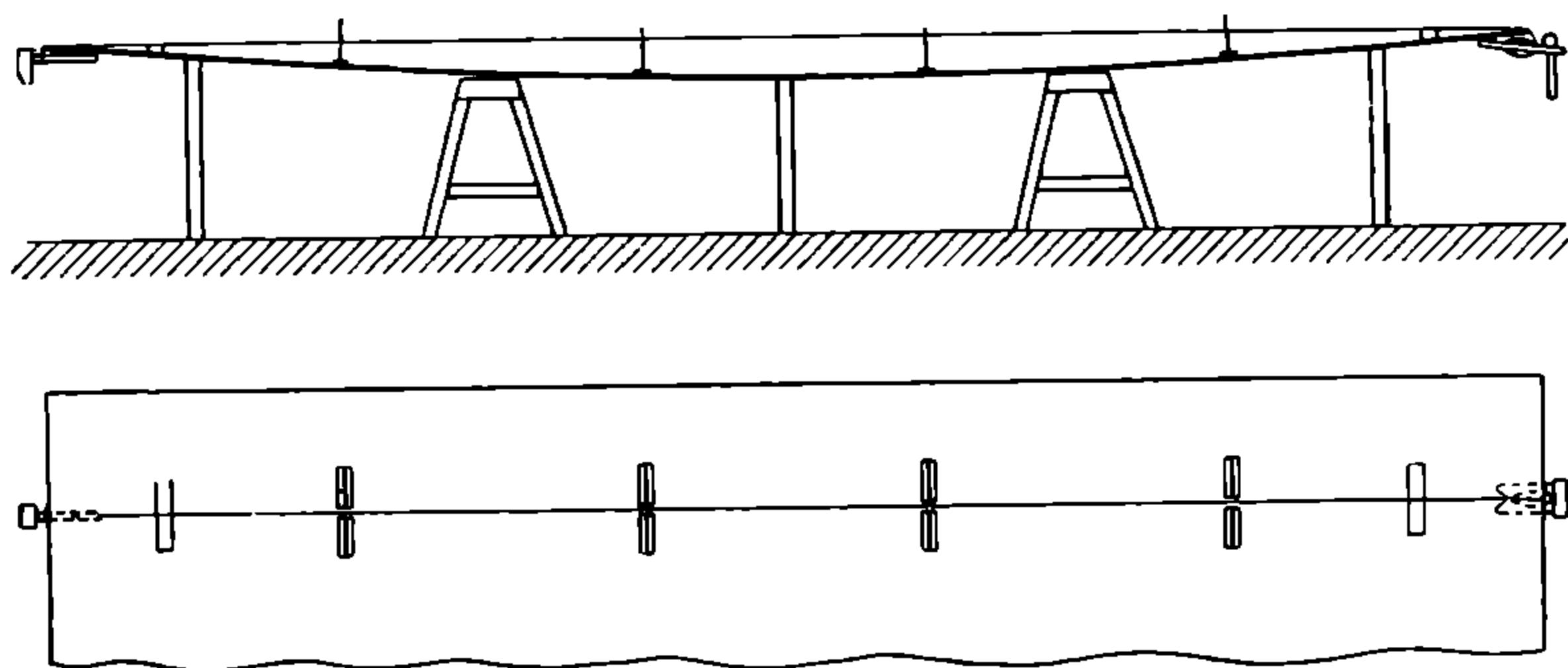


Рис. 63.

Построение искомого прямоугольника можно произвести несколько другим приемом, а именно: не восстанавливая перпендикуляра из точки o , восстановить два перпендикуляра к aa' из точек a и a' , например, по способу Пифагора, на которых и откладывают длины ab и $a'b'$.

Наконец, можно построить наш прямоугольник еще одним способом, отложив на линии oo_1 длину $\frac{b}{2}$ и проведя через полученную точку o_2 параллель к aa' . Таким образом получим вторую осевую линию на листе, отложив по которой в обе стороны от o_2 по $\frac{l}{2}$ и проведя через полученные точки параллели к oo , найдем боковые стороны прямоугольника, который остается только замкнуть прямой bb' , параллельной aa' и находящейся от нее на расстоянии b .

Здесь уместно отметить, что при черчении по металлу в каждой точке, в которую придется ставить ножку делительного циркуля или штангеля для отложения размера, в особенности для очерчивания дуг, необходимо ставить маленькое кернышко, во избежание скольжения острия ножки.

Полученное очертание прямоугольника обязательно нужно проверить, так как, вследствие случайного скольжения ножек циркуля по железу и неточности отложения длин, возможны погрешности. Проверка правильности построенного прямоугольника производится поэтому во всех случаях

и основана на известном геометрическом правиле о равенстве между собой диагоналей прямоугольника, которые с этой целью измеряют штангелем.

Чаще всего для такой проверки разметчики протягивают рулетку от точки a до точки b' , уложив ее нулевой отметкой на точку a , и замечают, на каком делении находится точка b' . Затем перекадывают рулетку в направлении с нулевым делением в точку b и смотрят, попала ли точка a' на то же деление, на котором была точка b' при предыдущем промере. В обоих случаях, если получается разница, то построение прямоугольника, начиная от восстановления перпендикуляра к базисной линии, надо переделывать заново, затерев ранее проведенные линии и забив чекалом кернышки. Кроме того за базис принимают линию bb' , вместо линии aa' , чтобы не впасть в повторные ошибки.

Необходимо, однако, помнить, что равнобокая трапеция также имеет равные между собой диагонали; поэтому для полной уверенности, что построенный четырехугольник есть именно искомый прямоугольник, надо проверить еще равенство между собою (попарно) противолежащих его сторон. Построение можно признать верным только тогда, если существуют равенства:

$$aa' = bb', ab = a'b' \text{ и } ab' = ba'.$$

Разгонка дыр. Если при изготовлении котла клепаной конструкции число заклепок, а следовательно и заклепочных отверстий измеряется порядком 1000—5000 штук, то при постройке судна длиной в 120 м, число их доходит до 500 000 штук. Поэтому в судостроении, как ни в какой другой области котельного производства, приходится более всего сталкиваться с задачами нанесения заклепочных отверстий на металл в необходимые места. Практика разметки набора корпуса судна различных заводов дала несколько способов нанесения на поверхность металла центров дыр. Корпус судна, состоя из внутреннего набора в виде поперечных шпангоутов и бимсов и продольных стрингеров, комингсов и пр., при разметке наружной обшивки и палубы требует для прочно-непроницаемого соединения с набором наличия общих заклепочных отверстий, соединяющих в одну общую конструкцию несколько деталей. Такие общие дыры должны находиться на определенном месте каждой детали, чтобы при сборке их вместе дать одну общую дыру, в которую можно вставить для расклепывания заклепку. В судостроительной практике такие дыры получили название обязательных дыр, и месторасположение их определяется пересечением двух центровых рисок. От этих обязательных центров дыр, ограничивающих длину центровых рисок, и начинается процесс деления ее на равные части, указанные в чертеже величиной шага, для размещения необходимого количества заклепочных отверстий. Этот процесс на языке разметчиков называется разгонкой дыр.

Разгонку центров отверстий делают несколькими способами в зависимости от характера производства всей разметки. Эти способы следующие:

- 1) Разгонка при помощи циркуля и масштабной линейки.
- 2) Разгонка при помощи предварительно тарированных реек.
- 3) Разгонка шаблонами.
- 4) Разгонка шагомером.

Разгонка при помощи циркуля и масштабной линейки. Процесс разгонки центров дыр при помощи циркуля и масштабной линейки заключается в том, что ножками циркуля с масштабной линейки

берется указанная на чертеже величина шага и откладывается на риске между обязательными дырами. Если чертеж дает только шаг шва, не указывая количества заклепок, то эта операция усложняется, ибо указанным шагом не всегда можно уложить целое количество заклепочных отверстий в разгоняемое расстояние. Поэтому весь процесс разгонки разбивается на ряд предварительных операций, выясняющих в конечном итоге возможность разделения отрезка на равное число промежутков, имеющих шаг, не выходящий из пределов заданного. Эти операции заключаются в следующем:

1-я операция. Измеряют расстояние между центрами обязательных дыр.

2-я операция. Определяют возможность разгонки заданным или выбранным шагом заклепочного шва и находят величину практического шага. Для нахождения этой возможности поступают так:

а) Расстояние между обязательными дырами делят на заданный шаг шва, при этом частное от деления получается иногда числом дробным, для чего дробное частное округляют до целых единиц, увеличивая его или уменьшая.

б) На округленное частное делят расстояние между обязательными дырами и получают точную величину практического шага, которая однако не должна выходить из заданного интервала.

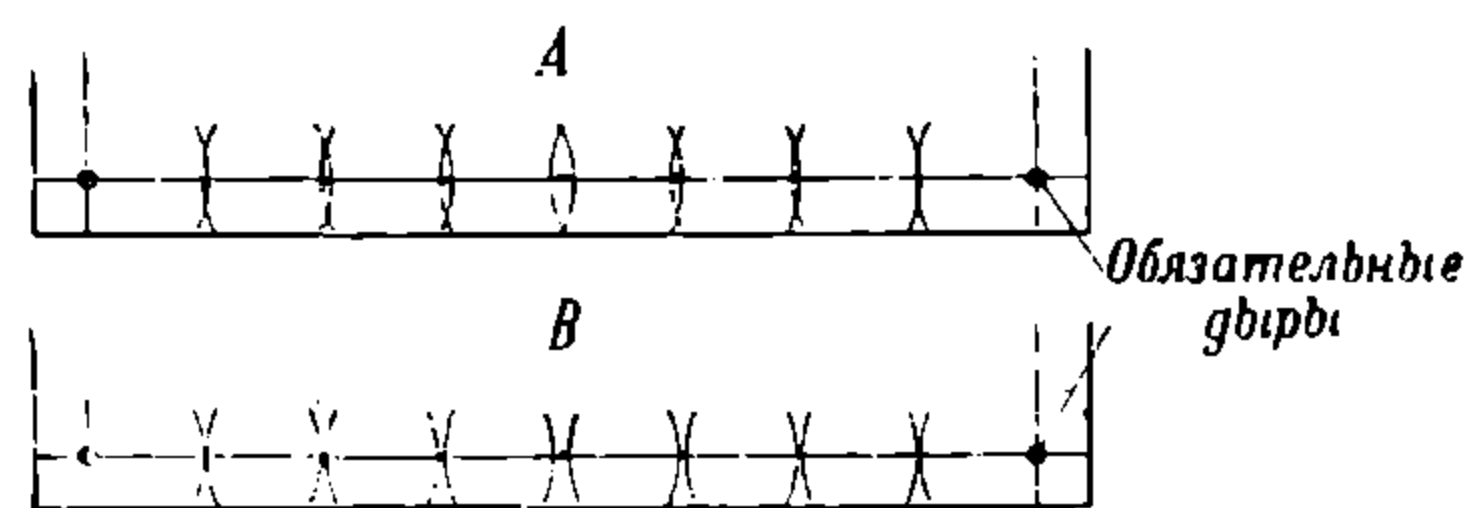


Рис. 64.

3-я операция. Расстояние между обязательными дырами разгоняют полученным практическим шагом, беря его величину циркулем с масштабной линейки и засекая на риске засечки.

При практическом шаге, полученном с десятыми долями миллиметра, появляется неизбежность погрешностей, зависящих от многих причин, как то: от невозможности точно взять циркулем практический шаг вследствие затупленности его острия, скверных насечек деления масштабной линейки, неточности глаза и прочих причин; эта неточность возрастает прямо пропорционально числу шагов. Если размечаемый материал не крашеный и не ржавый и имеет скользкую поверхность, погрешность увеличивается еще более вследствие скольжения циркуля о поверхность металла. Все эти погрешности приводят к тому, что в последнем шаге получается неувязка. Шаг бывает или больше (А рис. 64) или меньше (В рис. 64), благодаря чему необходимо этот излишек или эту нехватку разнести пропорционально числу интервалов для получения всюду одинаковых промежутков между центрами отверстий. Разноску нехватки или излишка производят двумя методами, описание которых приводится ниже.

Метод 1-й. Этот метод, применяемый на различных предприятиях, имеет тот недостаток, что увязанные промежутки точно не равны между собой и величина их изменяется по законам прогрессии от середины заклепочного шва до центров обязательных дыр. Суть этого метода такова.

Найденное количество дыр делят пополам, и если это число нечетное, то одна половина может быть на единицу больше другой.

Полученное от деления количество заклепочных отверстий откладывают на риске шва от центров обязательных дыр к середине циркулем, имеющим растворение ножек, равное величине практического шага.

При несовпадении последних засечек полученную нехватку или излишек

(если его величина не превышает 20% величины практического шага) разносят между промежутками центров дыр.

Это проделывается следующим образом. Расстояние между двумя несошедшими последними дугами делят пополам, ставят в полученную точку циркуль того же растворения, каким разгонялся заклепочный шов, и засекают риски с двух сторон. Уменьшенное расстояние между вновь полученными засечками опять делят пополам, ставят в полученную точку циркуль и снова делают на риске засечку этим растворением. Это продолжается до тех пор, пока засечки не будут совпадать, т. е. пока полученная при разгонке неувязка не будет полностью разнесена между всеми интервалами центров заклепочных отверстий.

Для иллюстрации результатов разности неувязки этим методом приведем следующий пример.

При разгоне промежутка между обязательными дырами, равном 408 мм на 10 равных частей, получился, благодаря ряду погрешностей разгонки, избыток, составляющий 8 мм (т. е. равный 20% величины шага). Этот излишек разносим описанным выше способом между всеми интервалами и получаем следующие величины увязанных промежутков:

1-й промежуток от середины равен:	$T = 42$	мм
2-й	$T = 41$	
3-й	$T = 40,5$	
4-й	$T = 40,25$	„
5-й	$T = 40,125$	„

Сумма увязанных промежутков немного разнится от действительной на величину весьма малую, практически неосязаемую и немогущую поэтому быть строго учтенной. В нашем случае эта неучтенная величина равна: $408 - 407,75 = 0,25$ мм, которая весьма незначительна для того, чтобы ею можно было серьезно заняться. При большем числе промежутков эта величина значительно уменьшится.

При 20% величине неувязки наибольший увязанный шаг будет разниться от заданного теоретического всего лишь на 5%. Эти неравные промежутки (шага) при такой небольшой разнице с теоретическим шагом не влияют заметно на точность разметки, прочность сооружаемого судна и пр. Неувязку, превышающую эту величину (20%), не рекомендуется разгонять этим методом, так как получится заметное неравенство интервалов между дырами, могущее оказать вредное влияние на прочность шва. Поэтому вся разгонка должна быть проделана снова новым вычисленным практическим шагом, найденным указанным выше способом, который даст допускаемую неувязку.

Метод 2-й. Этот метод, как и первый, обладает тем же недостатком неплавного изменения промежутков между центрами, но в меньшей степени. Он заключается в том, что практический шаг откладывается не от двух центров, а от одного, и что полученная таким образом неувязка разносится в сторону начала разгонки. Полученная неувязка делится на число отложенных интервалов и частное от деления прибавляется к величине практического шага, каковым и производят вторичную разгонку. Этот способ в два раза быстрее предыдущего и отличается тем преимуществом, что крайние интервалы имеют при первой разгонке неравные величины, которые вторичной разгонкой выравниваются довольно равномерно, разнясь между собой на десятые доли миллиметра.

Пример: при разгонке заклепочного шва шагом $T = 40$ мм получилось 10 промежутков и неувязка между последней засечкой и центром обязательной дыры, равная 10 мм. Для ее разгонки поступают так. Делят величину неувязки на 10 равных частей и получают ту ее долю, которую необходимо добавить (или вычесть из него) к имеющемуся растворению, чтобы ее разнести. Эта доля равна: $10 \text{ мм} : 10 = 1 \text{ мм}$ и, следовательно, растворением циркуля в 41 мм засекают снова в обратном порядке центровую риску. Вследствие тех же погрешностей откладывания этот разгон заканчивают при первом совпадении ножки циркуля с уже имеющимися засечками. При некотором навыке неувязку можно делить на-глаз, что ускоряет весь процесс разгонки.

Пример разгонки центров дыр заклепочного шва. Требуется на центральной риске с нанесенными обязательными дырами разогнать оси отверстий заклепочного шва, имеющего шаг в интервале $T = 65 — 70$ мм.

Эту разгонку дыр делаем в той же последовательности, которая была описана выше, для чего придерживаемся всего вышесказанного.

1-я операция: измеряем расстояние между центрами обязательных дыр и находим его равным 686 мм.

2-я операция: убеждаемся в возможности произвести разгонку центров отверстий выбранной величиной шага $T = 66$ мм и, в случае невозможности этого, определяем величину практического шага.

а) Для определения количества заклепок разгоняемого шва делим расстояние между центрами обязательных дыр на величину принятого шага. Имеем:

$$686 : 65 = 10,55 \text{ отверстий,}$$

что, конечно, лишено практического смысла, так как дыры могут измеряться только целыми числами. Для нахождения реального ответа проделываем следующую операцию.

б) Округляем число заклепок 10,55 до целого, в сторону увеличения или уменьшения. Берем число заклепок равным десяти.

в) Находим величину практического шага, для чего делим: $686 : 10 = 68,6$ мм.

Полученное частное представляет собой тот шаг, которым необходимо разгонять данный заклепочный шов, чтобы иметь целое количество отверстий.

3-я операция: беря циркулем найденную величину практического шага с масштабной линейки, разгоняем им данную риску.

Так как практический шаг имеет десятые доли миллиметра, которые никоим образом нельзя взять точно с масштабной линейки, то можно заранее всегда утверждать, что в последнем шаге получим какую-то неувязку даже и в том случае, когда возможности появления иных погрешностей, перечисленных выше, не будет.

Все сказанное относительно разгонки центров отверстий относилось до сих пор к однорядному шву и может быть без затруднения применено к швам многорядным, с расположением заклепок в цепном порядке. При разгонке многорядного шва с шахматным расположением заклепочных дыр метод работы будет иной.

Разгонка многорядных швов с шахматным расположением центров заклепочных отверстий. Как и при разгонке центров дыр однорядного шва, на многорядном шве необходимо иметь обязательные

дыры, от которых можно было бы вести разгонку. Обязательные дыры получаются от пересечения рисок, причем при пересечении двухрядного шва с однорядным будут две обязательных дыры (рис. 65), при пересечении двухрядного шва с двухрядным будут четыре обязательных дыры, при пересечении трехрядного шва с двухрядным — шесть (рис. 66) и т. д., независимо от характера расположения самих заклепок. Число обязательных дыр

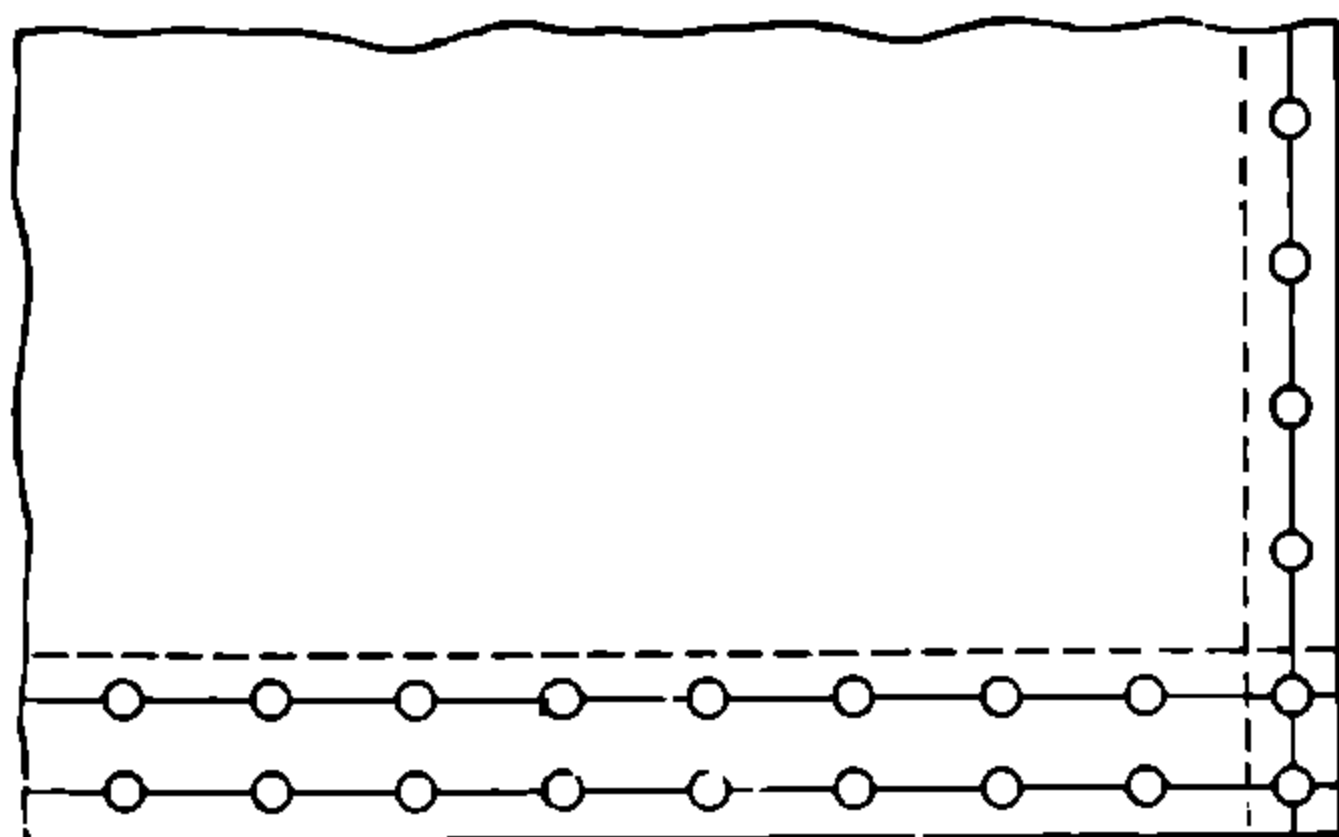


Рис. 65.

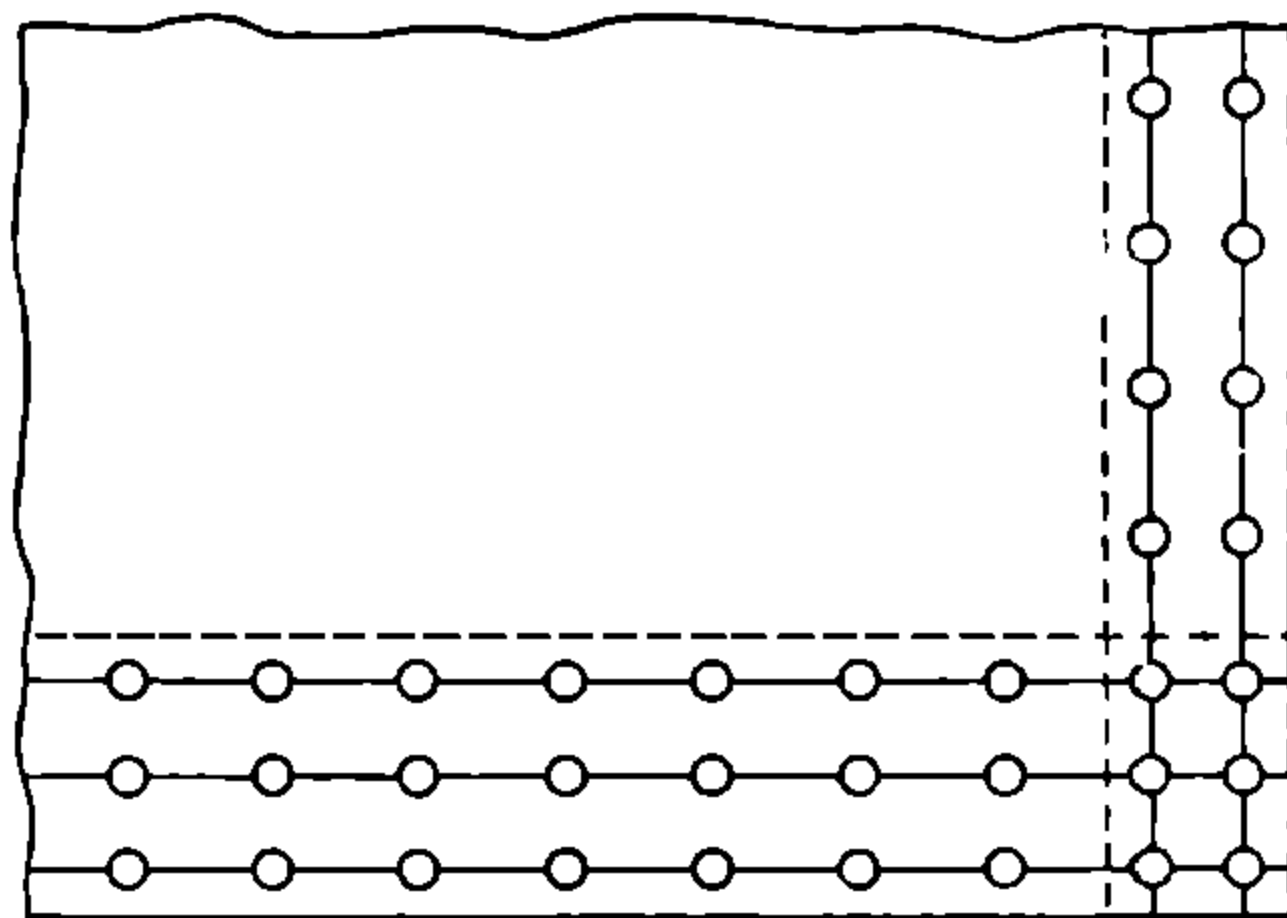


Рис. 66.

при любом количестве пересекающихся рядов заклепок равно, как правило, произведению чисел, выражающих количество рядов. Так, например, число обязательных дыр при пересечении трехрядного заклепочного шва с трехрядным равно:

$$3 \times 3 = 9;$$

при пересечении двухрядного шва с четырехрядным число обязательных дыр равно:

$$2 \times 4 = 8 \text{ и т. д.}$$

В двухрядном шве при шахматном порядке расположения дыр число заклепок первой риски будет на одну заклепку меньше второй, так как отстояния крайних отверстий на первой смещены относительно крайних центров дыр второй риски на пол-шага каждая (рис. 67).

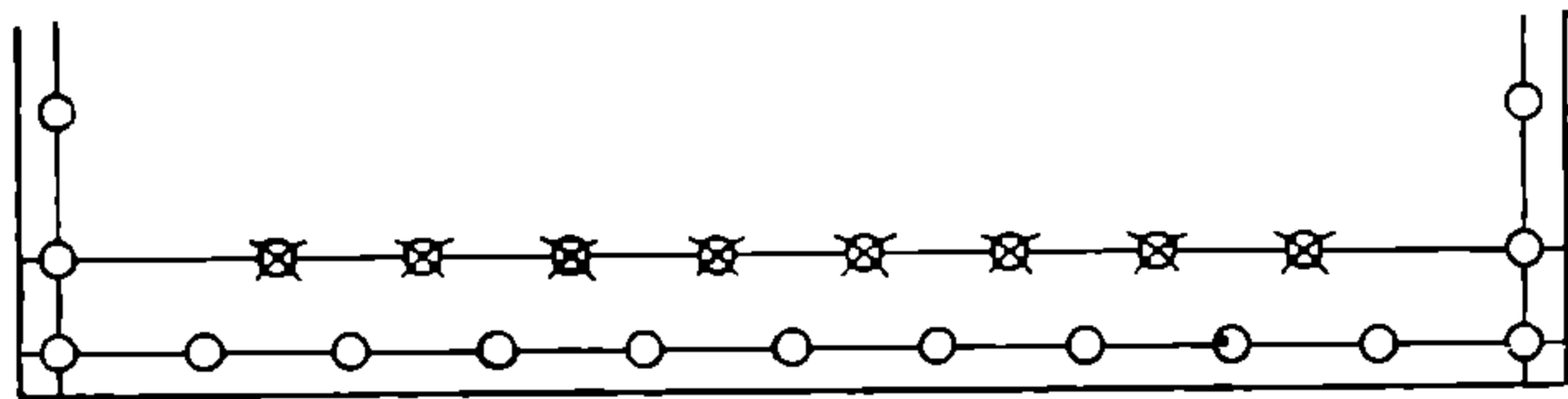


Рис. 67.

Разгонка начинается с риски, которая расположена ближе к кромке размечаемого материала, и производится одним из вышеописанных методов. Имея

разогнанный шаг на этой риске, при помощи циркуля соответствующего растворения восстанавливают перпендикуляр посредине двух любых центров и продолжают его до пересечения со второй риской. Взяв затем циркулем расстояние между найденной точкой на второй риске и одной из исходных на первой, засекают вторую риску из накерненных точек первой. Точки пересечения засечек дадут центры дыр второй риски, расположенных в шахматном порядке относительно первых, что представлено на рис. 67.

Разгонку дыр на второй риске можно проделать еще другим способом. Найдя при помощи восстановления перпендикуляра крайний центр второй риски, засекают остальную часть этой риски циркулем, имеющим расстояние ножек, равное величине практического шага первой риски.

Первый способ разгонки хорош тем, что дает точное и взаимно правильное расположение центров отверстий на рисках, чего не дает второй способ, обладающий возможностью накопления неувязок, вследствие уже известных погрешностей, трудно определяемых и нуждающихся впоследствии в разноске.

При нанесении центров отверстий на угловых профилях пользуются специальным переводком (рис. 31), описание и способ работы с которым даны ранее.

При трехрядном заклепочном шве порядок разгонки центров отверстий следующий. Первый ряд разгоняют теми приемами, что и однорядный, и полученные промежутки переносят на третью риску при помощи циркуля, угольника или рейки, смотря по тому, что в данном случае удобнее. Крайнюю точку средней риски можно получить при помощи восстановления на первой риске перпендикуляра между соседними центрами, которая ее пересечет, как это описано для двухрядного шва.

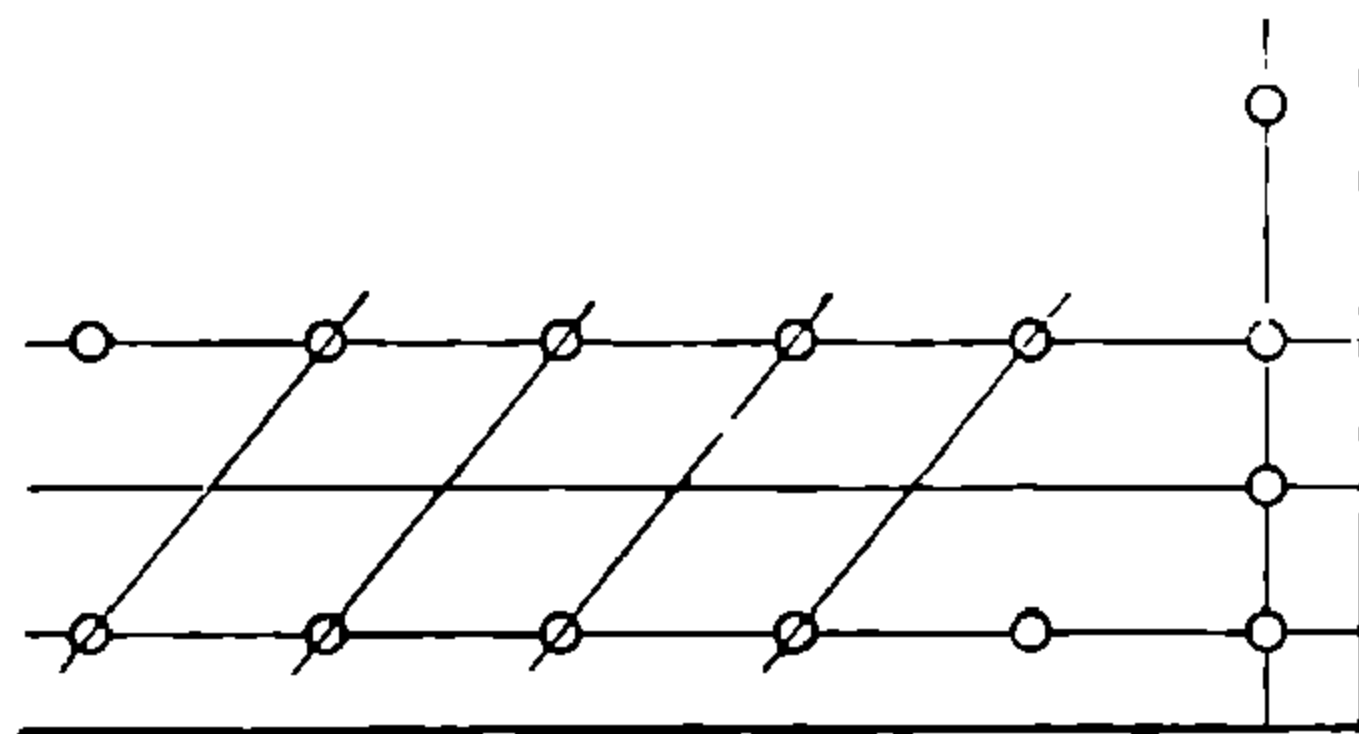


Рис. 68.

Кроме того, ее можно найти и пересечением диагонали, проходящей между противоположными соседними точками крайних рисок шва, со среднюю, как это показано на рис. 68.

Разгонка дыр рейкою. Эта система удобно применяется в тех случаях, когда заклепочный шов принадлежит детали, состоящей из нескольких отдельных частей, склепываемых вместе. Для точности сборки и установки, удобства клепки, дешевизны изготовления деталей и увеличения механической прочности, к разгоняемым швам сопрягающихся частей предъявляется требование хорошего совпадения всех просверленных отверстий. Этот фактор играет весьма важную роль, так как уничтожение последующей рассверловки несовпадающих отверстий („слепых дыр“) пневматическими машинками не только удешевляет изделие, но и сохраняет много времени, необходимого для их рассверловки при сборке. Применение при сборке оправки не рекомендуется, так как материал по краям отверстий разрывается и кроме того коробится. Удовлетворительного совпадения всех заклепочных дыр можно добиться лишь тогда, когда произведенная разноска центров будет на всех швах сопрягающихся частей совершенно одинакова и все увязанные интервалы одной части будут иметь такие же точно промежутки всех остальных частей, при условии, что их взаимное расположение в пространстве не служит препятствием для сборки и клепки.

Это достигается тем, что на каждой риске шва отдельной части центры дыр не разгоняются самостоятельно, а на них лишь переносятся отверстия с приготовленной заранее рейки. Чем лучше и аккуратнее приготовлена рейка для разгонки, тем точнее и правильнее окажется размечаемый шов детали.

Для разnosки центров отверстий рейкой ее прежде всего тарируют, т. е. наносят на нее самую те промежутки между центрами отверстий,

какие необходимы по чертежу. Для того, чтобы рейкой можно было точно разнести центры дыр на отдельные сопрягающиеся части, чтобы с неправильно приготовленной рейки не испортить и не запороть всю размечаемую конструкцию, ее следует всегда не только тщательно изготовить, но и не менее тщательно проверить после изготовления и перед употреблением.

Обычно ответственные рейки заблаговременно заготавливаются на разбивочном плазе плазовыми разметчиками. В разметочной мастерской тарируются только рейки, имеющие своим назначением разноску дыр исключительно в пределах размечаемой детали.

Тарировка рейки происходит при помощи циркуля и масштабной линейки теми способами и приемами, что описаны выше, или при помощи реечного делителя (рис. 36), если длина интервала, в котором будет производиться тарировка, не велика (не свыше 1,5 м) и промежутки между центрами дыр всюду равны.

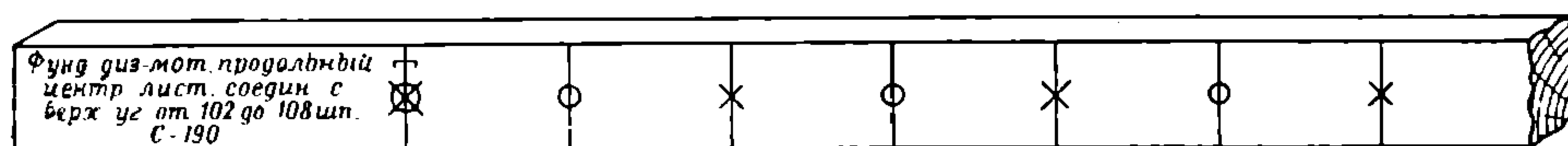


Рис. 69.

Для тарировки рейки при помощи реечного делителя на ней первоначально наносятся места обязательных дыр, после чего ее укладывают на стол делителя и устанавливают передвигающую раму со струнами. Нанесенные точки соединяют под угольник с кромками рейки цветным карандашом. Если размечаемая деталь будет иметь двухрядный шов в шахматном порядке, то промежутки делятся еще пополам и отмечаются прямыми линиями другого цвета. Полученные засечки надо выделить таким образом, чтобы при пользовании рейкою можно было сразу видеть, какие отметки необходимы для первой риски и какие для второй (рис. 69). Для этого, независимо от цвета засечек, на прямых, обозначающих центры отверстий крайней риски, ставятся крестики, а на прямых, обозначающих центры отверстий второй риски, — кружки. Для выделения центров обязательных дыр на рейке ставится значок, изображающий букву Т, что указывает на то, что через данную точку риски проходит риска другого шва, к нему перпендикулярная. При пересечении двухрядного шва с однорядным это показывается тем, что на пересекающейся риске будут две обязательные дыры, расположенные одна за другой в цепном порядке, и поэтому на такой прямой будут стоять и крестик и кружок. Такие пересечения встречаются особенно часто в судостроении и могут образовываться пересечением шва паза со швом шпангоута или стыка со швом стрингерного угольника на листах наружной обшивки и т. д.

На каждую рейку можно наносить отметки с каждой стороны, но для того, чтобы в дальнейшем не путать и не забывать, для каких швов и какого места судна сделана рейка, ее необходимо надписывать таким образом, чтобы лицо, не участвующее в приготовлении рейки, могло свободно ориентироваться в ее назначении и местонахождении. Надписи должны быть сделаны четко химическим карандашом и помещаться все на одном ее конце, чтобы при розыске нужной стороны не метаться зря с одного конца рейки на другой, что бывает весьма затруднительно при ее больших длинах. То же самое необходимо сказать и относительно хранения реек. Они

должны укладываться в предназначенном для них месте таким образом, чтобы все надписи были на одном конце.

Иногда на рейках при разноске засечек изображают те препятствия, которые будут проходить заклепочный шов, в виде угольников и тех толщин, которые находятся между ними. Изображение препятствий для большей наглядности растушевывается цветными карандашами. На нанесенных угольниках прорезаются соответствующие риски, которые являются обязательными центрами дыр и от которых уже начинается тарировка рейки. Все пересекающие разгоняемый шов риски должны быть обозначены на рейке соответствующими названиями.

Имея размеченную рейку и металл с соответствующими рисками заклепочных швов, приступают к непосредственной разгонке дыр. Для этого рейку помещают между обязательными дырами по риску заклепочного шва тарированной стороной перпендикулярно к плоскости металла и переносят с нее на поверхность чертилкой обозначенные на рейке засечки. Этой же рейкой отмечают и остальные, соприкасающиеся между собой швы размечаемой детали.

Разгонка дыр по шаблону является более простой операцией, чем две предыдущие. Шаблон, как указывалось ранее, изготавливается по данным плаза или чертежа и имеет, кроме необходимых геометрических очертаний контура, также высверленные дыры. В случае, если шаблон изготовлен из дерева или металла, разгонка дыр производится центровым керном, способ употребления которого уже описан ранее. В случае, если шаблон сделан из бумаги или картона, то разгонка центров дыр производится простым кернером, который устанавливают острием на бумагу или картон. Ударом молотка кернер, пробив шаблон, оставляет след на поверхности металла.

Разгонка дыр шагомером. Разгон центров дыр при помощи шагомера (рис. 35) является делом простым и несложным. Все арифметические действия, необходимые при разгонке дыр при помощи циркуля и масштабной линейки, здесь совершенно отсутствуют. Точность разгонки при употреблении шагомера значительно выше, чем при других способах, и весь процесс не содержит в себе того количества операций, что предыдущие. При пользовании шагомером необходимо только знать величину шага или число заклепок, заключающихся в данном промежутке между обязательными дырами. При его употреблении происходит сбережение времени примерно на 60—80% по сравнению с временем, затрачиваемым на эту же операцию описанным выше способом.

Пример. Задана длина шва и количество заклепок на нем. Найдя центры обязательных дыр, устанавливают шагомер правым средним отверстием в центр одной обязательной дыры и центром звена, равного числу заданных заклепок, в центр другой. Зажав плотно на масштабной линейке стопорную гайку, засекают чертилкой на риске засечки через центральные отверстия промежуточных звеньев шагомера. Зажатый на стерженьке движек укажет точно по масштабной линейке величину засеченного шага.

Пример. Заданы шаг заклепочного шва и длина шва. Растягивают шагомер по шкале на величину заданного шага и устанавливают его одним центром в центр одной обязательной дыры, а вторым, в другой и, увеличивая или уменьшая растяжку (в случае не точного совпадения взятого шага с вторым центром обязательной дыры), автоматически делят данное расстояние на требуемый шаг, лежащий в интервале, указанном чертежом. Зажав растяжку шагомера, делают на риске засечки.

При двухрядном шве при цепном расположении заклепок разгон центров отверстий производится совершенно аналогично, как и при однорядном, с той только разницею, что, разогнав дыры на одной риске, разгоняют их затем той же растяжкой на другой.

При шахматном порядке разгон центров дыр производят таким образом. Разогнав шагомером основную риску, снимают со стерженька масштабную линейку с движком, поворачивают вниз на 90° и надевают ее прорезью на такой же стерженек, впаянный в нижнюю заклепку. Чтобы не изменить при этом величины всей растяжки шагомера, его плотно зажимают винтом. Затем ставят его теми же отверстиями, что и раньше, на вторую риску и передвигают движек по линейке до пересечения с ней, где и делают засечку по его вырезу. Полученная таким образом засечка будет находиться

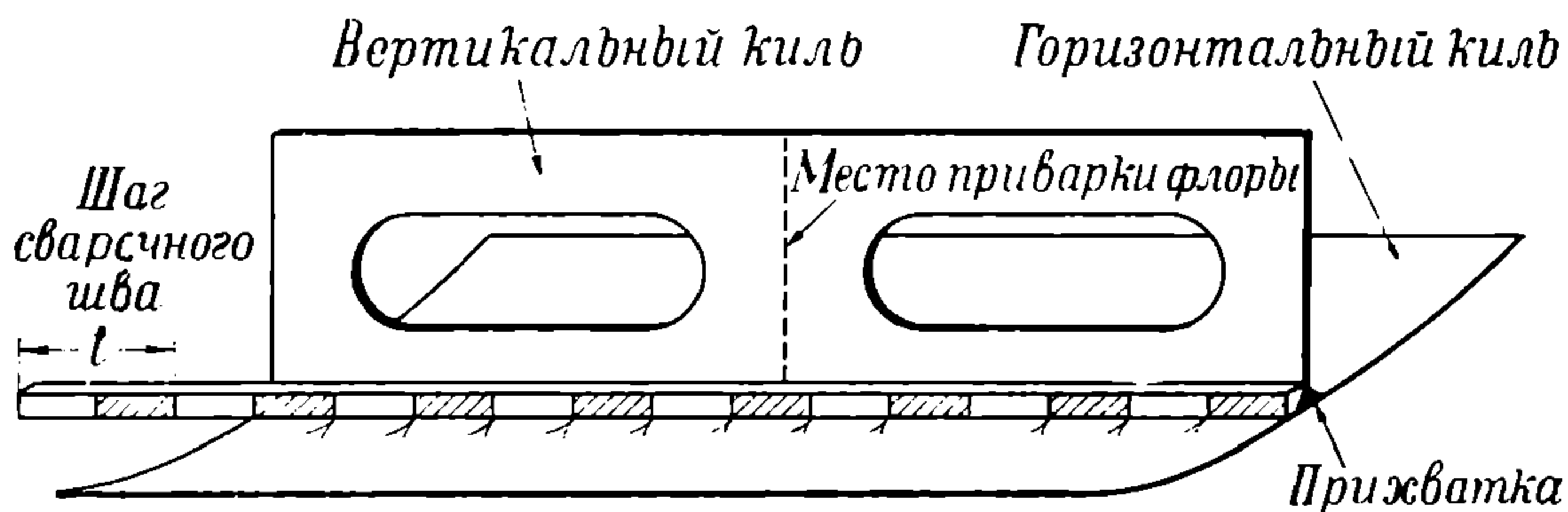


Рис. 70.

строго геометрически посередине между двумя центрами первой риски и явится первым обязательным центром на второй. Установив растянутый шагомер на вновь полученную точку второй риски, засекают ее чертилкой по его центрам.

При трехрядном шве разгонка не представляет собой ничего нового и производится так же, как и для двухрядного.

Разгонка дыр во всем процессе разметки занимает в котло- и судостроении исключительно много времени, и наметившийся переход от соединения отдельных частей между собой заклепками — сваркой несомненно ускорит производство разметочных работ. Сварные конструкции, не требуя при своей разметке накернивания центров дыр, избавляют разметочную мастерскую от того невероятного шума, который происходит при этой операции при разметке клепаных деталей, что в свою очередь повышает производительность труда и способствует лучшей работе разметчиков. Однако было бы преждевременно считать, что переход на сварку целиком уничтожает всю операцию разгонки отверстий. Сварные конструкции при тавровом соединении в особенности требуют новой операции — разметки шага прерывистого шва, который в отличие от последовательности разметочных работ происходит много спустя после геометрической разметки и начинается при сборке и сварке деталей. После прихватки одной детали к другой при помощи рейки на металле намечаются риски заполнения шва наплавным металлом. Обычно эта работа по своему содержанию и назначению отходит от профессионалов-разметчиков и выполняется сварщиками.

На рис. 70 представлен способ нанесения на поверхность металла рисок прерывистого шва.

После того, как мелом и чертилкой нанесены на размечаемый металл линии, определяющие требуемую геометрическую форму и риски заклепочных швов с разгонкой на них центров отверстий и удостоверена их правильность и согласованность с указаниями чертежа путем проверки, приступают к следующей операции, носящей название маркировки.

Маркировка производится при помощи прокернивания необходимых рисок и условного раскрашивания размеченного металла. Эта операция имеет задачу сохранить уже размеченный металл на более продолжительное время для последующей его обработки, так как нанесенные при разметке линии и знаки, пылясь и загрязняясь от иногда долгого лежания в мастерской или под открытым небом в ожидании своей очереди обработки, становятся невидимыми и уничтожаются.

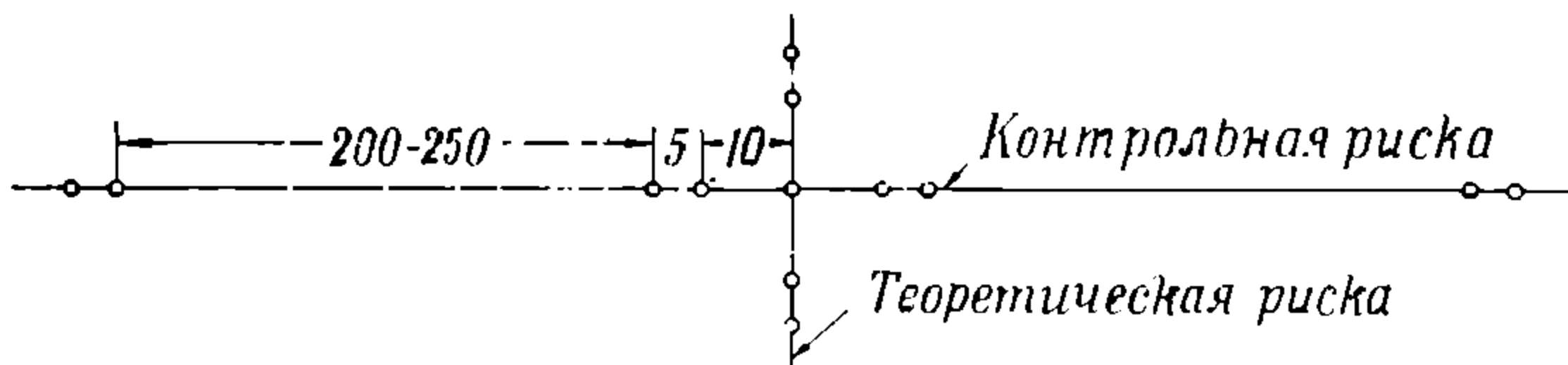


Рис. 71.

Накернивание заключается в том, что существующие риски покрываются рядом углубленных точек, получаемых от удара молотка по кернеру, стоящему своим концом на риске или засечке заклепочного шва.

Набивку производят аккуратно по рискам и засечкам, так как точность обработки детали в большинстве случаев зависит от точности самой разметки. Кроме того набитые в определенном порядке и сочетании точки служат также и показателем тех или иных производственных процессов, пройдя которые, металл получает необходимую для установки и сборки отделку и форму.

Каждое предприятие имеет свои условные знаки при разметке, но в общем все они примерно одинаковы и между собой разнятся лишь незначительно. Рассмотрим те условные обозначения, которые наиболее распространены среди разметчиков.

Осевая (теоретическая и контрольная) риска набивается на листе лишь тогда, когда деталь по каким-либо техническим причинам не должна сразу обрабатываться и быть, таким образом, окончательно размеченной. Набивают осевые риски также, и тогда, когда по условиям установки детали на свое место они являются источником оценки правильности установки при последующей проверке. Обозначаются они накерниванием двух близко лежащих точек с расстоянием между собой в 200—250 мм, как это изображено на рис. 71.

Пересечение осевых рисок между собой отмечается следующим образом. Кернер набивается в точке их пересечения, а на каждой из пересекающихся рисок ставятся две точки, одна на расстоянии 10 мм от центральной, а другая на расстоянии 15 мм от первой, как показано на рис. 72.

Обрез и кромки размеченного материала показываются точками, которые отстоят друг от друга на расстоянии 40 мм. На углах или

закруглениях кернеры набивают гуще, т. е. с интервалами в 10—15 мм. Это показано на рис. 72.

Кромки вырезов в листах накерниваются чаще, чем внешние кромки или обрезы, и расстояния между кернерами колеблются в промежутке от 20 до 30 мм. На закруглениях вырезов интервалы между точками такие же, как и вообще на закруглениях, т. е. 10—15 мм. Риски закруглений, очерченные по радиусу, должны иметь накерненный центр,

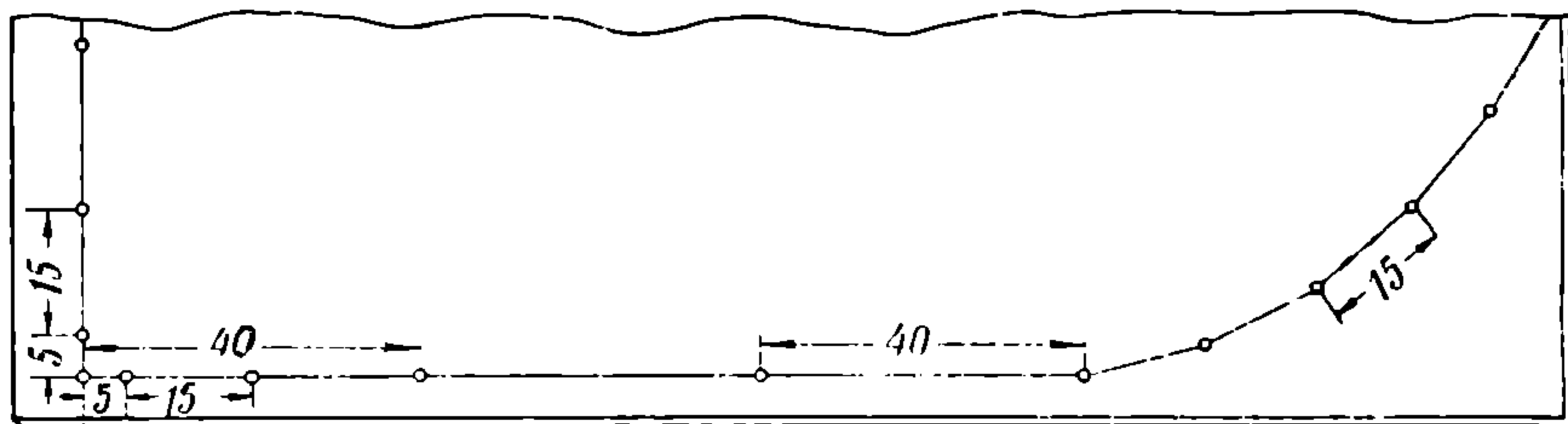


Рис. 72.

из которого описывалась образующая закругленного обреза риска для установки на нем центра комара пуансона при проколке выреза. Это обозначение представлено на рис. 73.

Центр дыр заклепок накернивается одной точкой. Кроме этого в эту точку устанавливается контрольный кернер, который после удара

оставляет вокруг точки след окружности, показывающей диаметр отверстия при изготовлении дыр.

Выдавленная в металле окружность контрольного кернера является исходным пунктом суждения о правильности изготовления отверстий. В процессе изготовления отверстий возможны появления следующих признаков,

позволяющих судить о правильности сверловки или проколки дыр (рис. 74):

1) Дыра не имеет вокруг себя следов окружности, оставленной контрольным кернером (а).

2) Дыра имеет вокруг себя полный след всей контрольной окружности (b).

3) Дыра имеет след выдавленной окружности в форме полумесяца (с).

Разбирая эти признаки, видим, что дыра изготовлена правильно только в первом случае, тогда как во втором — отверстие сделано меньшего диаметра, чем показано контрольным кернером, и в последнем — центр сверла или комара пуансона не попал в накерненный центр заклепочного отверстия.

Когда под руками нет подходящего диаметра контрольного кернера, след контрольной окружности прочерчивают циркулем. Из накерненного центра заклепки очерчивают окружность соответствующего диаметра и набивают на ней в равных расстояниях друг от друга 4 точки, которые и служат указанием границ будущей дыры (рис. 75).

Если вокруг центра (кернера) заклепочной дыры отсутствует оттиск контрольной окружности, то прокалывать дыру прессовщик не станет, ибо принято, что в этом месте дыра будет изготавливаться при сборке на месте.

Когда деталь имеет несколько сопряженных частей, соединяемых вместе одной заклепкой, или же когда она будет точно пригоняться и выверяться при сборке, диаметр дыр заклепок при накернивании контрольным кернером уменьшается разметчиком на 2—3 мм для предварительной (черновой) сверловки или проколки. По окончании сборки эти дыры перед клепкой уже на месте увеличиваются специальными сверлами — развертками — до требуемого диаметра.

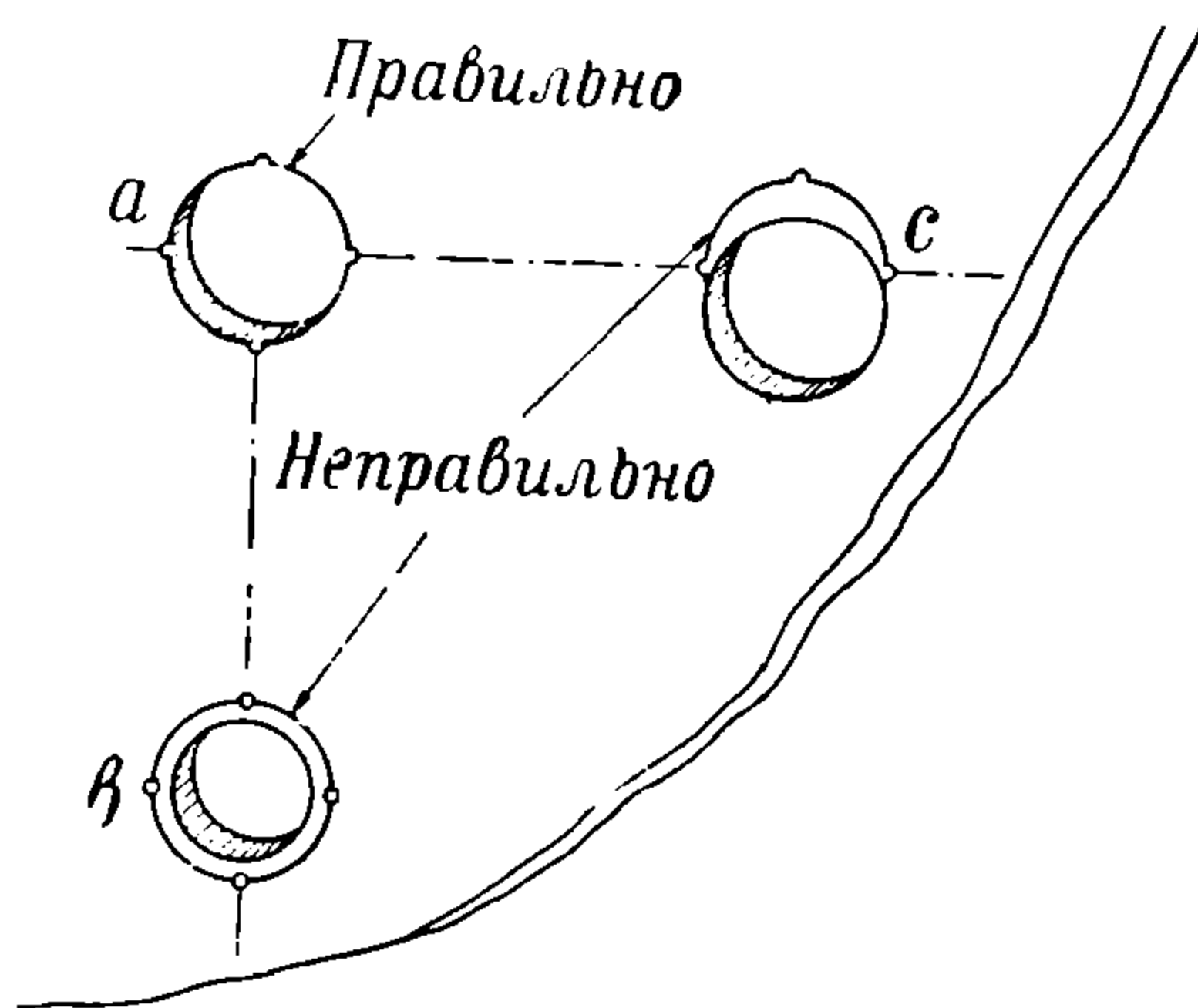


Рис. 74.

Кроме вышеупомянутого, это диктуется еще тем соображением, что запас в 2—3 мм позволит в случае необходимости при сборке произвести перемещение центров заклепок в ту или иную сторону на 2—3 мм. При рассверловке дыр на месте эти неувязки будут уничтожены, и ось заклепки всегда будет стремиться пройти через центры всех заклепочных отверстий и уменьшить таким образом их общую сдвинутость.

При изготовлении дыр проколкой диаметр отверстия необходимо уменьшить еще и потому, что классификационные общества, под наблюдением которых находится строящееся судно, предусматривают после проколки дыр их обязательную рассверловку для уничтожения наружного слоя металла, который во время процесса давления потерял свои механические качества и сделался жестким и хрупким. Последующая рассверловка проколотой дыры на 2—3 мм уничтожает, во-первых, полученную во время давки конусность и, во-вторых, дает металл стенок дыры той же структуры и прочности, что и остальной материал. Стоимость изготовления дыры таким способом обходится дешевле, чем непосредственно сверлением. Этот способ, благодаря скорости и дешевизне, нашел широкое применение на многих судостроительных предприятиях.

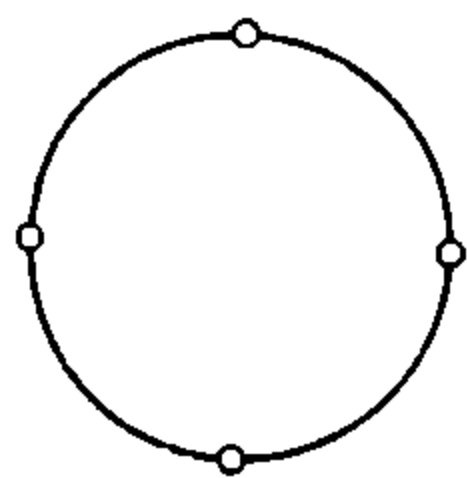


Рис. 75.

Линии перегиба листа обозначаются группами точек по три кернера с интервалами между ними в 200—300 мм. На небольших пространствах гибки рекомендуется ставить две группы точек на равных расстояниях от обреза листа в 50—100 мм, с тем, однако, чтобы расстояние между ними не было более 500 мм. Когда расстояние превышает эту цифру, необходимо поставить еще промежуточную группу точек (рис. 76).

При холодной гибке материала, т. е. без его предварительного нагрева, нужно опасаться производить глубокие и частые углубления точками хрупкого металла, так как при гибке под прессом в этих местах появляются трещины и материал из-за этого портится и бракуется.

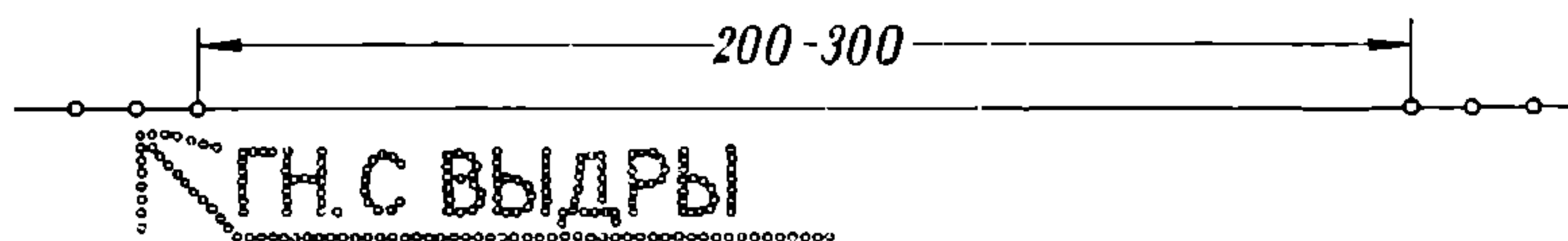


Рис. 76.

При горячей обработке этого можно не опасаться и накернивать точки следует как обычно, ибо появляющаяся при нагревании окалина делает их плохо видимыми и создает затруднения в работе. Накернивая линии перегиба, необходимо показать, в какую сторону происходит гибка. Если гибка

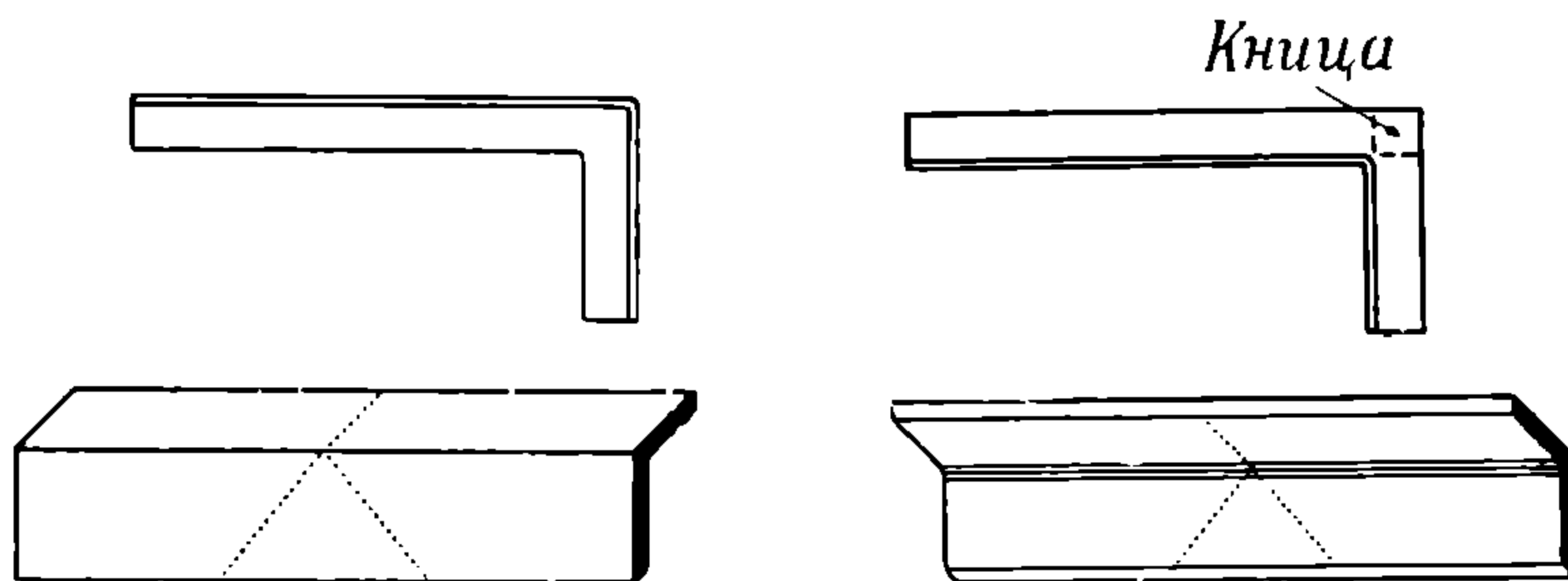


Рис. 77.

Рис. 78.

производится не в сторону размеченной поверхности детали, то накернивают стрелку, упирающуюся своим концом в группу точек, обозначающих линию перегиба с надписью: „гнуть с лица“. Когда же гибка происходит в сторону, на поверхности которой имеется разметка, то накернивают стрелку и набивают „гнуть с выдры“

Обозначая гибку углового материала, различают два случая.

1) Угольник гнется полкою внутрь, т. е. имеет заварные углы, как это показано на рис. 77.

2) Угольник гнется полкою наружу, т. е. в растянутую его полку вваривается кница одинаковой толщины с толщиной полки угольника так, как это изображено на рис. 78.

При заварных углах риски накерниваются на внешних сторонах полков угольника, при наварке же кницы — на внутренних. При набивке кернеры ставятся на расстоянии 10—15 мм друг от друга.

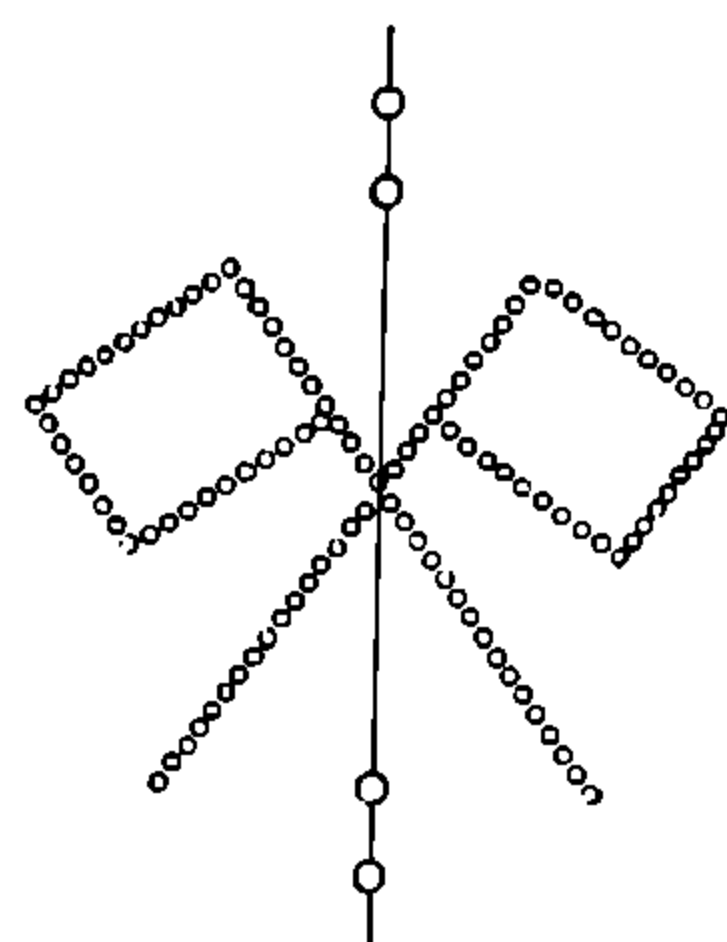


Рис. 79.

Риска, проходящая через ось симметрии (или в судостроении через диаметральную плоскость судна) или контрольная, от которой начинается геометрическая разметка, обозначается двумя пересекающимися флажками (рис. 79). Центр пересечения флажков должен проходить через выделяемую риску.

Обозначение обработки кромки. В настоящее время в связи с внедрением в котельное производство сварки особенно важное значение приобретает правильное обозначение характера обработки кромок металла. Обработка кромок может быть чрезвычайно разнообразна: кромку можно строгать, рубить, обрезать (на ножницах или горелкой) и пр. Однако по характеру соединения двух соседних деталей между собой, т. е. встык или внакрой, а также на заклепках или на сварном шве, каждый из этих видов обработки можно разбить еще на несколько видов. Например, для соединения листов встык кромку листа строгают так, как показано на рис. 80-а. При клепаном соединении внакрой кромка должна быть подготовлена к чеканке, для чего ее обрабатывают так, как показано на рис. 80-б и 80-в. Наконец, при соединении сварном при V-образном шве кромка должна быть прострогана, как показано на рис. 80-г и 80-д. Способ и характер обработки кромок металла набивают кернером вблизи стрелки, показывающей обрабатываемую кромку.

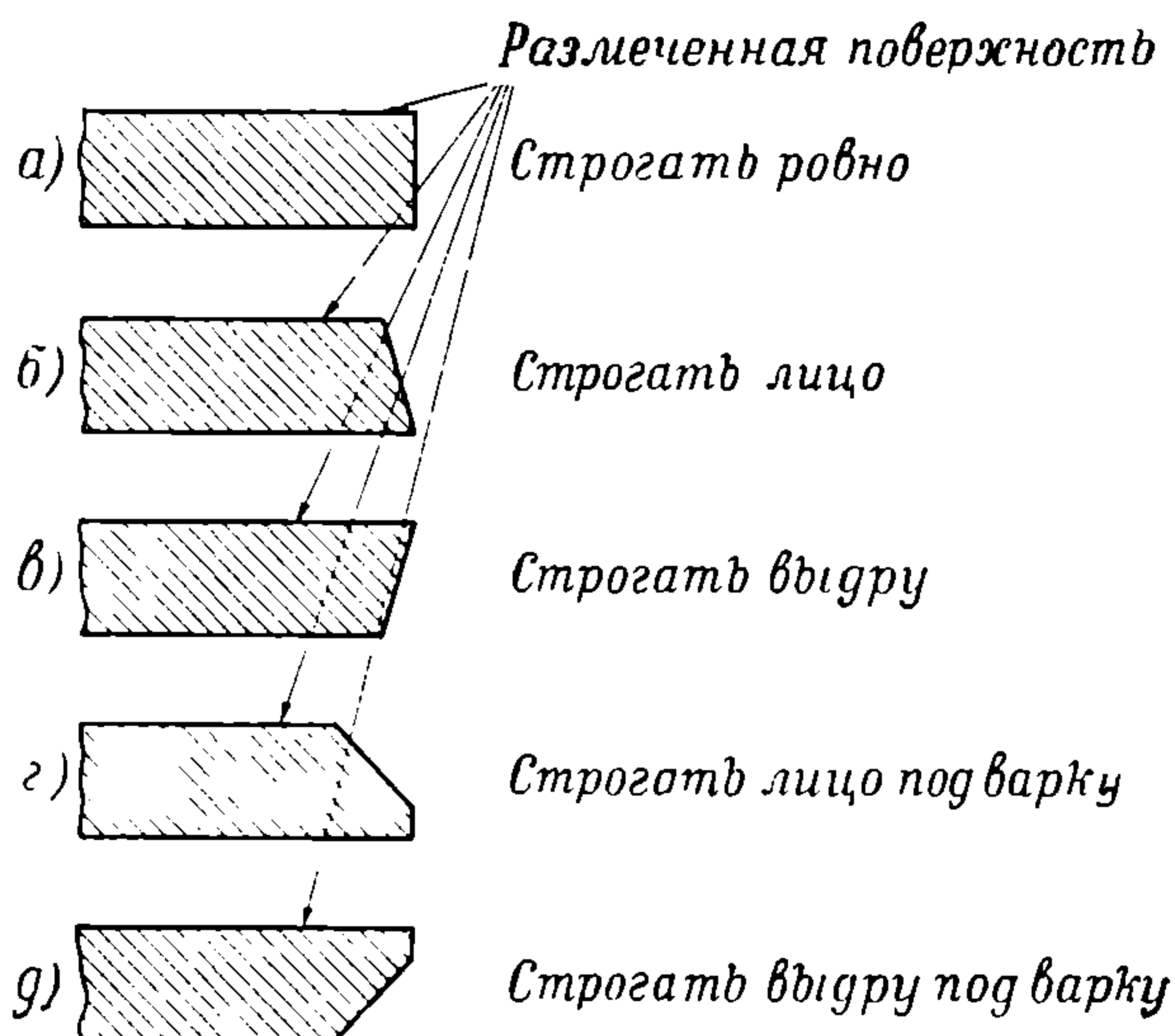


Рис. 80.

Окончив накернивание условными знаками металла, на размеченной детали набивают марку.

Марка — паспорт размеченного металла и служит указанием на принадлежность его к той или иной части, того или иного заказа. Набивают марку кернерами, четко выбивая нужные слова крупными буквами, чтобы легко можно было марку разобрать и прочесть.

Накерненная марка должна содержать в себе ответы на следующие пункты.

1) Общее название конструкции, для сборки которой пойдет маркируемая деталь.

2) Название самой детали.

3) Номер чертежа и марки его детали, по которому производилась разметка.

4) Номер и название заказа, для которого предназначается изготовленная деталь.

5) Марка заказа материала, находящегося под разметкой.

6) Количество одинаковых деталей.

7) Фамилия бригадира, под руководством которого происходила разметка.

8) Относительное положение и назначение детали в системе всей конструкции (набора корпуса), как то: номера шпангоутов, верх, низ, правый, левый, к центру, к борту, в нос, в корму и т. д.

Приведем пример марки размеченного листа фундамента под дизель-мотор судна.

Полное название марки	Сокращенное название
1) Фундамент дизель-мотора.	Фунд. Д. М.
2) Продольный лист к центру.	Прод. лист к центру.
3) Чертеж № 1428. Марка—2.	Чер. 1428. М—2.
4) Судно № 192.	С—192.
5) Марка заказа П—18.	П—18.
6) Количество—6 штук.	6 штук.
7) Фамилия бригадира: Цыганков.	Цыг-ов.
8) Относительное положение.	От 102 до 112 шп.

При маркировке для экономии рабочего времени все названия сокращаются, а номера шпангоутов кроме того набиваются не все, а через один, например, 102, 104, 106 и т. д.

Для лучшей видимости марку и накерненные точки обводят красками. Так марку и номера шпангоутов обводят одной сплошной линией, которая имеет форму четырехугольной рамки, кромки и обрезы — пунктиром, дыры одного диаметра в один сплошной обвод с указанием их диаметра и т. д.

При сборке сложной гнутой конструкции на сборочных дырах все размеченные отверстия, за исключением необходимых для сбалчивания, закрашиваются краской в виде креста. Кроме указания накерненными точками характера обработки размеченного материала, красками следует еще написать о той или иной обработке кромок металла, подчеркнув написанное чертой со стрелкой, направленной к поясняемой кромке, т. е. будет ли она строгаться „в угольник“, „в фаску“, „в ласку“ или просто грубо обрезаться под прессом или автогеном, будет ли зенковка „с лица“ или „с выдры“ и т. д.

Красками обозначают еще и обработку, не указанную условными знаками, как то: фланжировку и пр.

После окончания разметки иногда остается свободный кусок металла, могущий быть использованным. Тогда на свободной его поверхности пишут: остаток такому-то (указывают фамилию бригадира разметчиков). После резки, проколки или пережога автогеном помеченный остаток передается на стелаж бригады, сделавшей пометку о возврате и необходимости для дальнейшей разметки. В противном случае, в зависимости от размеров, материал отвозится с места обработки на свалку лома или на склад. На размеченном материале пишут крупными буквами номер судна или его название, или заказ, количество и фамилию бригадира.

В разметочной мастерской всегда ведется одновременно разметка металла на несколько заказов. Для того, чтобы легче и быстрее определить принадлежность размеченного металла к тому или иному заказу, для маркировки употребляют различные цвета красок, как то: белая, красная, зеленая, черная и другие. По цвету краски чрезвычайно просто и легко определяется тот заказ, для которого размеченная деталь предназначена, благодаря чему время, потребное для сортировки обработанного материала, идущего на сборку, значительно сокращается. Для быстроты маркировки размеченного металла, вместо накернивания цифр точками при помощи кернера, пользуются специальными цифровыми пуансонами, оставляющими после удара на поверхности металла следы цифр, которые так же долговечны, как и цифры, набитые кернером.

Каждая бригада разметчиков при маркировке готового материала красками в целях сбережения времени должна иметь несколько трафаретов наиболее ходовых слов для нанесения по ним марки. К таким наиболее ходким словам могут быть отнесены следующие.

- 1) Фамилия бригадира.
- 2) Номер заказа.
- 3) Характер обработки кромок.

Набивка точек, условных знаков и обозначений должна производиться кернером, имеющим острый конец.

Точки, обозначающие центр заклепочной дыры, после прокернивания контрольным кернером, должны быть еще пробиты тупым кернером, имеющим угол острия равным $116—118^\circ$, для быстрой и удобной установки центра сверла или центра пуансона при сверлении или его проколки.

ГЛАВА II.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОТЕЛЬНОЙ РАЗМЕТКЕ.

§ 9. ВИДЫ ЛИНИЙ, ФИГУР И ПОВЕРХНОСТЕЙ.

Разметчику приходится в своей работе иметь дело:

1) с *прямыми и кривыми линиями*, причем последние подразделяются на:

а) *правильные*, т. е. построенные по какому-нибудь точно выраженному закону и поддающиеся математическому определению, ¹⁾ и

б) *неправильные* — самых разнообразных очертаний, не поддающиеся математическому определению; различают также *плоские кривые*, т. е. такие, которые при наложении целиком совпадают с плоскостью, и *кривые двойной кривизны* (как например, винтовая линия), которые с плоскостью не совмещаются;

2) с *фигурами*:

а) *прямолинейными* — треугольник, четырехугольник и многоугольник и

б) *криволинейными* — круг, эллипс и т. п., как расположенными на плоскостях (плоские фигуры), так и на кривых поверхностях;

3) с *геометрическими телами*, ограниченными различными поверхностями.

По способу своего образования поверхности тел разделяются на:

а) *плоскую поверхность или плоскость*,

б) *цилиндрическую*,

в) *коническую*,

г) *шаровую или сферическую*,

д) *винтовую*,

е) *поверхности вращения вообще* и

ж) *неправильные кривые поверхности*.

а) *Плоскость или плоская поверхность* отличается тем, что любая прямая (например, кромка линейки), приложенная к ней в любом направлении и в любом месте, совпадает с нею во всех своих точках.

б) *Цилиндрическая поверхность* вообще образуется перемещением прямой линии (так называемой образующей цилиндра) параллельно самой себе по какой-либо кривой линии; в частности цилиндрические поверхности могут быть круговыми, эллиптическими, параболическими и т. д.

¹⁾ К ним относятся: дуги круга, очертания эллипса, параболы и гиперболы (так называемые конические сечения), винтовая и цепная линии и т. д.

Цилиндр называется круговым правильным, если он образован перемещением прямой по кругу, причем он может быть прямым, если его образующая перпендикулярна к основанию, или косым (наклонным), если она наклонна.

в) Коническая поверхность получается перемещением прямой образующей по какой-либо кривой линии, если эта образующая закреплена в одной из своих точек таким образом, что точка эта, не имея сама никаких перемещений, не препятствует образующей перемещаться по любому очертанию.

Конусы называются круговыми, эллиптическими и т. п. в зависимости от того, какую кривую (фигуру) представляет собою сечение плоскостью, перпендикулярной к оси конуса. Кроме того различают прямые конусы, если ось перпендикулярна к основанию, и косые — если эта ось наклонна.

г) Шаровая или сферическая поверхность представляет собой поверхность, образуемую вращением дуги круга вокруг одного из диаметров последнего, на постоянном расстоянии от этого диаметра.

д) Винтовая поверхность получается при перемещении прямой или кривой образующей таким образом, что одна ее точка двигается по самой винтовой линии, а другая скользит по ее оси, причем образующая в каждом своем положении сохраняет свой наклон к оси винтовой линии и находится в плоскости, совпадающей с осью вращения.

е) Поверхности вращения вообще образуются вращением вокруг какой-либо оси прямых или плоских кривых (или фигур).

ж) Неправильные кривые поверхности описываются произвольным движением образующей в пространстве и не поддаются математическому определению.

Так как разметчику приходится иметь дело со всеми перечисленными геометрическими элементами, то на вопросах построения линий, фигур и тел и действий с ними следует прежде всего подробно остановиться.

§ 10. ДЕЙСТВИЯ НАД ПРЯМЫМИ ЛИНИЯМИ.

Особенности разметочного черчения. В виду того, что при разметке приходится иметь дело в большинстве случаев с линиями больших длин и что самая расчерчиваемая поверхность редко бывает безукоризненной, здесь неприменимы некоторые приемы, широко распространенные при обычном техническом черчении.

Восстановление перпендикуляров, проведение параллельных линий и т. п., легко осуществляемое в чертежном бюро с помощью рейсшины и угольника, при разметке должно производиться путем соответствующих геометрических построений. В равной мере, например, и при построении углов разметчик лишь в исключительных случаях пользуется транспортиром и, как правило, должен прибегать к точному геометрическому построению.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся приемы разметочного черчения, применяемые в отношении прямых и кривых линий и углов, и приведем те задачи на построение, которые каждому разметчику приходится решать в своей повседневной практике.

Сложение и вычитание отрезков прямых. Если на данной прямой нужно отложить один за другим несколько отрезков, то надо сложить длины этих отрезков и, взяв их сумму делительным или штангенциркулем с масштаба или рулетки, перенести ее на данную прямую. Так как в обыч-

ных случаях разметки при пользовании для снятия размера с рулетки или масштаба обычным разметочным инструментом при любом раздвиге ножек циркуля всегда возможна ошибка (неточность измерения) до 0,1 мм, то при многократном повторении этой операции ошибки эти в огромном большинстве случаев слагаются, суммируются. Объясняется это тем, что, как показали наблюдения, одному человеку свойственна склонность делать ошибку преимущественно в одну сторону, т. е., например, в сторону преувеличений, а другому — в другую, т. е. в сторону преуменьшений.

В тех случаях, когда слагаемые отрезки должны быть точно обозначены на данной прямой, лучше всего пользоваться измерительным штангенциркулем с нониусом, дающим точность измерения до 0,1 мм и имеющим острые ножки.

Нанесение на прямую длин отдельных отрезков или суммы делается следующим образом: в точке *A*, от которой надо отложить отрезок, ставят

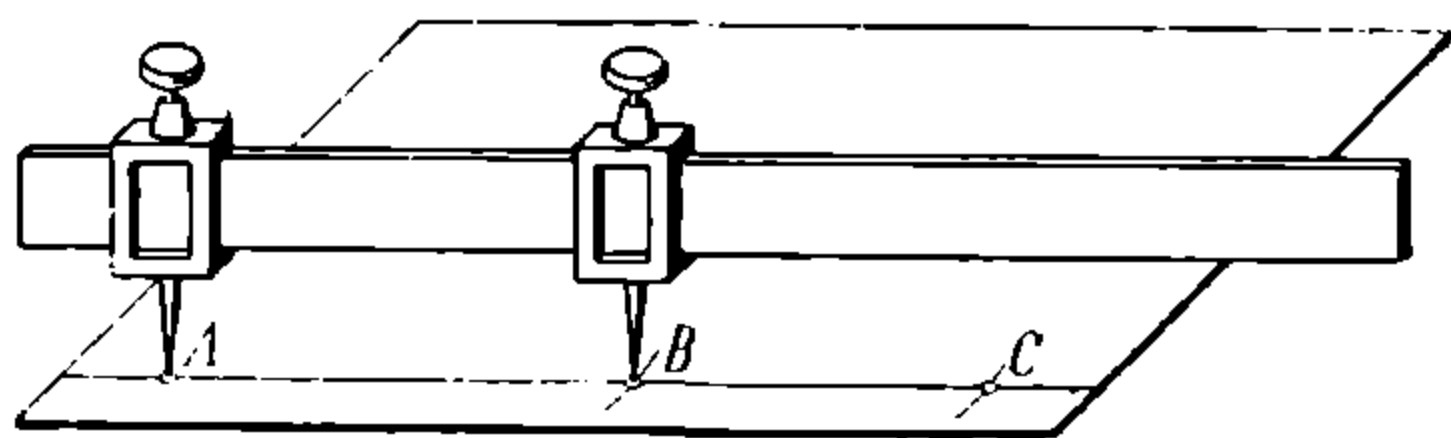


Рис. 81.

разметочное кернышко, затем одну ножку циркуля ставят острием в углубление керна, а другой ножкой, соответственно раздвинутой, засекают прямую короткой дугой *B* (рис. 81). От точки *B* — пересечения этой дуги с прямой — наносят длину следующего отрезка *BC* только что описанным приемом и т. д. Отложив все

отрезки, проверяют их суммарную длину рулеткой и, если она окажется неправильной, то повторяют то же построение, откладывая отрезки в другом порядке, затерев предварительно отметки, сделанные при предыдущем откладывании.

Деление отрезков прямых. а) Для деления данного отрезка прямой на две равные части, т. е. пополам, поступают следующим образом: по концам данного отрезка (рис. 82) ставят кернышки 1—2, затем берут циркуль и раздвигают его ножки так, чтобы они отстояли друг от друга на расстоянии, несколько большем (на-глаз) половины отрезка; поставив затем одну ножку циркуля (опорную) в один из кернышек 1, другой засекают *аа*; таким же способом из кернышка 2, как из центра, описывают тем же радиусом *бб*; соединив точки пересечения дуг между собою прямой *вв*, получим на прямой точку 3, делящую отрезок 1—2 пополам. Для большей точности построения следует брать раздвиг ножек циркуля равным, примерно, $\frac{2}{3}$ длины делимого отрезка, так как в этом случае дуги пересекаются почти под прямым углом (собственно говоря, касательные к дугам образуют почти прямой угол) и точка пересечения получается отчетливо видной.

В самом деле, если *x* — делимый отрезок (рис. 83), а *y* — касательные к дугам в точке пересечения, то $x^2 = 2y^2$, откуда:

$$y = \frac{x}{\sqrt{2}} \approx \frac{x}{1,5} \approx \frac{2}{3} x.$$

Однако надо заметить, что разметчики охотнее делят отрезки прямых на ощупь, т. е. берут раздвиг циркуля равным, примерно, половине отрезка, и из концевых точек его *A* и *B* засекают дуги (рис. 84), затем

поправляют раздвиг, один или — реже — два раза, пока дуги не пересекут прямую в одной и той же точке, которая и будет находиться на середине данного отрезка.

Очень часто деление отрезка еще более упрощают, а именно: по длине отрезка, подлежащего делению, растягивают рулетку так, чтобы O ее делений совпал с начальной точкой отрезка A ; затем отсчитывают по рулетке длину отрезка и в уме делят ее пополам. Соответствующее деление рулетки отмечают на прямой чертилкой и, передвинув рулетку нулевым делением на эту точку, проверяют лишь, равняется ли длина второй половины отрезка отмеченной длине первой половины.

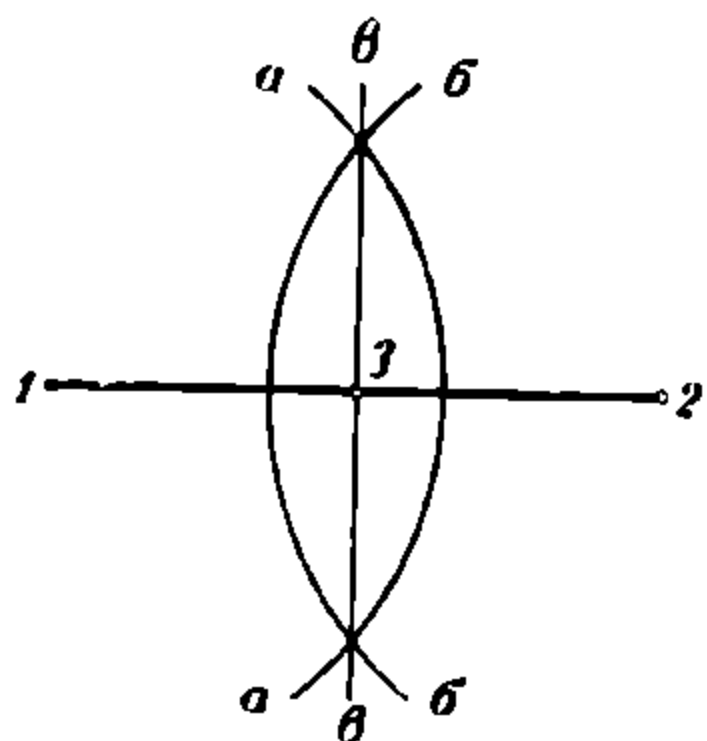


Рис. 82.

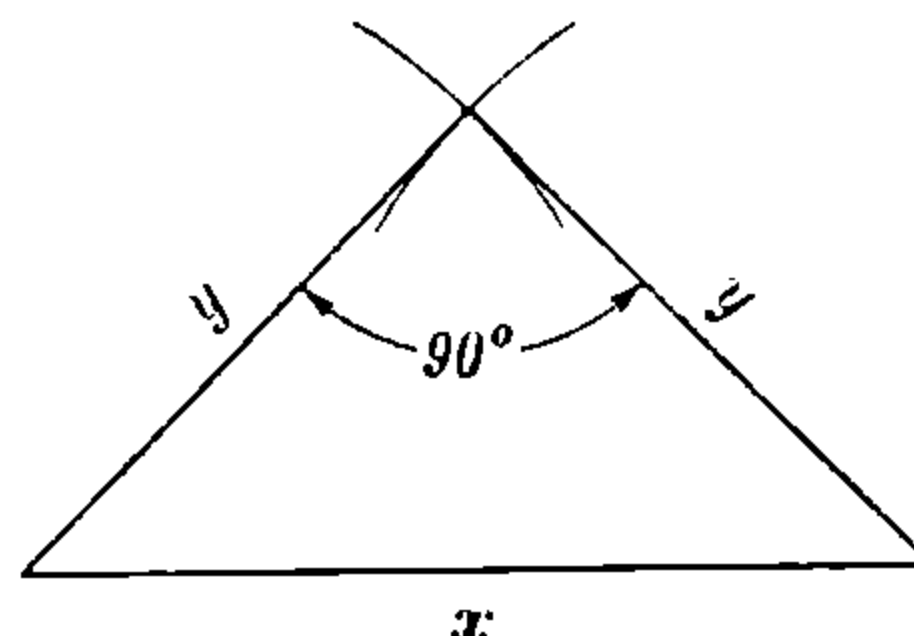


Рис. 83.

б) Деление данного отрезка прямой на три равные части производят так: поставив в точках A и B керны (рис. 85), берут раствор циркуля равным приблизительно одной трети отрезка AB и из () A вправо, как из центра, делают засечку C на прямой AB , причем в () C керна пока не ставят. Затем из () C вправо тем же раствором циркуля делают еще одну засечку на прямой и получают точку D и, наконец, из () B влево делают засечку на прямой, и если обе эти засечки не совпадут в () D , то повторно изменяют раствор циркуля до тех пор, пока не добьются совпадения обеих засечек в () D . После этого в точках C и D ставят керны, и в этих точках прямая AB разделена на 3 равные части. Другой способ деления прямой на 3 части сводится к делению по рулетке, подобно тому как это было описано выше в пункте а), только длину отрезка надо в уме разделить на три.

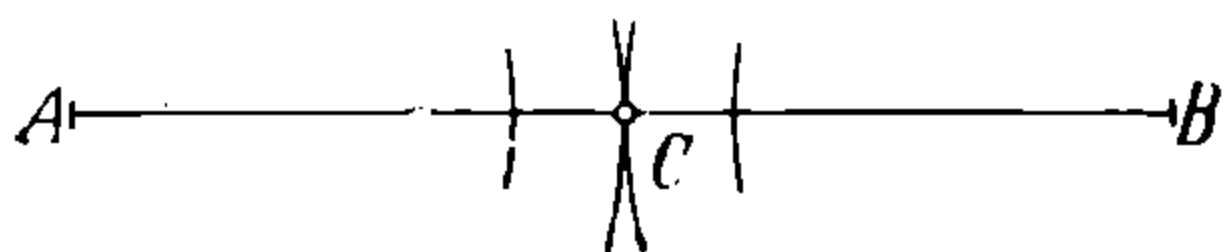


Рис. 84.

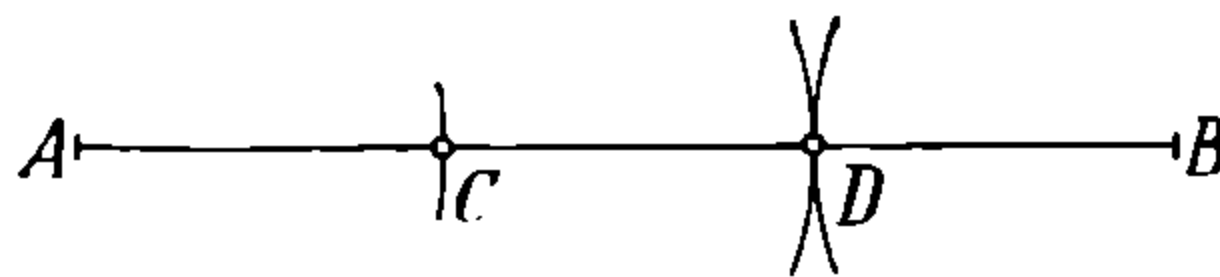


Рис. 85.

в) Для деления отрезка на 4, 8, 16 и т. д. равных частей, его делят указанным выше способом (п. а), сначала пополам, затем каждую половину опять пополам и т. д.

г) Деление отрезка на 5 равных частей ощупью уже затруднительно и требует много времени. Поэтому здесь применяется другой метод.

Измерив длину всего отрезка, вычисляют $\frac{1}{5}$ часть его и откладывают вычисленную величину циркулем от одной из концевых точек отрезка (в нашем случае от () B влево, как показано на рис. 86а). В полученной () C ставят кернышко и остальную часть отрезка делят на 4 части — одним из указанных выше приемов.

д) На 6 равных частей данный отрезок удобно делится, если сначала разделить его на 3 части, а затем каждую треть, в свою очередь, пополам.

е) Чтобы разделить данный отрезок на 7 равных частей, пользуются тем же методом, как и при делении на 5 частей, т. е. откладывают сначала от одной из концевых точек вычисленную длину одного деления, а остальную часть отрезка делят уже на 6 частей.

ж) При делении отрезка на 9 равных частей, его делят сначала на 3 части, а затем каждую треть еще на 3 части.

з) На 10 равных частей отрезок делят также в два приема: сначала пополам, а затем каждую половину на 5 частей способом, указанным в п. г.

и) При делении отрезков на число делений более 10, поступают различно, в зависимости от того, будет ли число делений четным или нечетным.

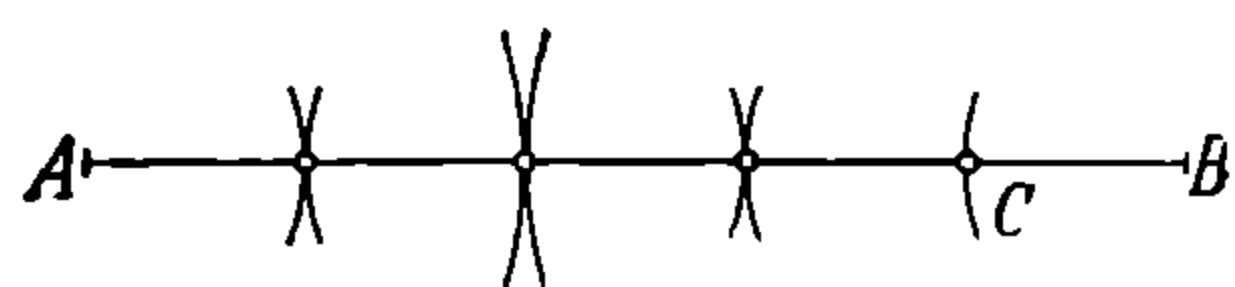


Рис. 86а.

В первом случае делят отрезок столько раз пополам, сколько это окажется возможным, а затем, каждую из полученных частей отрезка делят на столько делений, сколько оказывается нужным. Если, например, отрезок

надо разделить на 168 равных делений, то удобнее всего с этой целью разложить число делений на множители, каковые и укажут порядок деления. Так как в нашем случае $168 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 7$, то ясно, что наш отрезок надо разделить сначала последовательно три раза пополам, затем каждую восьмую часть его на 3 части и, наконец, каждую из полученных частей ($1/24$) на 7 частей.

Во втором случае смотрят, не кратно ли заданное число делений трем, и если это так, то делят отрезок столько раз на три, сколько это возможно, а полученные остатки на столько частей, сколько нужно. Например, при делении на $171 = 3 \cdot 3 \cdot 19$ мы видим, что наш отрезок надо дважды разделить на 3 части и каждую из полученных двумя делениями частей, в свою очередь, на 19 делений. Если же нечетное число делений таково, что оно не кратно трем, то его приводят к четному числу и затем поступают, как было указано выше (для четных чисел). Так, например, если надо разделить данный отрезок на 127 делений, то вычисляют величину одного деления и откладывают его на прямой, удлиняя или укорачивая отрезок на это деление, и затем делят полученную длину на четное число делений — 126 или 128.

При решении вопроса о том, удлинить ли данный отрезок на одно деление или укоротить его, руководствуются соображением о том, в каком из этих случаев может быть быстрее и точнее произведено деление: так как $126 = 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7$, а $128 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$, то, принимая во внимание, что в первом случае придется дважды производить деление на 3 части (что довольно кропотливо) и 18 отрезков делить на 7, что еще труднее, а во втором случае придется каждый раз делить получаемые отрезки только пополам, то ясно, что выгоднее остановиться на числе 128, так как в этом случае деление производится очень удобно и, главное, точно.

При делении на небольшие нечетные числа, в пределах от 7 до 23, можно пользоваться также и следующим графическим способом (рис. 86б). Пусть нам нужно отрезок AB разделить на произвольное число — четных или нечетных — делений m . Проведя из () A (или B — безразлично) под

произвольным острым углом линию AC , отложим на ней произвольным раздвигом циркуля m равных делений; полученную $()C$ соединим с B и через точки делений линии AB — $a, b, c \dots$ проведем линии aa', bb', cc' параллельно CB ; тогда в точках $a' b' c' \dots$, пересечений этих параллелей с линией AB , последняя окажется разделенной на m равных делений.

Так как проведение линий $aa', bb', cc' \dots$ с помощью линейки и чертежного треугольника при разметочных работах неудобно, то приходится прибегать к геометрическому построению, заключающемуся в следующем.

Из $()n$ (рис. 86а), ближайшей к C , как из центра, описывают дугу, касательную к CB , несколькими пробами подобрав ее радиус; затем из $()B$ тем же радиусом засекают дугой прямую AB и получают $()n'$:

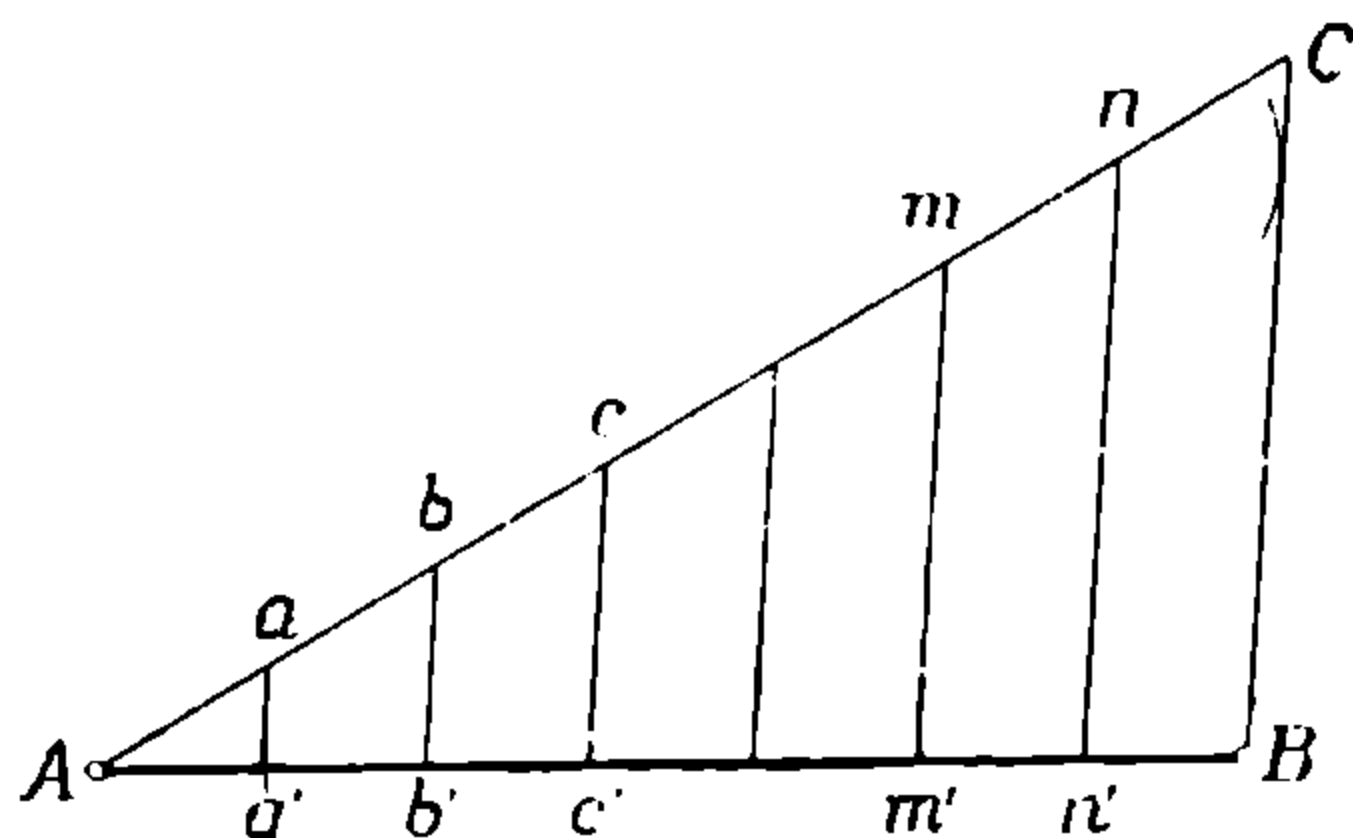


Рис. 86б.

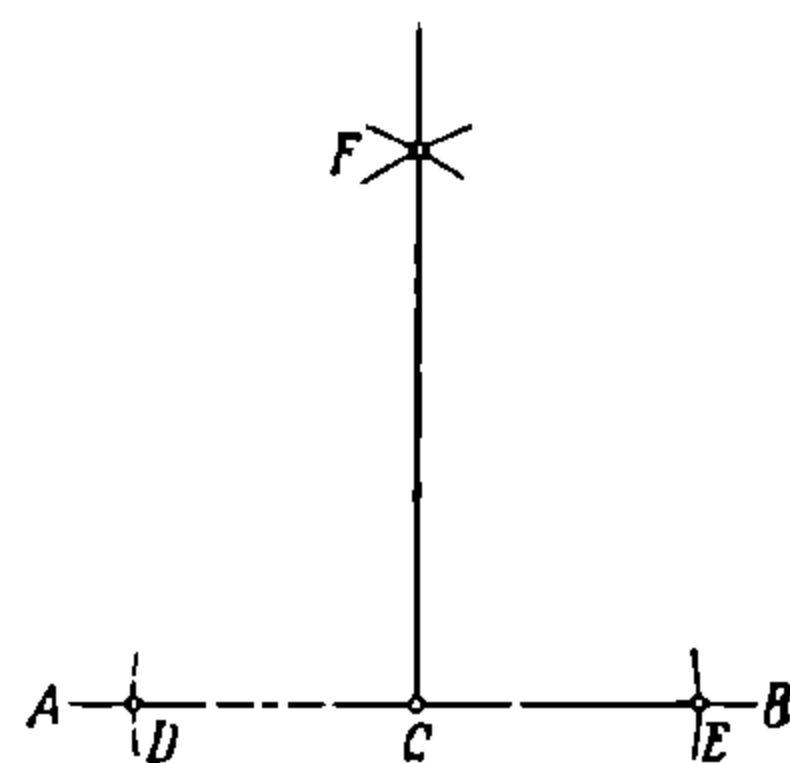


Рис. 87.

из $()n'$ тем же радиусом вновь засекают дугу и получают $()m'$. Повторяя это построение до получения последней $()a'$, мы в точках $a', b', c' \dots m'$ и n' разделим отрезок AB на n равных частей, так что $Aa' = a'b' = b'c' = \dots = m'n' = n'B$.

Правила назначения числа делений. Точность деления отрезков прямых на равные части имеет весьма существенное значение для разметочных работ, и конструктору при назначении числа делений на определенной длине следует всегда иметь в виду это соображение, стремясь к тому, чтобы указываемые на чертежах числа делений были, по возможности, всегда кратны 2 или 3, и избегая чисел, кратных 5, 7, 11, 13 и другим простым числам (не имеющим делителей), представляющим большие трудности для точной разметки, от которой в значительной степени зависит не только успешность сборочных работ, но и само качество изделий.

Поэтому наиболее удобными для разметки числами делений являются следующие:

2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 27, 32, 36, 48, 54, 64, 72, 81, 96, 108, 128, 144, 162, 192, 216, 243.

Этих чисел конструктору следует, по возможности, придерживаться.

Перпендикуляры. Укажем решения наиболее типичных задач, относящихся к перпендикулярам.

Задача 1. Восстановить перпендикуляр к данной прямой в любой из ее точек (рис. 87).

В точке C ставят кернышко, затем любым раздвигом циркуля засекают из $()C$, как из центра, две дуги D и E . В точках D и E также ставят кернышки и, раздвинув произвольно ножки циркуля, проводят дуги F ; соединив $()F$ с $()C$, получим искомый перпендикуляр.

Задача 2. Из конечной точки отрезка прямой восстановить к ней перпендикуляр (рис. 88).

1-й способ. Из () A , как из центра, поставив предварительно кернышко, произвольным радиусом описывают $\smile CD$ и тем же радиусом AC из () C засекают ее в () D . Проведя затем через точки C и D прямую CF и поставив в () D кернышко, засекают прямую CF в () F дугой, описанной из () D радиусом AC . Соединив полученную () F с () A , получают искомый перпендикуляр.

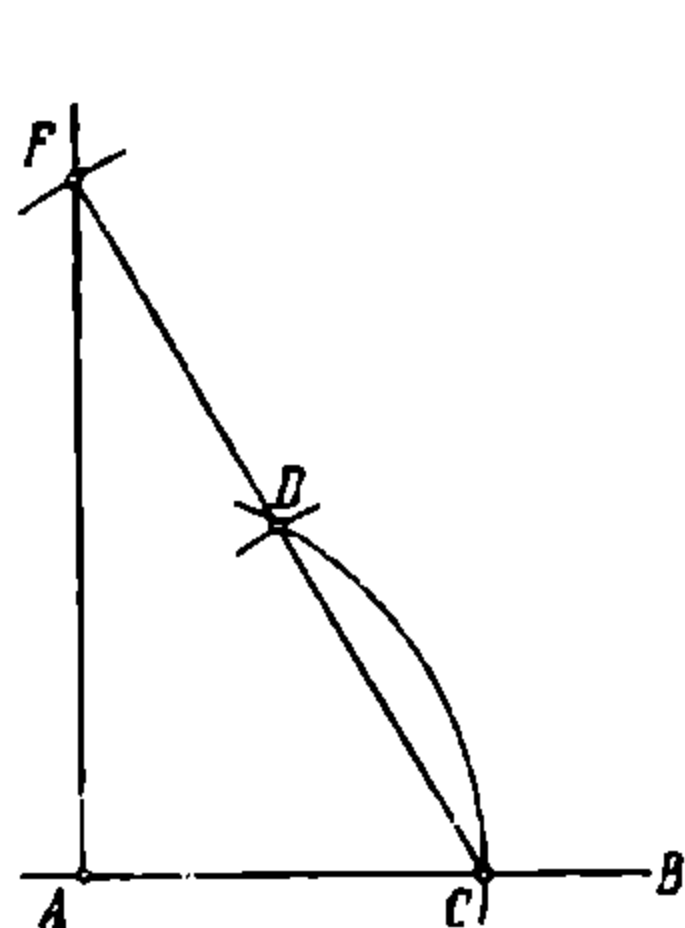


Рис. 88.

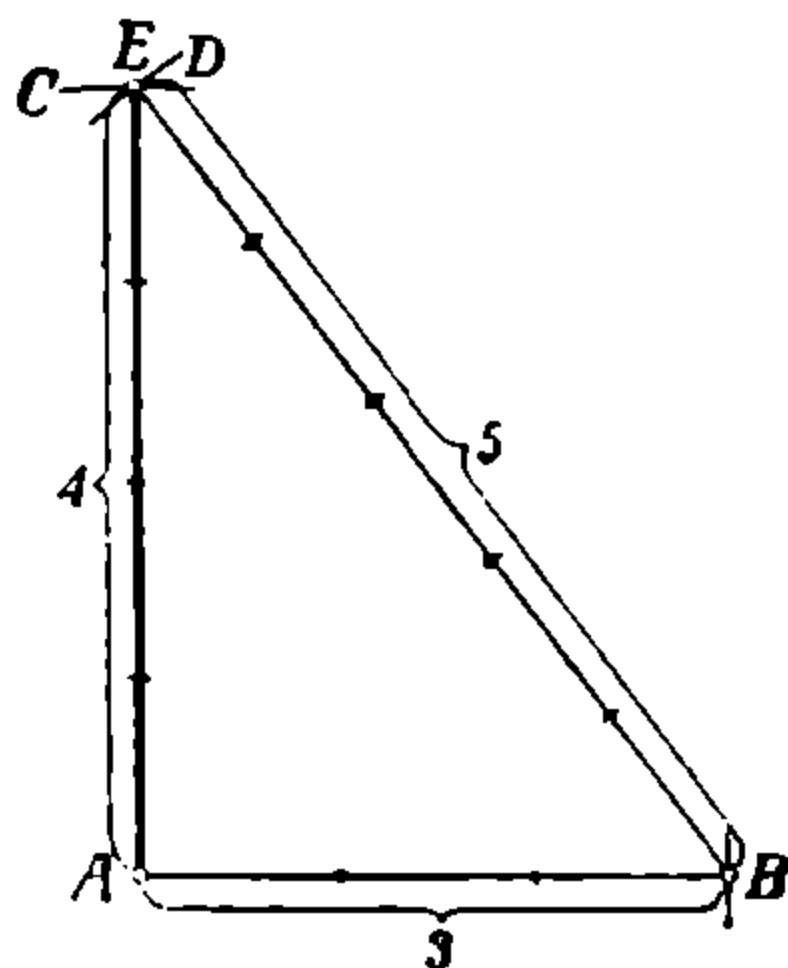


Рис. 89.

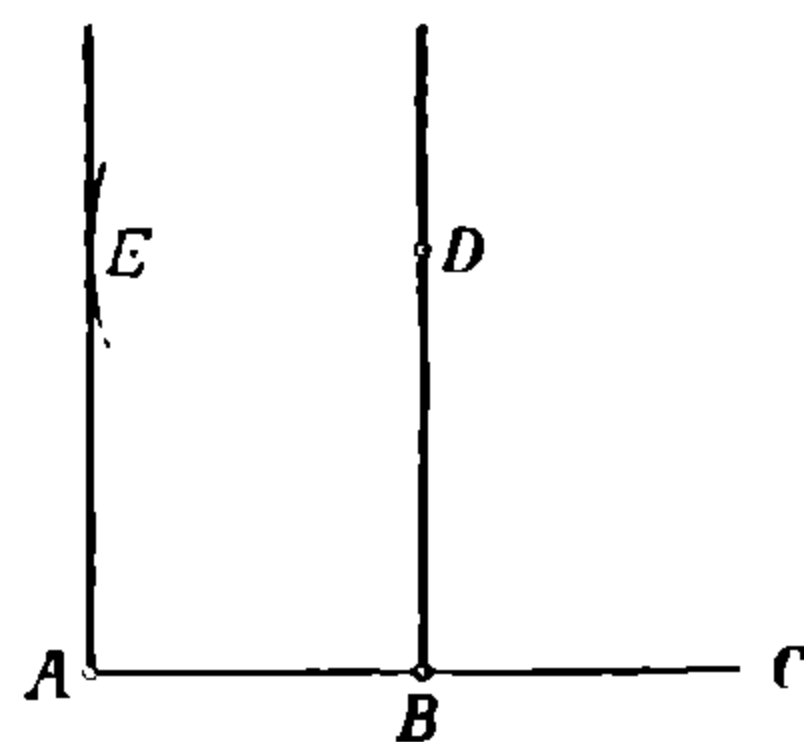


Рис. 90.

2-й способ. Из () A радиусом, равным 3 каким-либо единицам меры (3 метра, 3 дециметра и т. п.), засекают на прямой $\smile B$ (рис. 89), а радиусом, равным 4 таким же единицам меры — $\smile C$; затем, поставив кернышко в () B и раздвинув ножки циркуля на 5 единиц меры, засекают $\smile C$ дугой D ; точку пересечения E соединяют с A и получают искомый перпендикуляр. Этот способ, называемый способом Пифагора,

основан на теореме того же имени, согласно которой в нашем случае $5^2 = 3^2 + 4^2 = 25$.

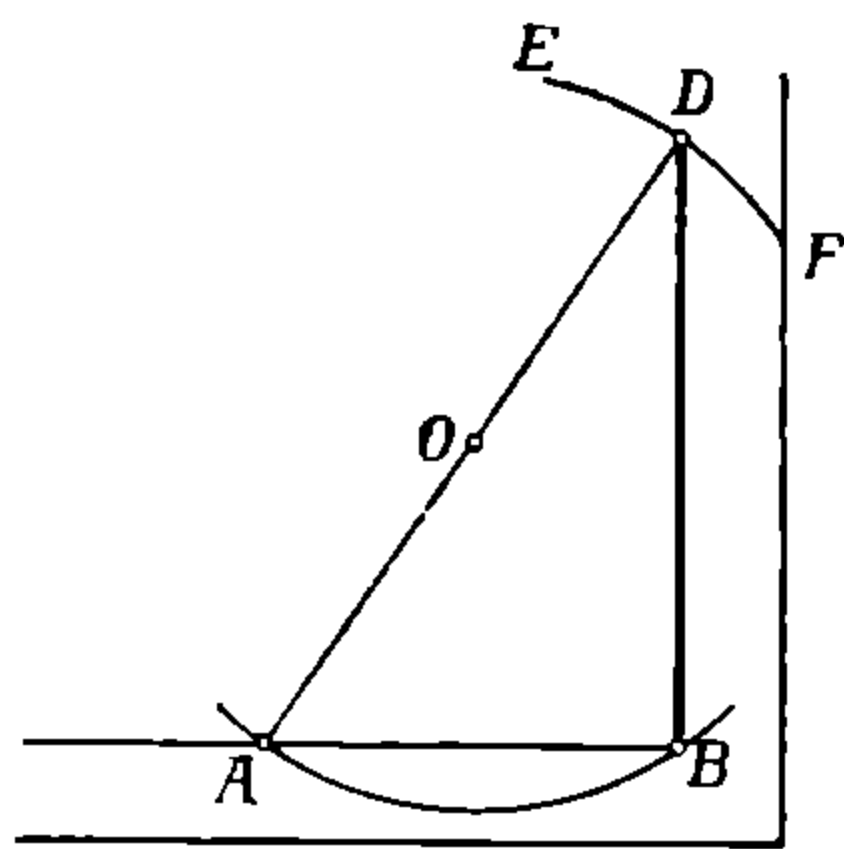


Рис. 91.

3-й способ. Из любой () B (рис. 90) на прямой AC восстанавливаем перпендикуляр BD (см. выше задача 1), затем из произвольной () D на перпендикуляре описываем $\smile E$ радиусом AB . Приложив к точке A линейку, проводим касательную к $\smile E$, которая и будет искомым перпендикуляром.

4-й способ. В кернышко конечной точки B (рис. 91) данного отрезка ставят одну ножку циркуля, а другую — в кернышко произвольно выбранной () O ; затем радиусом OB описываем

две дуги BA и EF так, чтобы $\smile BA$ пересекала наш отрезок, а $\smile EF$ доходила до кромки листа. Затем соединяют полученную точку пересечения A с центром O и продолжают OA до пересечения с $\smile EF$. Если теперь полученную таким образом () D соединить с () B , то находим искомый перпендикуляр, так как угол DBA , как вписанный в окружность и опирающийся на диаметр, равен прямому.

Задача 3. Опустить перпендикуляр на данную прямую из произвольной точки, лежащей вне прямой (рис. 92).

1-й способ. Поставив в () C кернышко, описывают из нее, как из центра, произвольным радиусом дугу DD ; затем из точек D и D радиусом, равным $\frac{2}{3} DD$, засекают дуги E и F ; соединив точку пересечения этих дуг G с точкой C , получаем искомый перпендикуляр. Если прямая AB расположена близко от кромки листа и дуги E и F не могут быть засечены, как указано на рис. 92, сплошными линиями, то приходится засекать их по другую сторону прямой AB , как показано пунктиром (E' и F'), по возможности дальше от () C .

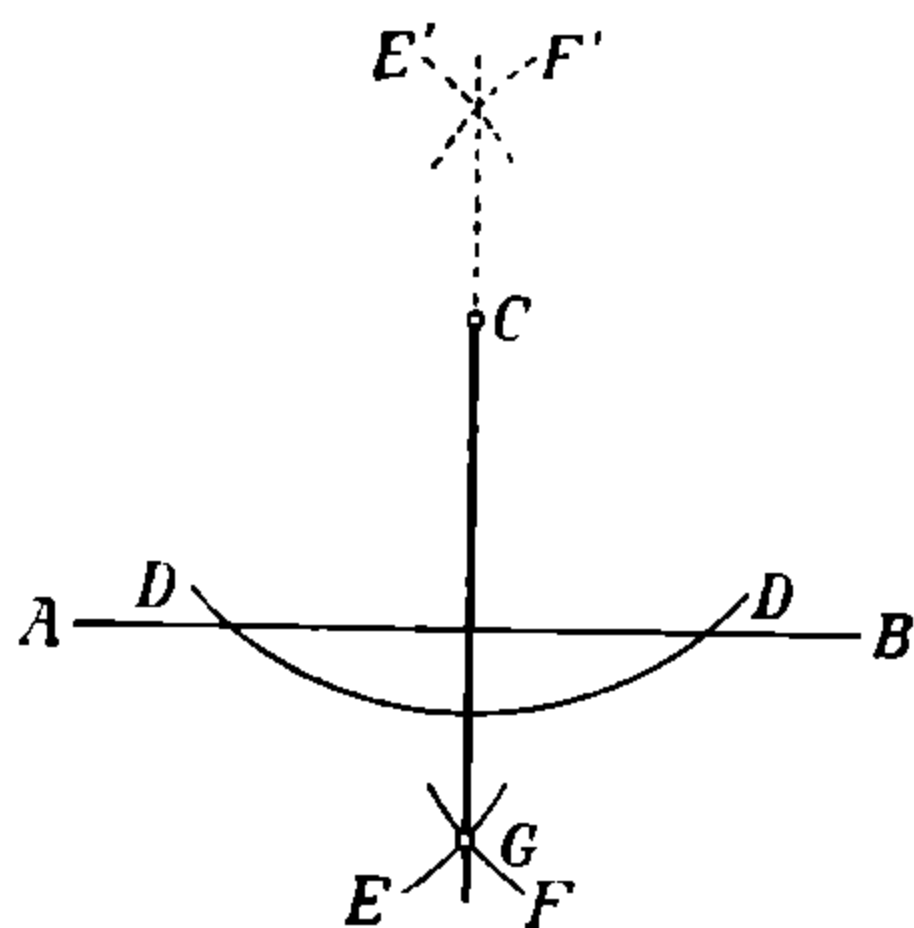


Рис. 92.

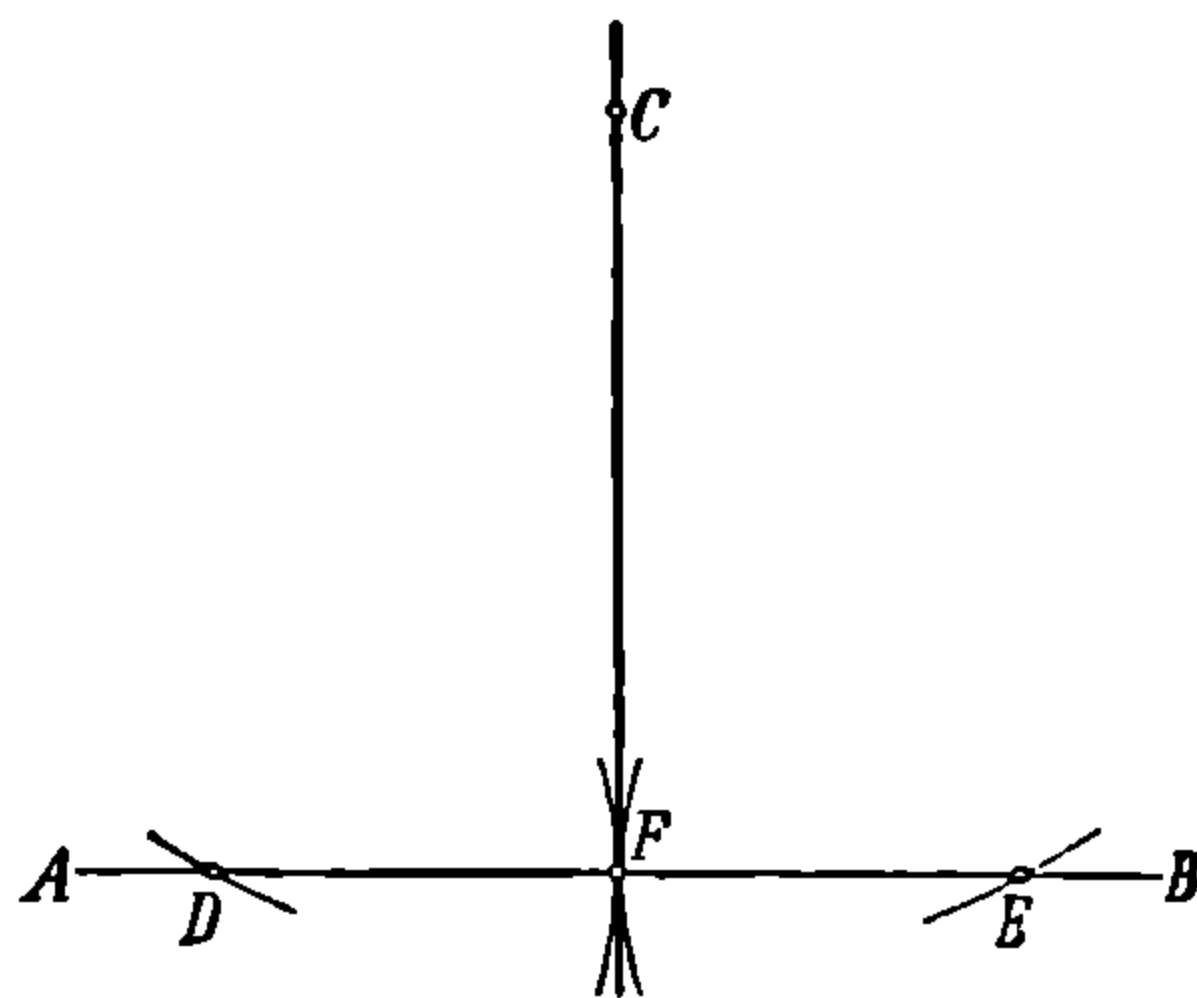


Рис. 93.

2-й способ (рис. 93). Из () C засекают прямую AB дугою произвольного радиуса в точках D и E и делят расстояние DE пополам в () F . Соединив () F с () C , получим искомый перпендикуляр.

Задача 4. Из точки, лежащей над одним из концов отрезка, опустить на него перпендикуляр (рис. 94).

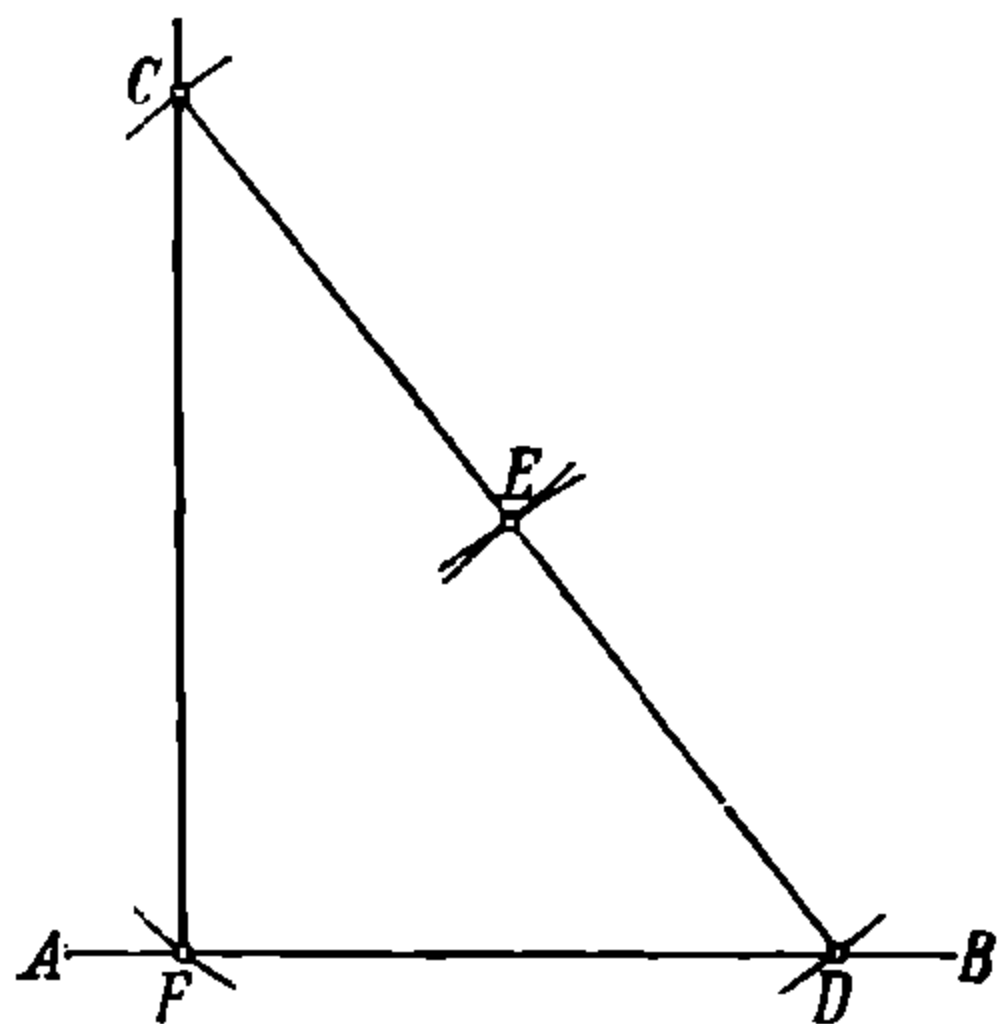


Рис. 94.

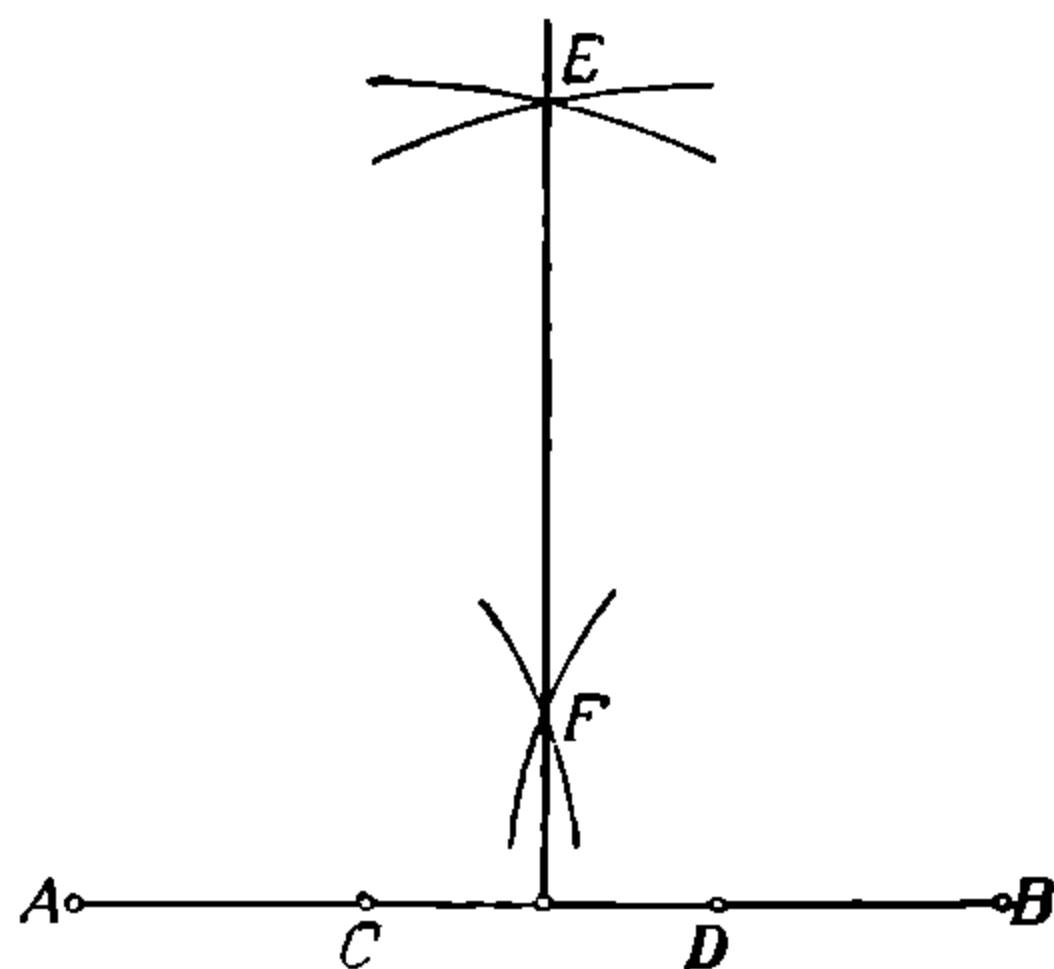


Рис. 95.

Из () C проводят произвольную прямую CD , которую делят пополам в () E . Из () E радиусом $EF = ED$ описывают дугу, которая пересечет прямую AB в () F , соединив которую с () C , получим линию CF , перпендикулярную к прямой AB , близко от ее конца.

Необходимо отметить, что при разметочных работах пользоваться угольниками для восстановления перпендикуляров можно лишь в тех случаях, когда длина перпендикуляра не выходит за пределы меньшего размера угольника, при большей же длине необходимо обязательно прибегать к гео-

метрическому построению для восстановления и опускания перпендикуляров. При этом следует, однако, иметь в виду, что для засекаемых дуг надо выбирать такой раздвиг циркуля, чтобы в точке их пересечения касательные к дугам составляли между собой угол, близкий к прямому (90°), так как только в этом случае получается наиболее отчетливо точка их пересечения. Из рис. 95 ясно видно, что при неправильном подборе радиусов дуг получается пересечение их под слишком острыми углами, затрудняющими точное определение положения точки пересечения. На рис. 95 дуги E описаны из

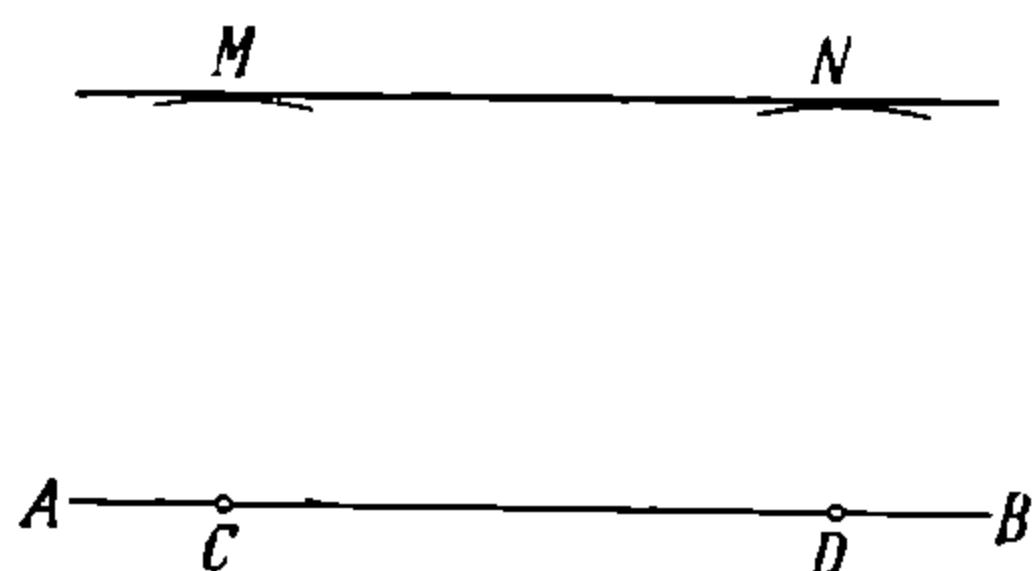


Рис. 96.

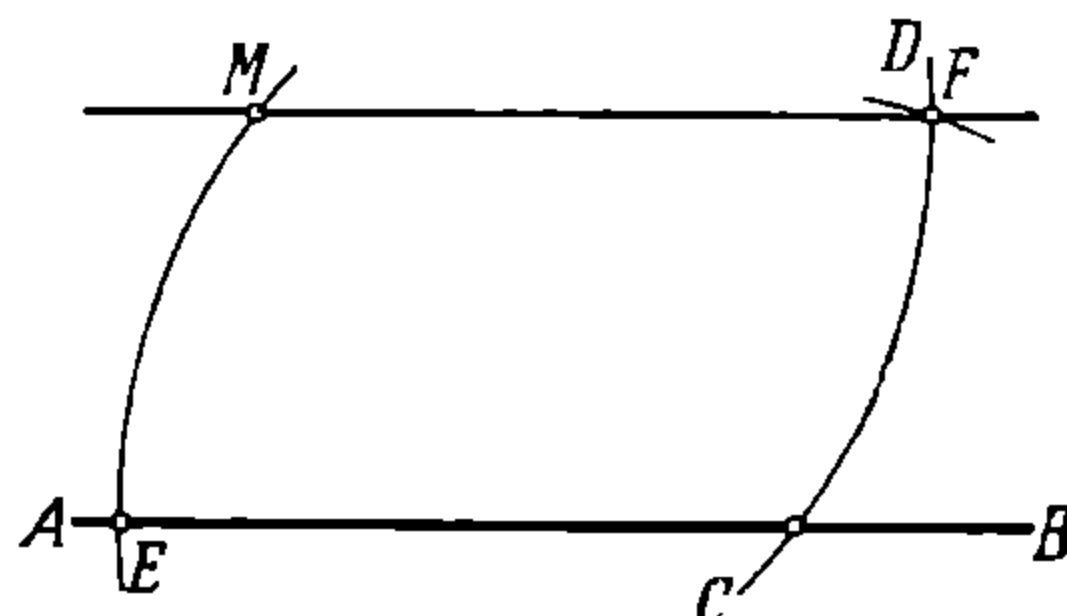


Рис. 97.

точек C и D , а дуги F из точек A и B неправильно выбранными радиусами выше указывалось, что невыгоднейший радиус, например, для дуг $E = \text{около } \frac{2}{3} CD$, а для дуг F около $\frac{2}{3} AB$), и при таком построении малейшая неточность, допущенная при определении положения, например точки F , даст в точке E уже значительное отклонение линии от перпендикуляра.

Параллельные линии. Проведение параллельных прямых встречается в разметочной практике в двух случаях: а) когда к данной линии надо провести параллельную на заданном расстоянии и б) когда через

данную точку надо провести линию, параллельную данной прямой. Задания эти разрешаются в разметочных работах следующим образом.

Случай а). Раздвигают ножки циркуля и берут с рулетки или масштаба заданное расстояние искомой параллели от данной прямой; затем, из двух произвольных точек C и D (рис. 96), взятых на прямой AB , проводят две дуги M и N ; приложив затем к дугам M и N

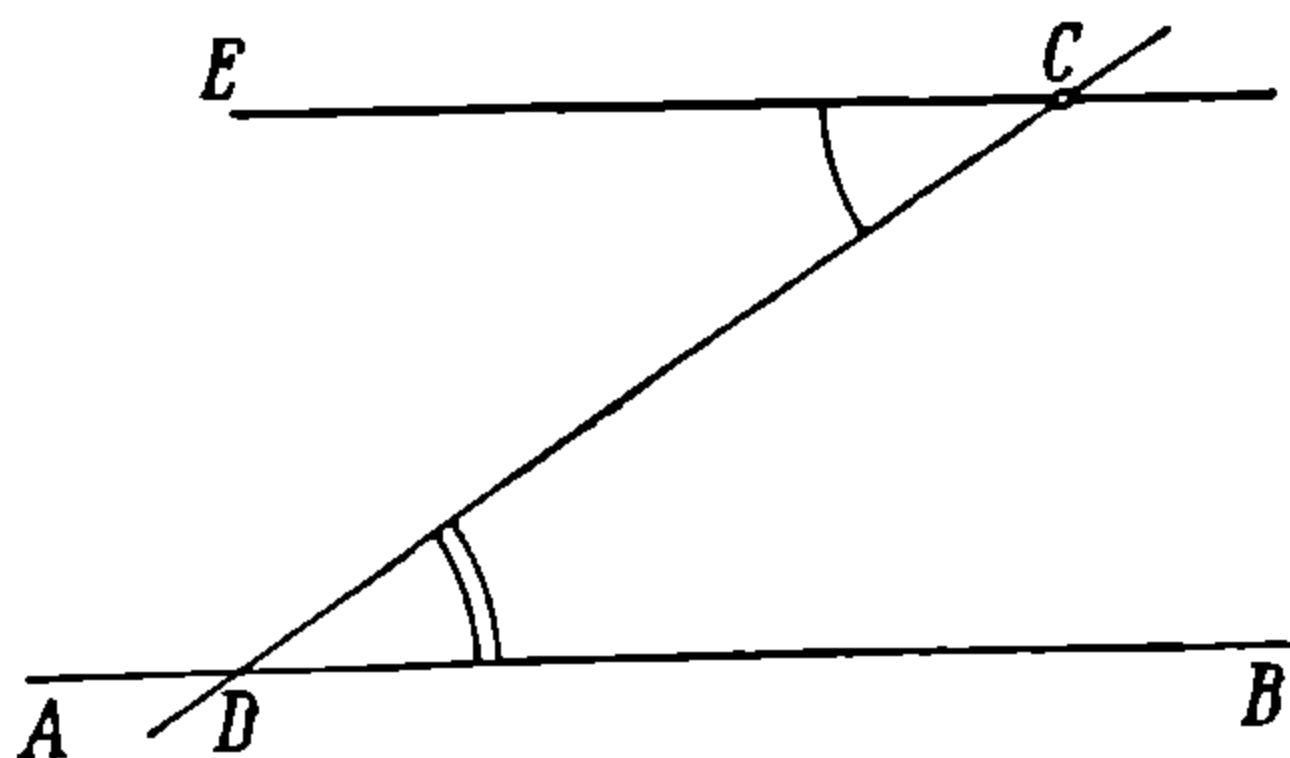


Рис. 98.

линейку так, чтобы она одинаково касалась обеих дуг, проводим чертилкой линию MN , которая и будет искомой параллелью.

Случай б). 1) Из данной точки M произвольным радиусом засекают CD (рис. 97), а из $(\cdot)C$ (поставив в ней кернышко) засекают тем же радиусом $\smile ME$, которая очевидно пройдет через $(\cdot)M$. Поставив в полученной $(\cdot)E$ кернышко и взяв циркулем расстояние ME , засекают им из $(\cdot)C$, как из центра, $\smile CD$ короткой дужкой в $(\cdot)F$. Соединив, наконец, $(\cdot)M$ с $(\cdot)F$, находят искомую параллель к AB .

2) Пусть даны: $(\cdot)C$ и прямая AB (рис. 98), проводят произвольную прямую CD и строят при ней $\angle DCE = \angle CDB$ (см. ниже § 3, задача 3). Линия CE и будет искомой параллелью.

§ 11. ДЕЙСТВИЯ НАД УГЛАМИ.

Сложение и вычитание, построение и деление углов. Задача 1. Сложить данные углы α_1 , α_2 и α_3 . Из вершины каждого угла (рис. 99) произвольным, но одинаковым для всех углов радиусом описывают дуги, пересекающие стороны углов в точках BC , $B'C'$ и $B''C''$, причем дугу одного из углов проводят такой длины, чтобы по глазомеру на ней могли бы уложиться дуги всех остальных углов, что затем последовательно и делают, перенося циркулем соответствующие размеры дуг (хорд) с других углов, т. е. откладывают $B''B_1 = BC$ и $B_1B_1' = B'C'$. Угол $B_1'A''C''$ и будет суммой углов BAC , $B'A'C'$ и $B''A''C''$.

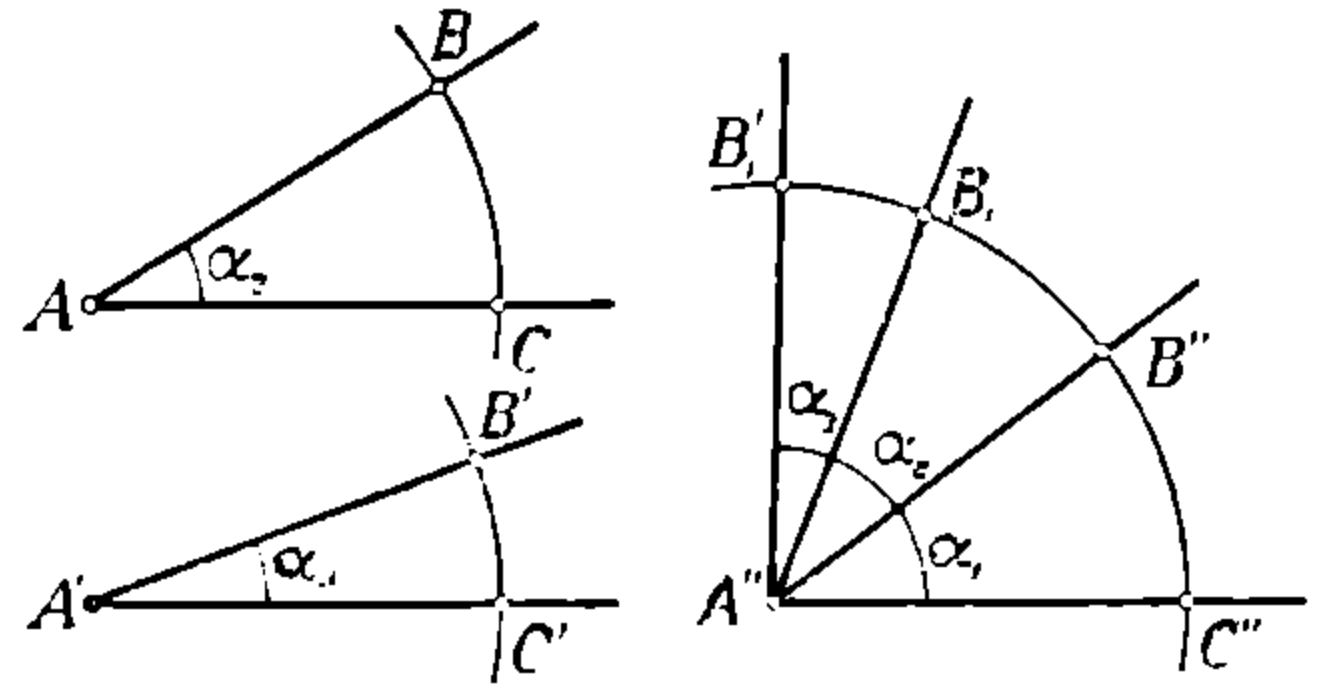


Рис. 99.

Задача 2. Вычесть данный угол α из другого угла β . В этом случае, как и в предыдущем, проводят (рис. 100) дуги BC и $B'C'$; отложив на дуге BC длину дуги (хорду) $B'C' = B'C$ и соединив $()B'$ с $()A$, получим $\angle BAB' = \angle BAC - \angle B'A'C' = \beta - \alpha$.

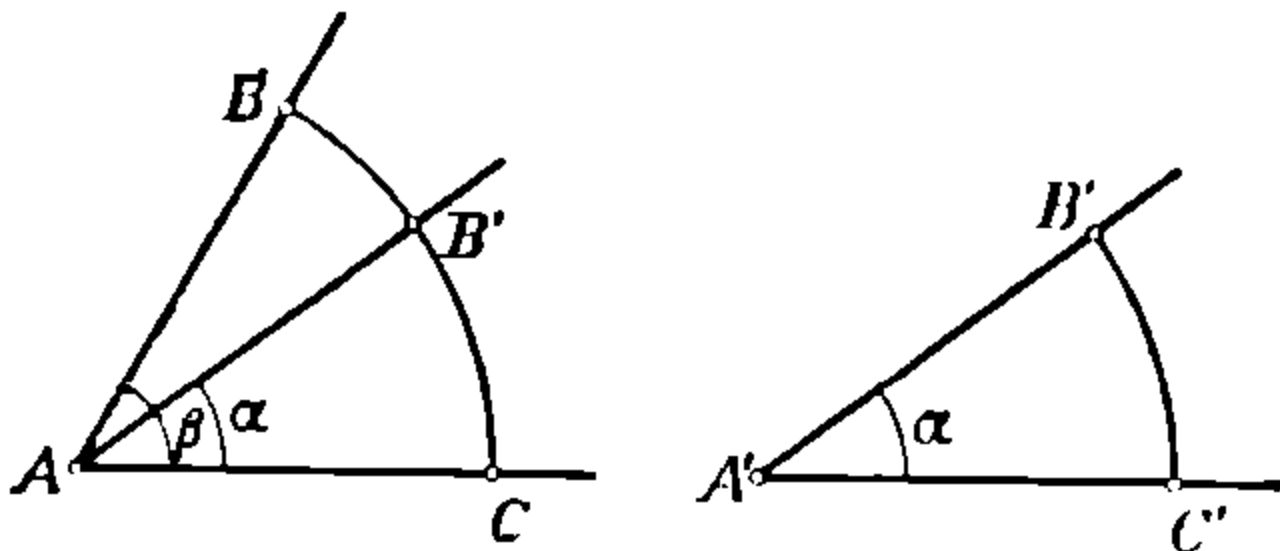


Рис. 100.

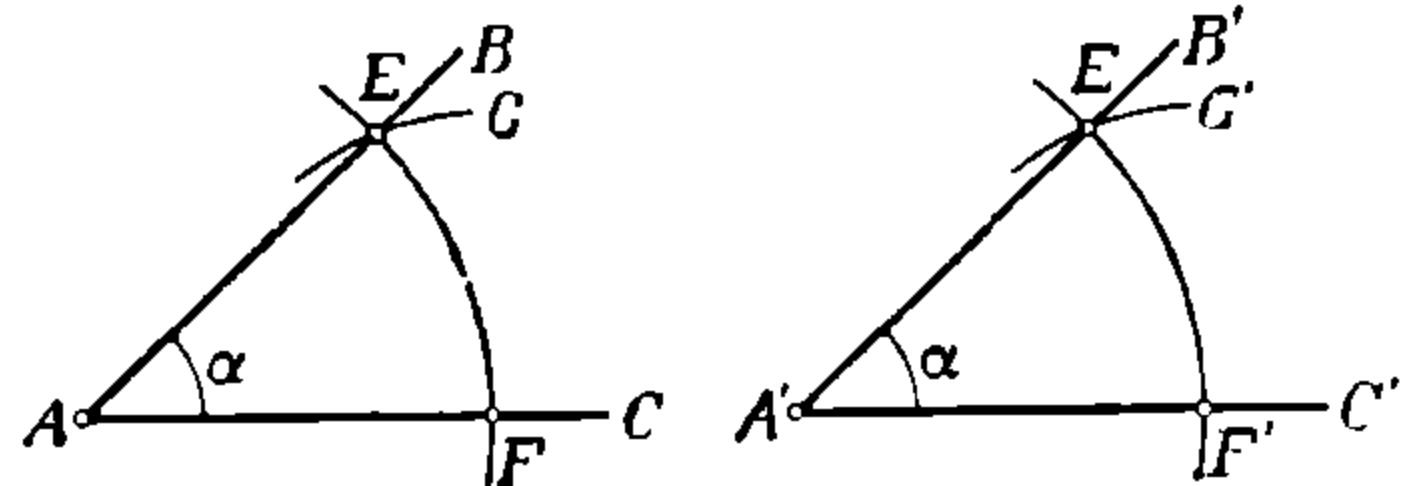


Рис. 101.

Задача 3. В данной $()A$ на прямой AC построить угол, равный данному углу α (рис. 101). Здесь возможны три случая.

1-й случай. Поставив одну ножку циркуля в углубление кернышка в вершине A' заданного угла $B'A'C' = \alpha$, описывают другой ножкой

дугу $F'E'$ произвольного радиуса, не меняя раздвига ножек циркуля, описывают такую же дугу FE из $()A$ на данной прямой AC . Затем, поставив ножку циркуля в кернышко $()F'$, измеряют длину хорды $F'E'$; полученным раздвигом ножек циркуля, как радиусом, засекают из точки F дужку G ; соединив теперь полученную точку пересечения дуг EF и G с вер-

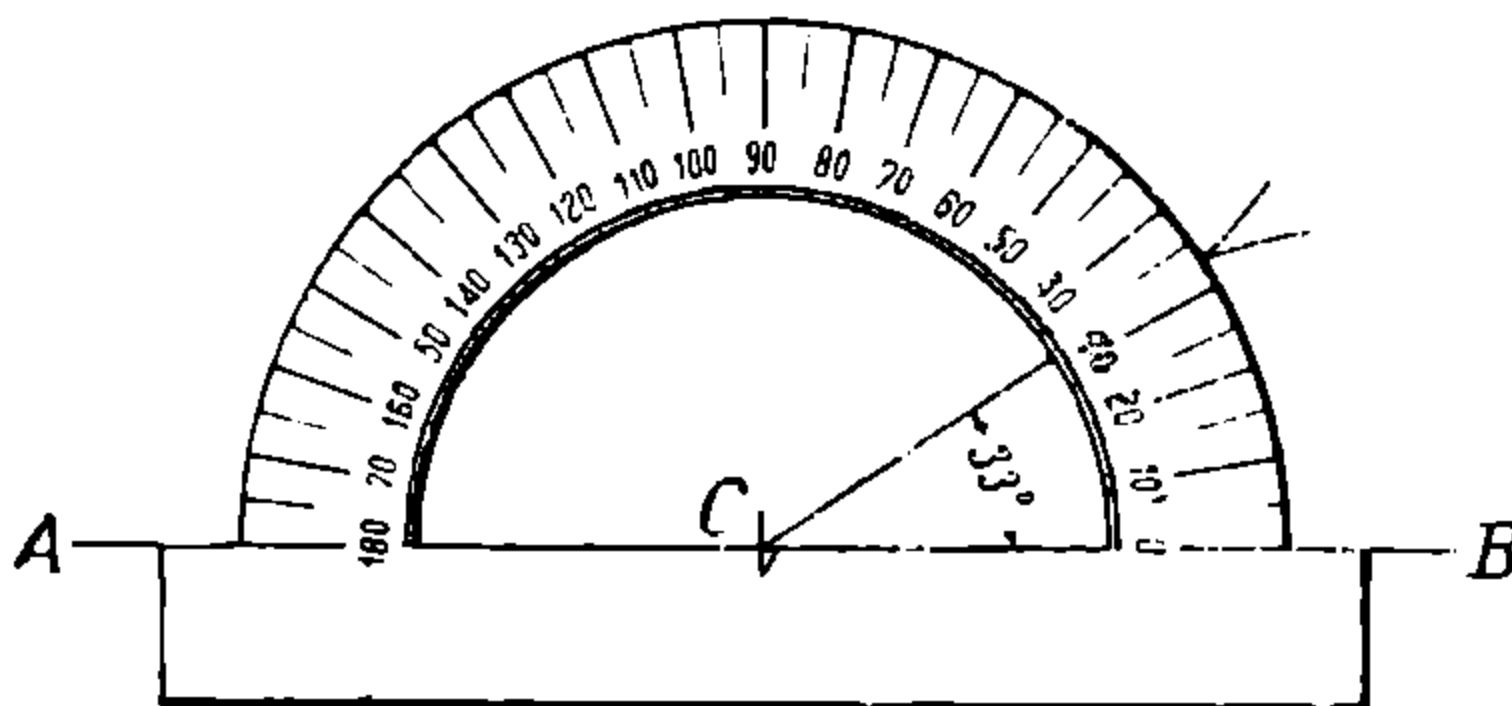


Рис. 102.

шиной угла A , найдем искомый $\angle CAB = \angle C'A'B' = \alpha$.

2-й случай. Если угол дан в градусах, то построить его, за некоторыми исключениями (см. ниже задачи 3—8), возможно только при помощи большого транспортира способом, указанным на рис. 102, а именно: базис транспортира укладывают вдоль линии AB , наблюдая, чтобы он по

всей длине точно совпадал с AB и чтобы центр его совпал с данной $(\)C$, в которой предварительно с помощью угольника восстанавливают короткий перпендикуляр к линии AB (это делается, чтобы отчетливо видеть $(\)C$, как пересечение двух линий). Затем отсчитывают заданное число градусных делений по транспортиру и чертилкой делают отметку в виде значка V против соответствующего деления. Соединив вершину значка V с $(\)C$, получим искомый угол (на рис. 102 он равен 33°).

3-й случай. Если угол определяется сторонами треугольника, то на данной линии строят треугольник, равный заданному, таким образом, чтобы

вершина искомого угла совпала с данной на прямой точкой (построение это приведено ниже).

Задача 4. Через данную точку, лежащую вне данной прямой, провести линию, наклонную к данной прямой под данным углом α .

Угол может быть задан или в градусах, или как противолежащий одной из сторон определенного треугольника,

или как противолежащий между перпендикулярами к сторонам угла. Здесь возможны два случая: 1) когда точка пересечения данной и искомой линии находится в пределах чертежа и 2) когда эта точка пересечения недостижима.

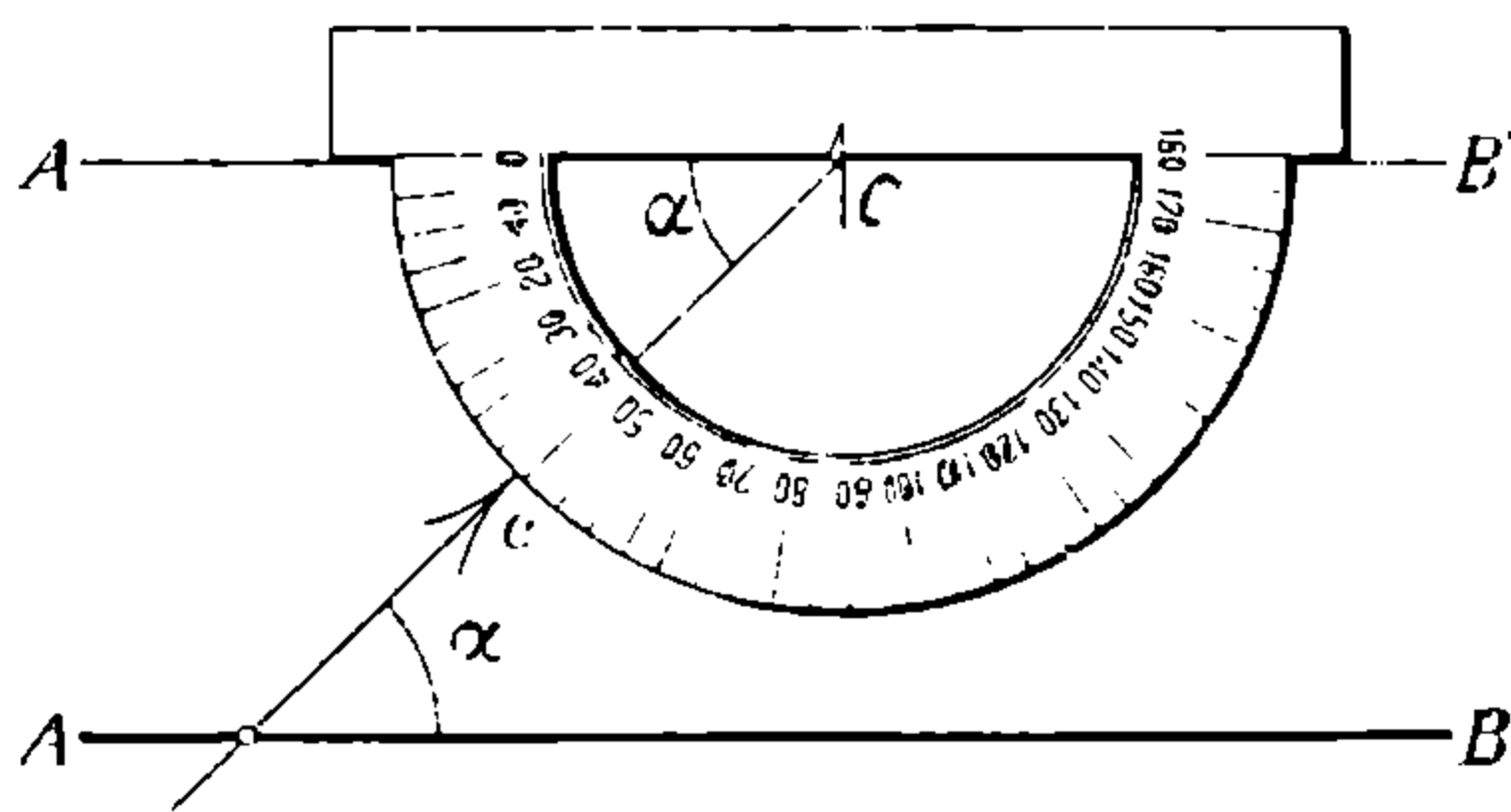


Рис. 103.

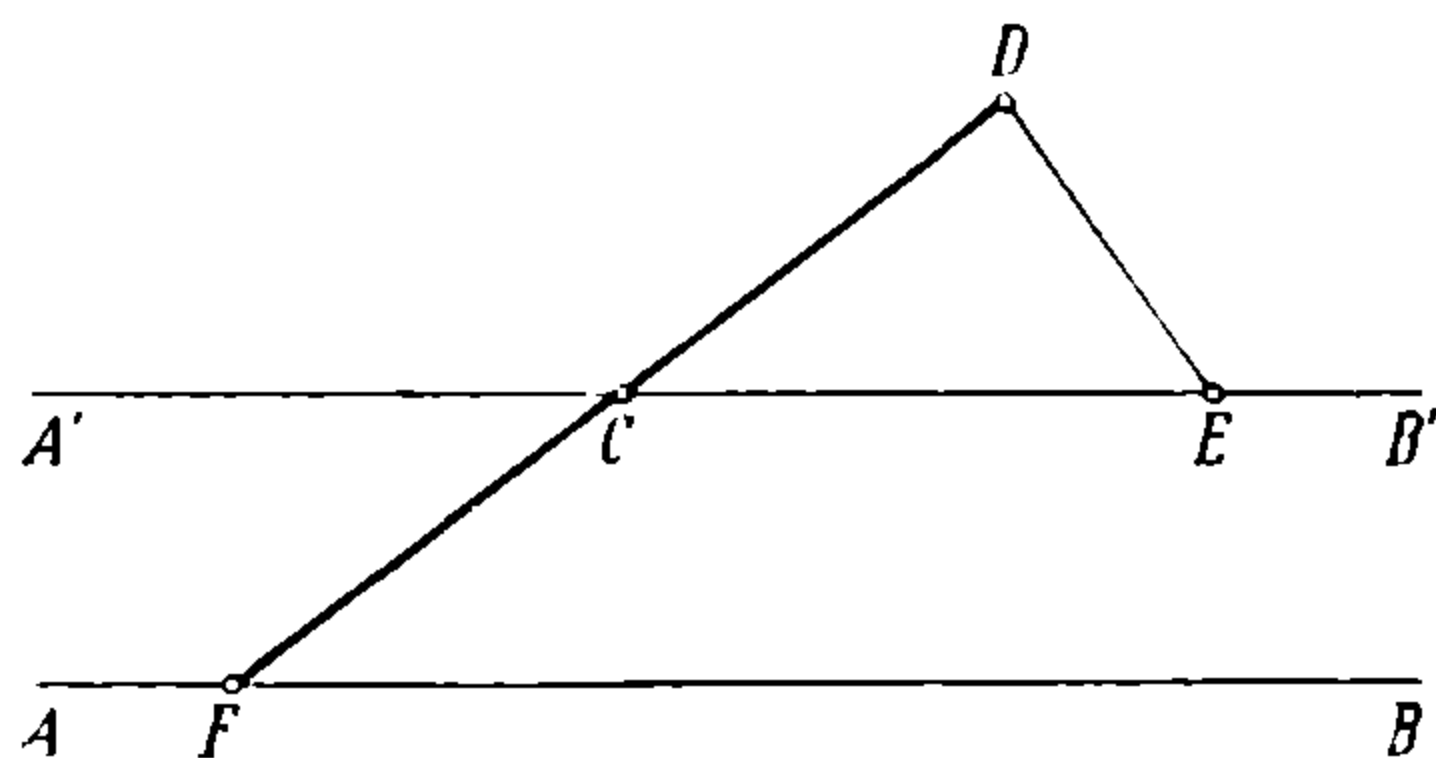


Рис. 104.

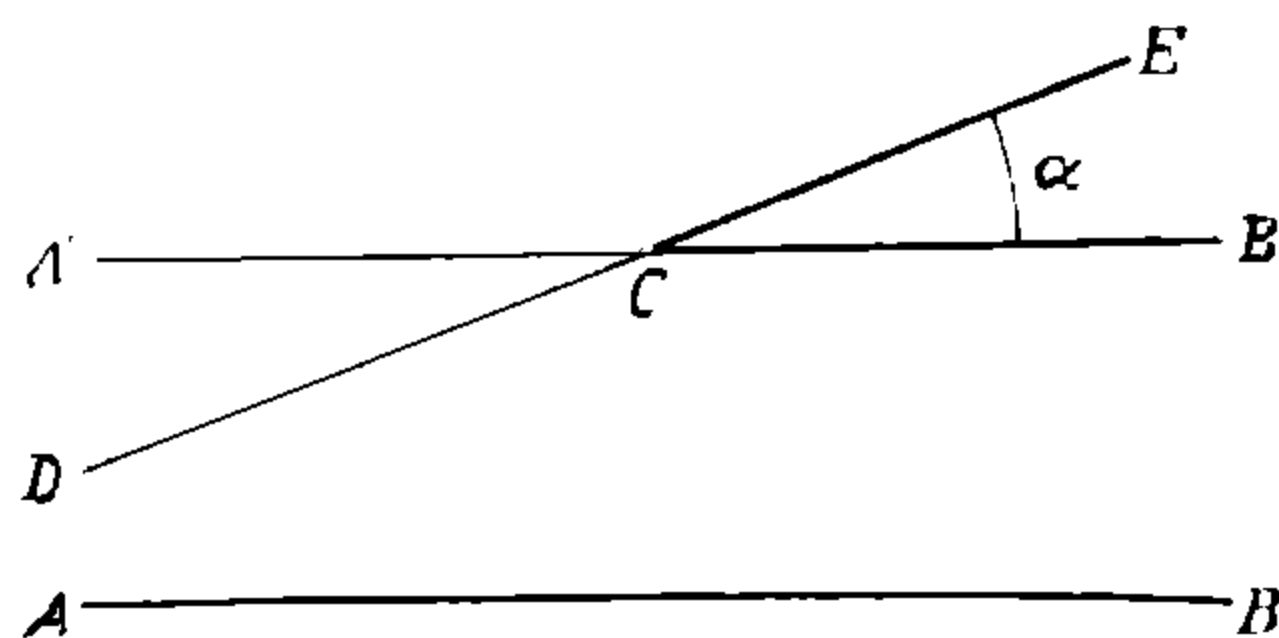


Рис. 105.

1-й случай. а) Угол α дан в градусах (рис. 103). Через данную $(\)C$ проводят линию $A'B'$, параллельную данной AB , и затем, приложив к ней транспортир, отмечают требуемое число делений. Соединив полученную $(\)c$ с $(\)C$ и продолжив Cc до пересечения с AB , найдем искомый угол α .

б) Угол определяется треугольником. Через $(\)C$ проводим прямую $A'B'$, параллельную данной AB (рис. 104) и при $(\)C$ строим—равнобедренный данному—треугольник CDE . Продолжив линию CD до пересечения с AB , найдем требуемую линию DF .

2-й случай. а) Угол α дан в градусах (рис. 105). Через точку C проводим прямую $A'B'$, параллельную данной AB , и строим на ней при помощи транспортира требуемый $\angle \alpha$ с вершиной в $(\)C$. Линия DE —искомая.

б) Угол определяется сторонами треугольника (рис. 106). Ход построения одинаков с указанным на рис. 104.

в) Возможен еще случай, когда угол с недостижимой вершиной определяется противолежащим ему углом между перпендикулярами на его стороны из какой-либо точки. В этом случае из произвольной точки D (рис. 107), взятой на данной прямой AB , восстанавливают к последней перпендикуляр

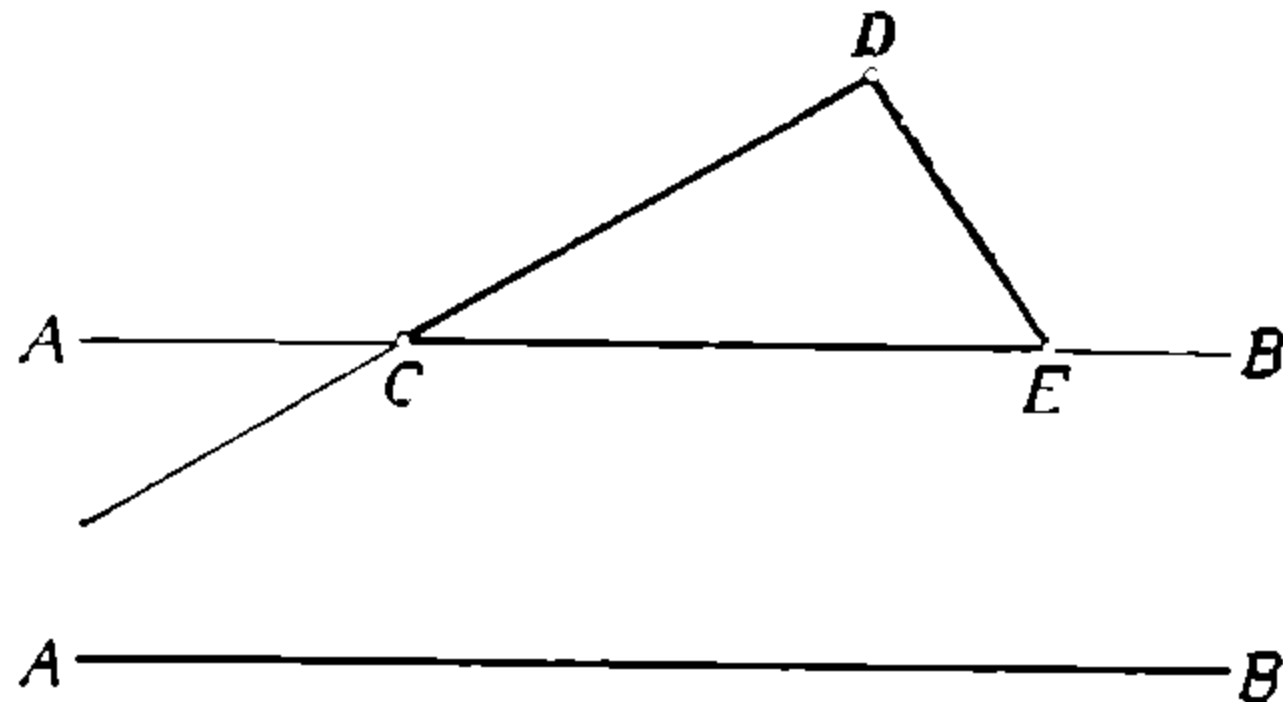


Рис. 106.

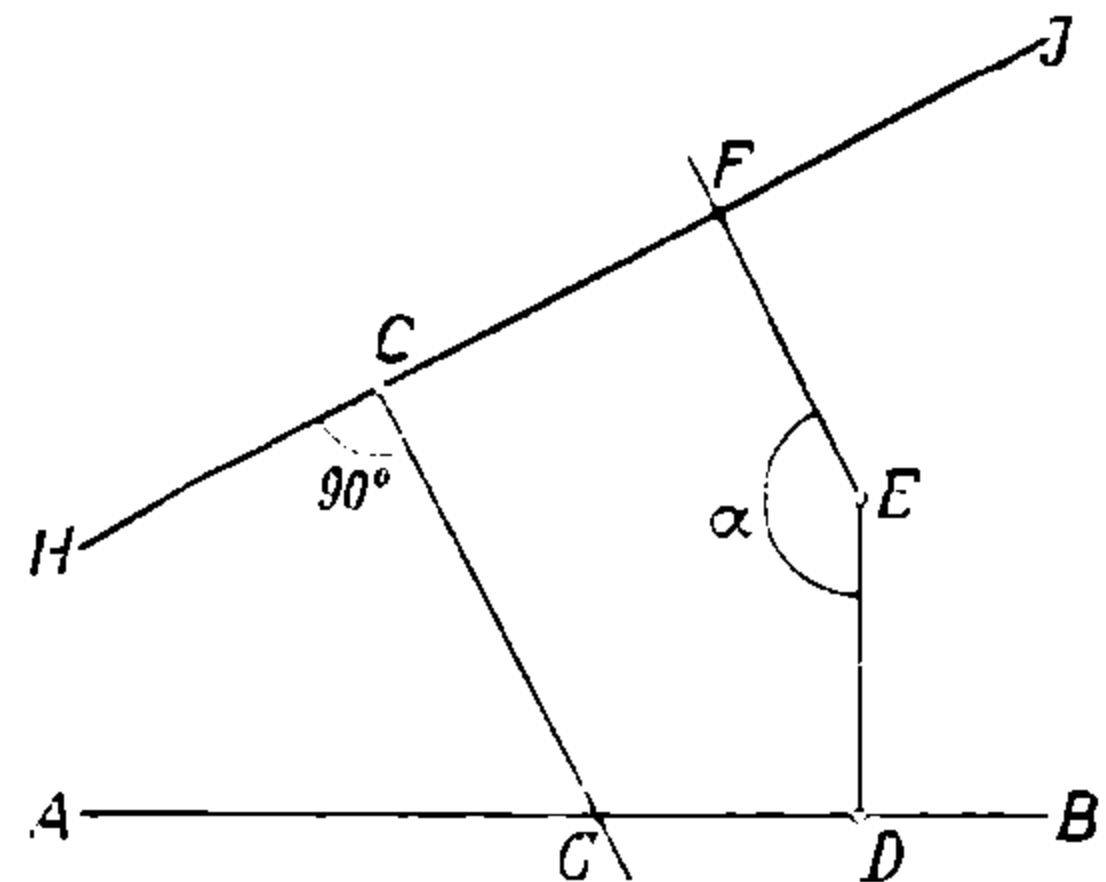


Рис. 107.

ED , на котором у произвольной его точки E строим угол $DEF = \alpha$ (данному между перпендикулярами). Через () C проводим $CG \parallel EF$ и в () C восстанавливаем к CG перпендикуляр HJ , который и будет представлять собой искомую линию.

Задача 5. Построить на данном отрезке прямой угол с вершиной в данной точке.

Эта задача сводится к восстановлению в данной точке перпендикуляра к данной прямой (задача 1).

Задача 6. Из точки, лежащей вне данной прямой, провести к последней линию под прямым углом.

Эта задача сводится к опусканию перпендикуляра из данной точки на данную прямую (задача 3).

Задача 7. Через данную точку провести линию под углом в 45° к данной прямой.

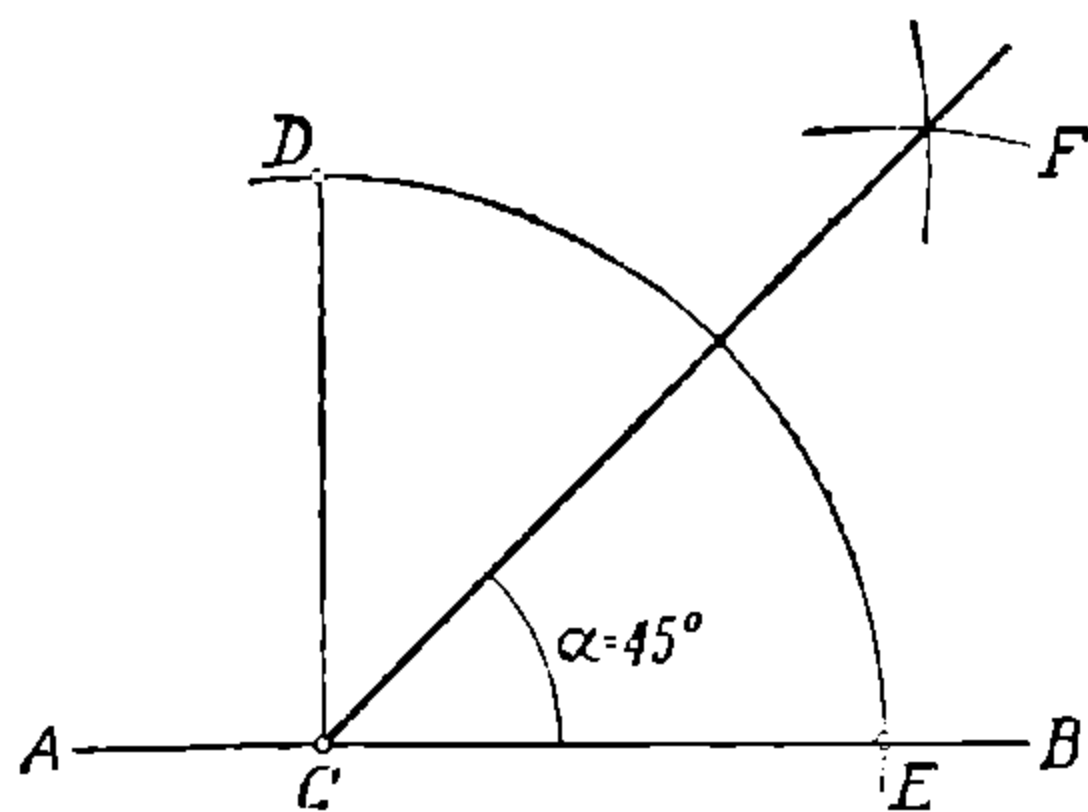


Рис. 108.

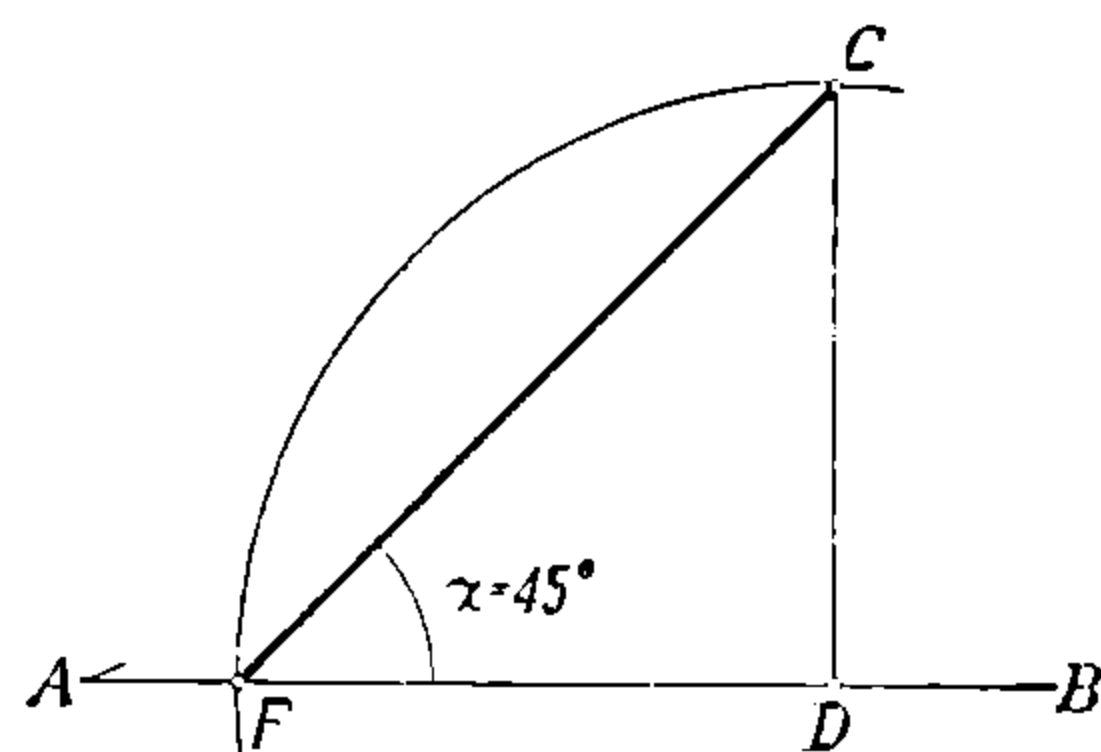


Рис. 109.

Здесь возможны два случая: когда данная точка лежит на данной прямой или вне ее.

1-й случай. Через данную (.) C проводят $CD \perp AB$ (рис. 108); затем произвольным радиусом описывают $1/4$ окружности DE и из кернышек в точках D и E засекают произвольным радиусом дужки F , соединив точку пересечения которых с C , находят угол $\alpha = 45^\circ$.

2-й случай. Из данной () C (рис. 109) спускают перпендикуляр на AB и из полученной () D засекают радиусом DC дугу FC . Соединив точки C и F , получим $\angle \alpha = 45^\circ$.

Задача 8. Через данную точку провести линию под углом в 60° к данной прямой.

Здесь возможны те же два случая, что и в предыдущей задаче.

1-й случай. Данная () C лежит на данной прямой. Из () C (рис. 110) описывают произвольным радиусом $\frac{1}{4}$ окружности DF (на глаз); затем, поставив кернышко в () F , описывают из нее, как из центра, тем же радиусом CE ; соединив затем () E с C , находят угол $\alpha = 60^\circ$.

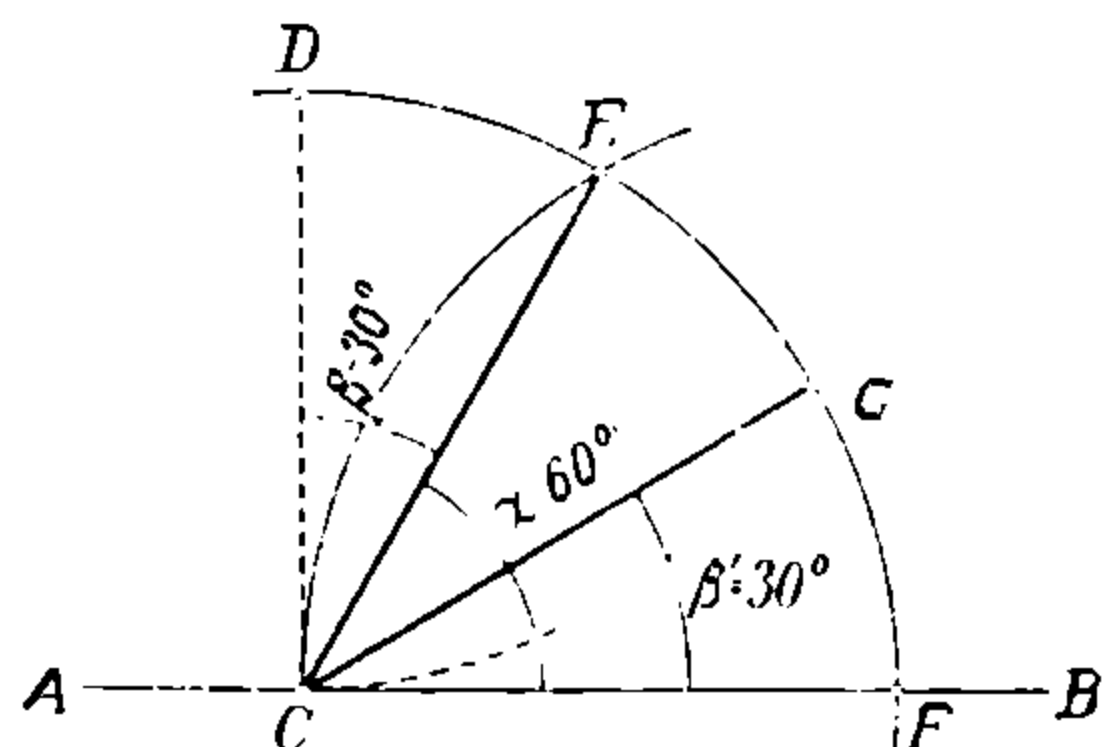


Рис. 110.

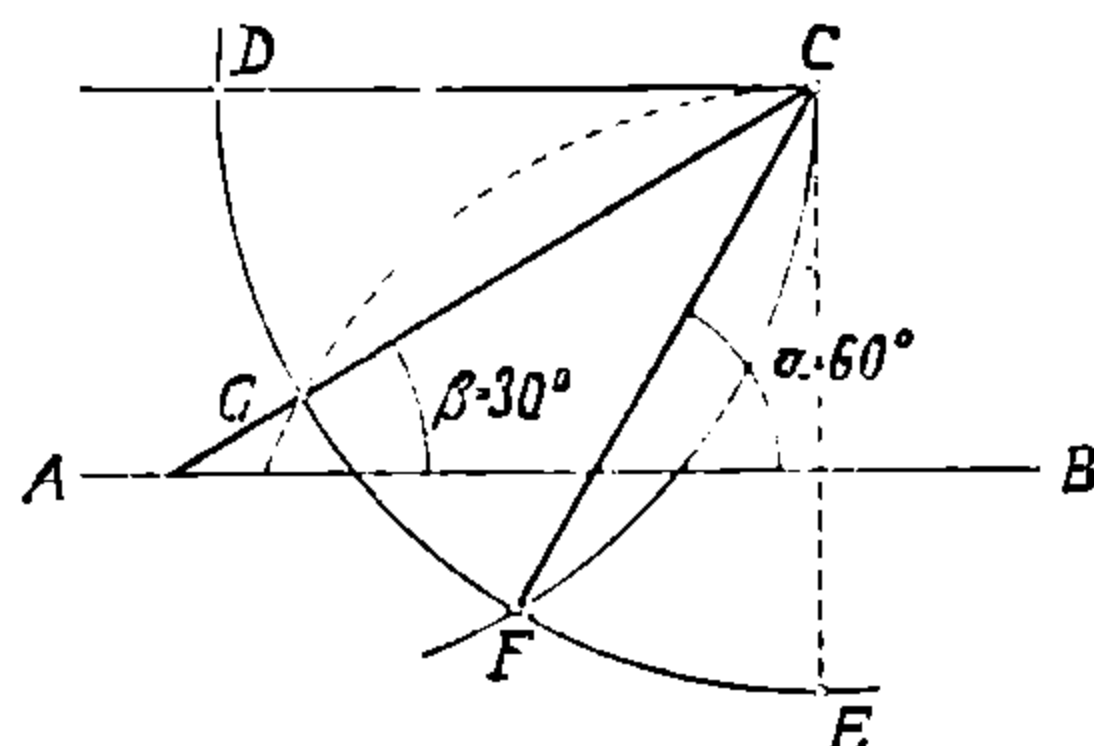


Рис. 111.

Нетрудно видеть, что если восстановить в точке C перпендикуляр CD (пунктир), то угол $\beta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$.

Поэтому, если было бы нужно при прямой AB построить в () C угол $\beta' = 30^\circ$, то нужно было бы на $\text{дуге } DF$ засесть тем же радиусом DC из () D дугу CG (пунктир) и $\angle GCF = \beta' = 30^\circ$.

2-й случай. Данная () C лежит вне данной прямой AB (рис. 111). Из точки C проводят линию $DC \parallel AB$, произвольным радиусом описывают на глаз $\frac{1}{4}$ окружности DE и из () D тем же радиусом засекают $\text{дугу } FC$; соединив () F с C , получают угол $\alpha = 60^\circ$ ($90^\circ - 30^\circ$).

При необходимости провести через () C прямую под углом в 30° к прямой AB построение остается тем же, но дугу DE засекают дугой CG из точки E (показано пунктиром); линия CG будет расположена под углом $\beta = 30^\circ$ по отношению к прямой AB . Решения задач остаются вообще теми же и для случая, когда точка пересечения искомой прямой с AB лежит вне пределов чертежа.

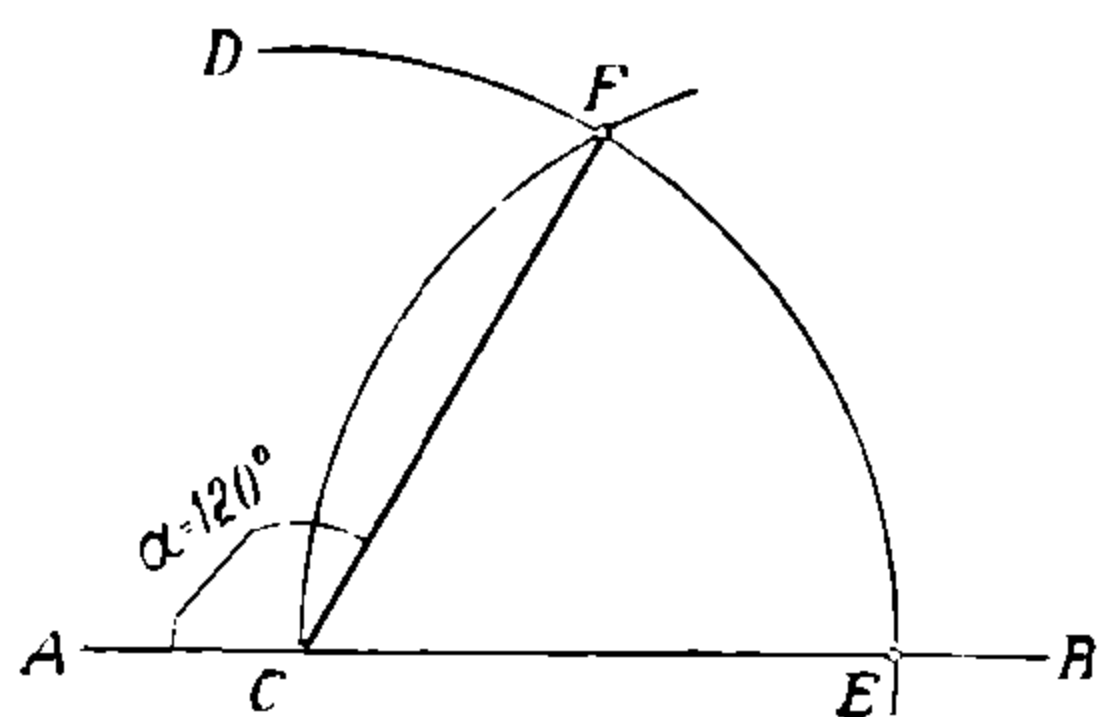


Рис. 112

Задача 9. Через данную точку провести прямую под углом в 120° к данной прямой.

Нетрудно видеть, что $120^\circ = 180^\circ - 60^\circ$, и следовательно задача сводится к построению $\angle FCE$ в 60° , дополнительным к которому и будет $\angle \alpha = 120^\circ$ (рис. 112).

Если данная точка лежит вне данной прямой, то задача разрешается подобным же образом, но для этого необходимо проделать построение, показанное на рис. 111.

Задача 10. Через данную точку провести прямую под углом в 135° к данной прямой.

Принимая во внимание, что $135^\circ = 180^\circ - 45^\circ = 90^\circ + 45^\circ$, легко усмотреть, что данная задача сводится к построениям, указанным на рис. 109.

Задача 11. Разделить данный угол пополам. Здесь возможны два случая: а) когда вершина угла находится в пределах чертежа и б) когда она недостижима.

1-й случай. Произвольным радиусом из вершины B , как из центра, описываем $\text{дугу } ED$ (рис. 113); поставив в точках E и D кернышки, засекаем из них одним и тем же произвольным радиусом две дужки, пересекающиеся в $(\) F$. Соединив $(\) F$ с B , получим углы $\beta = \beta = \frac{\alpha}{2}$. Линия BF называется биссектрисой $\angle CBA$.

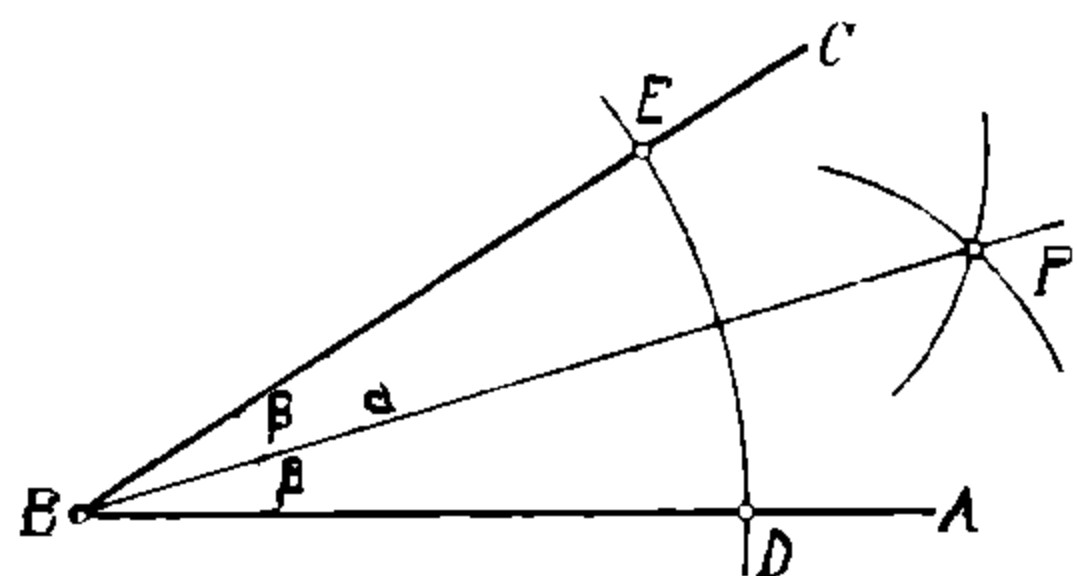


Рис. 113.

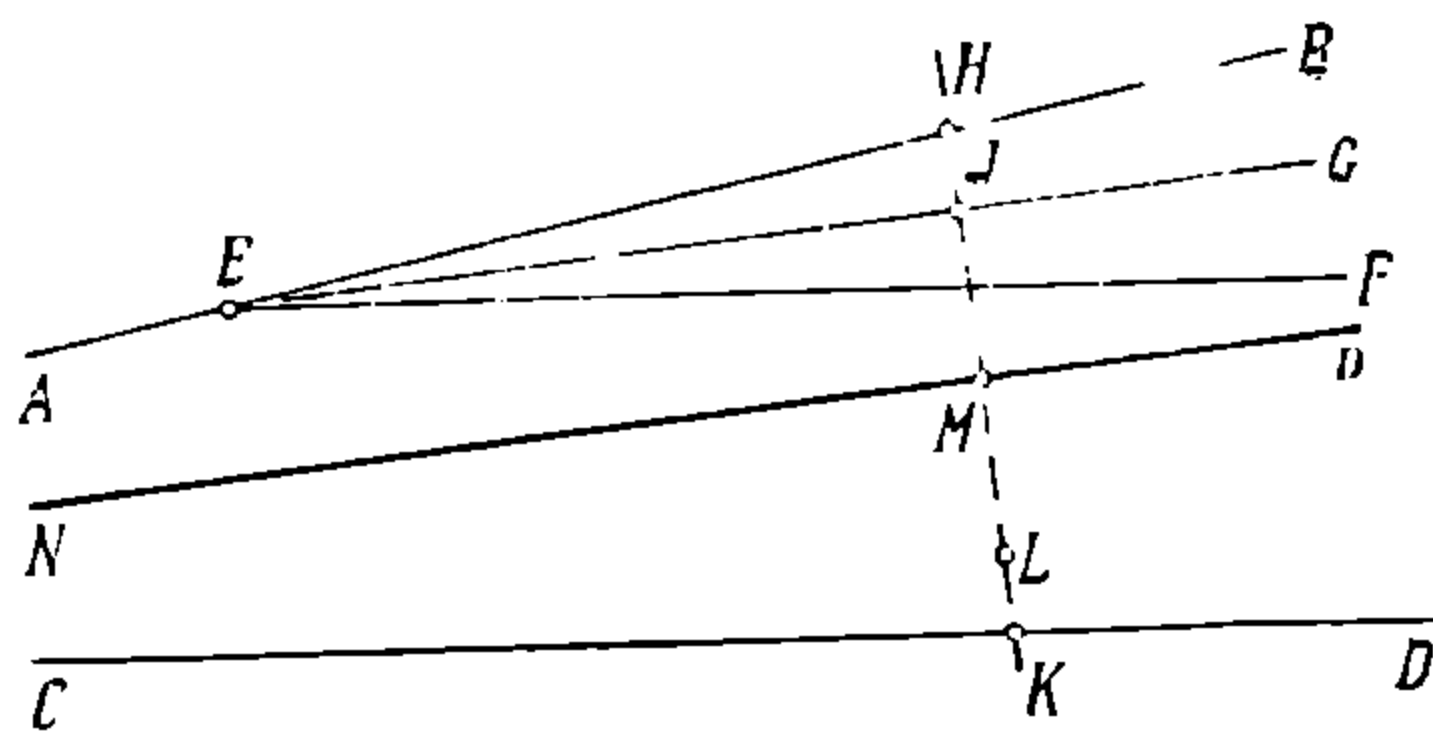


Рис. 114.

2-й случай. Пусть линия AB и CD (рис. 114) представляют собой стороны угла с недоступной вершиной, который требуется разделить пополам. Из произвольной $(\) E$, взятой на одной из сторон, проводим $EF \parallel CD$ и делим $\angle BEF$ биссектрисой EG пополам (см. случай 1-й). Затем из произвольной $(\) J$, взятой на биссектрисе EG , восстанавливаем к последней перпендикуляр HK . От $(\) K$ пересечения HK с другой стороной CD угла откладываем $KL = HJ$. Если теперь отрезок JL разделить пополам в $(\) M$, а через последнюю провести NP , параллельную биссектрисе EG (или $NP \perp HK$), то линия NP и будет искомой биссектрисой.

Задача 12. Разделить данный угол на три равных части.

Задача деления угла на три равные части, так называемая трисекция угла, путем геометрического построения неразрешима. Однако ниже приводится недавно найденный Шуром практический способ ее решения, степень точности которого зависит лишь от того, насколько точно удастся подобрать положение линии BD (рис. 115).

Пусть дан $\angle AOB$. Чтобы разделить его на три равные части, продолжают одну из сторон, например, AO , и из $(\) O$ произвольным

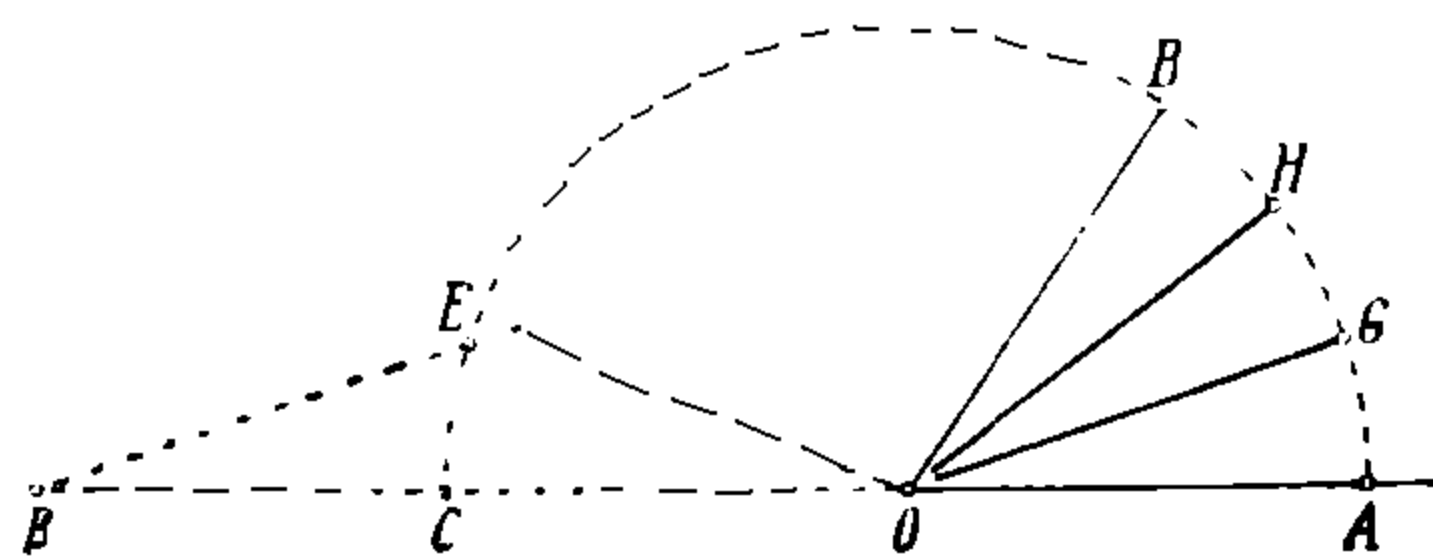


Рис. 115.

радиусом описывают полуокружность $CEBA$. Остается провести через точку B такую секущую BD , которая пересекала бы окружность $CEBA$ в некоторой точке E таким образом, чтобы $DE = EO = CO =$ радиусу окружности, т. е. чтобы $\triangle DEO$ получился равнобедренным. Тогда $\angle BOA = \angle BDO + \angle DBO$. Но так как $\angle BDO = \angle EOC$, а $\angle DBO = \angle BKO = 2\angle EOC$ (как внешний для $\triangle DEO$), то $\angle BOA = \angle EOC + 2\angle EOC = 3\angle EOC$ или $\angle EOC = \frac{1}{3}\angle BOA$.

Разметчики производят обычно деление угла на 3 части следующим образом. Очертив из вершины B (рис. 116) произвольным радиусом $\smile ED$, раздвигают ножки циркуля на-глаз, примерно на величину $\frac{1}{3} ED$, и шагают им от точки E и D и обратно, соответственно поправляя раствор циркуля, пока не получится точного совпадения отметок на $\smile ED$.

В частности, деление угла в 180° на 3 части сводится к построению на прямой двух углов по 60° с общей вершиной, в третий угол получится сам собой между ними, так как $180^\circ = 60^\circ \times 3$.

В другом частном случае при делении прямого угла на 3 части, задача сводится, в виду того, что $90^\circ = 30^\circ \times 3$, к построению двух углов по 30° , расположенных по сторонам угла, причем между ними получается сам собой третий угол в 30° .

Задача 13. Разделить данный угол на число частей, кратное 2, т. е. на $2^n = 4, 8, 16$ и т. д.

В этом случае делят угол сначала пополам, затем каждую половину еще раз пополам и т. д.

Задача 14. Разделить данный угол на число частей, кратное 3, т. е. на $3^n = 9, 27$ и т. д.

В этом случае делят угол на 3 части, затем последовательно получающиеся углы еще на 3 части и т. д.

Задача 15. Разделить данный угол на число частей, кратное 2 и 3, представляемой формулой $2^n \cdot 3^m$, т. е., например, на 6, 12, 18, 24 и т. д.

Как и прямые линии, так и тем более углы разметчики не делят шагом циркуля более, чем на 3 части. Поэтому вышеуказанные задачи исчерпывают все случаи деления углов на равные части. В случаях когда встречается надобность в делении углов на 5, 7, 10, 11, 13, 14, 15 и т. д. частей, применяют нижеприводимые приближенные построения, дающие однако достаточно точные для практики решения этих задач.

Задача 16. Разделить данный угол на n равных частей.

1) Из вершины угла любым радиусом описывают окружность, пересекающую обе стороны данного угла в точках A и A_1 (рис. 117). Затем продолжают одну из сторон угла до пересечения с окружностью в () B . Из точки B , как из центра, радиусом, равным AB , проводят дугу; тем же радиусом описывают другую дугу из точки A , как из центра; обе дуги пересекаются в () C . Соединяют точки A_1 и C , причем диаметр AB пересекается в () D . Делят отрезок AD на n равных частей, например на 5, в точках D_1, D_2, D_3 и D_4 , а затем проводят лучи из () C

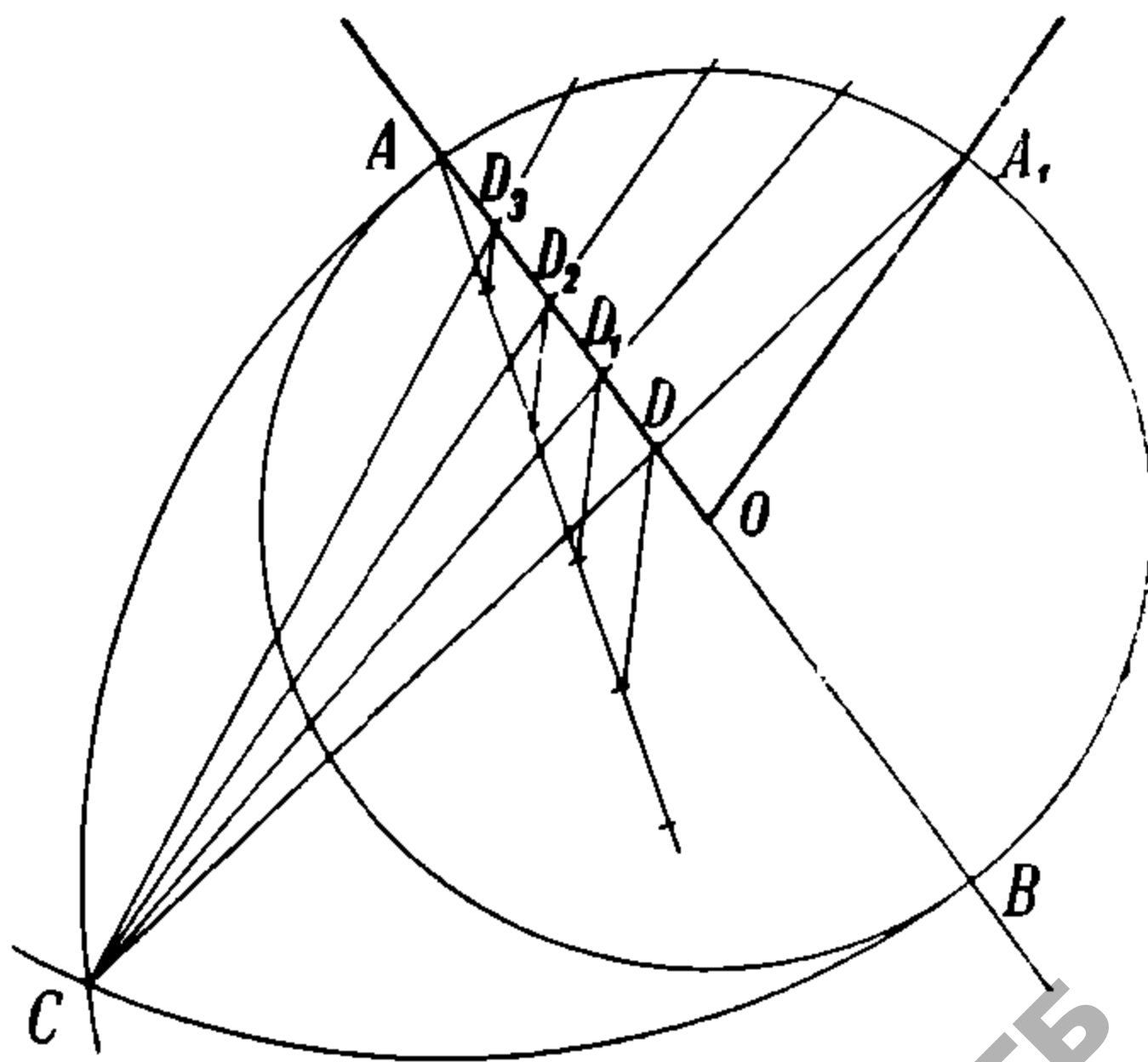


Рис. 117.

через точки D_1, D_2, D_3 и D_4 , продолжив которые до пересечения с дугой, заключенной между сторонами угла, получают на дуге 4 точки 1, 2, 3, 4, которые и делят данную дугу на 5 равных частей. Соединением полученных точек 1, 2, 3, 4 с вершиной угла — задача деления угла на 5 равных частей разрешается.

2) Другой, менее точный, но более простой, способ заключается в том, что из вершины $\angle A$ (рис. 118) описывают произвольным радиусом \widehat{BC} и проводят хорду BC ; на BC строят равносторонний $\triangle BCD$. Разделив хорду BC на n равных частей, соединяют каждое деление с вершиной треугольника D и продолжают эти линии до пересечения с \widehat{BC} в точках 1, 2, 3 и т. д. Затем, в свою очередь, точки 1, 2, 3 и т. д. соединяют с вершиной $\angle A$, причем линии $A1, A2, A3$ и т. д. будут приблизительно делить $\angle BAC$ на n равных частей.

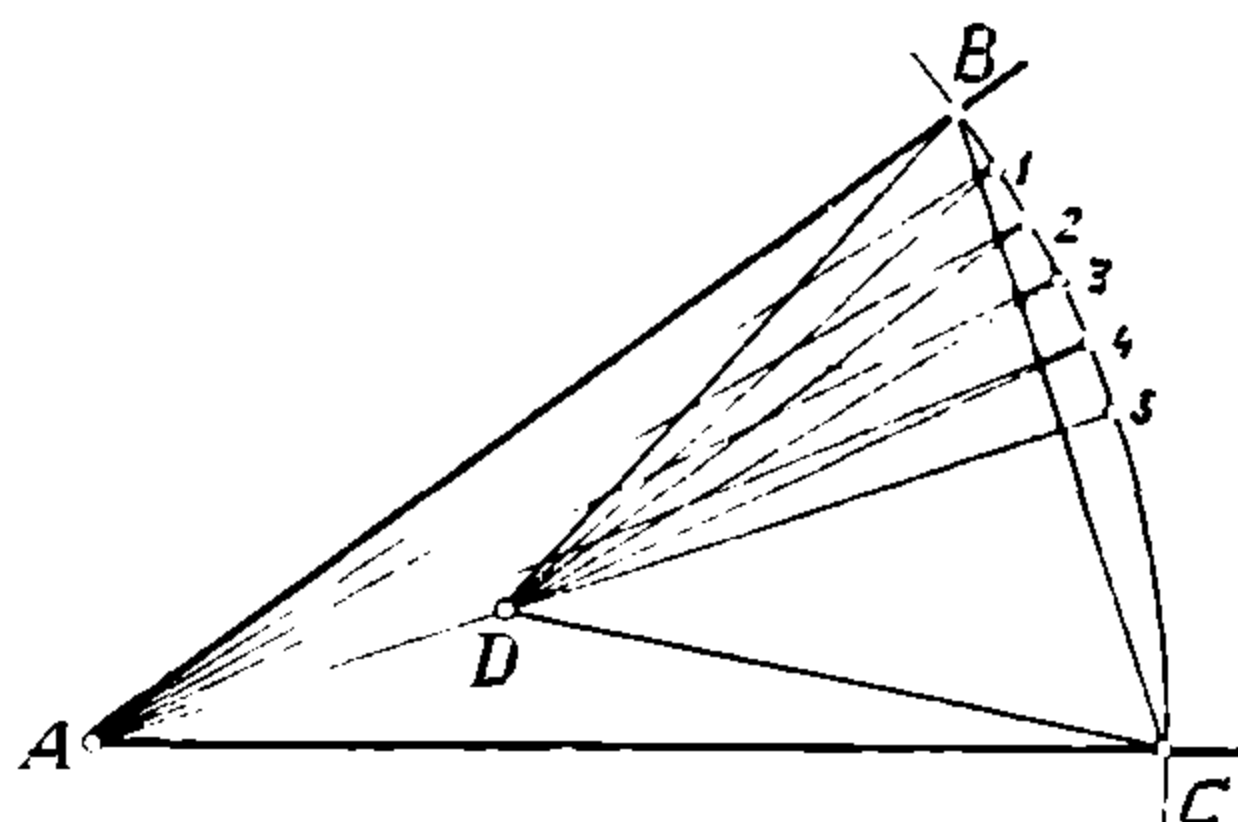


Рис. 118.

§ 12. ФИГУРЫ ИЗ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ.

Треугольники. Треугольники разделяются на: а) правильные или равносторонние, у которых все три стороны равны между собой, б) равнобедренные, у которых две стороны равны между собой, и в) неправильные, у которых все 3 стороны и все 3 угла — разные.

У равносторонних треугольников все три угла при вершинах равны между собой и составляют каждый 60° , у равнобедренных треугольников два угла, заключенные между равными сторонами и основанием, равны между собой.

Кроме того треугольники равнобедренные и неправильные могут быть: а) остроугольными, когда все три угла треугольника острые (т. е. каждый равен 60°), б) прямоугольными — когда один из углов прямой и в) тупоугольными, когда один из углов тупой.

Построение треугольников. Среди задач, которые приходится решать разметчику над треугольниками, чаще всего встречаются следующие.

Задача 1. По данным трем сторонам a, b и c построить треугольник.

Стороны треугольника могут быть даны в натуральную величину (например, на плазе) или в известном масштабе, причем на чертежах обязательно указывается числовое выражение длины. В первом случае проводят прямую MN (рис. 119), на которой должен быть построен треугольник, и откладывают на ней соответствующую

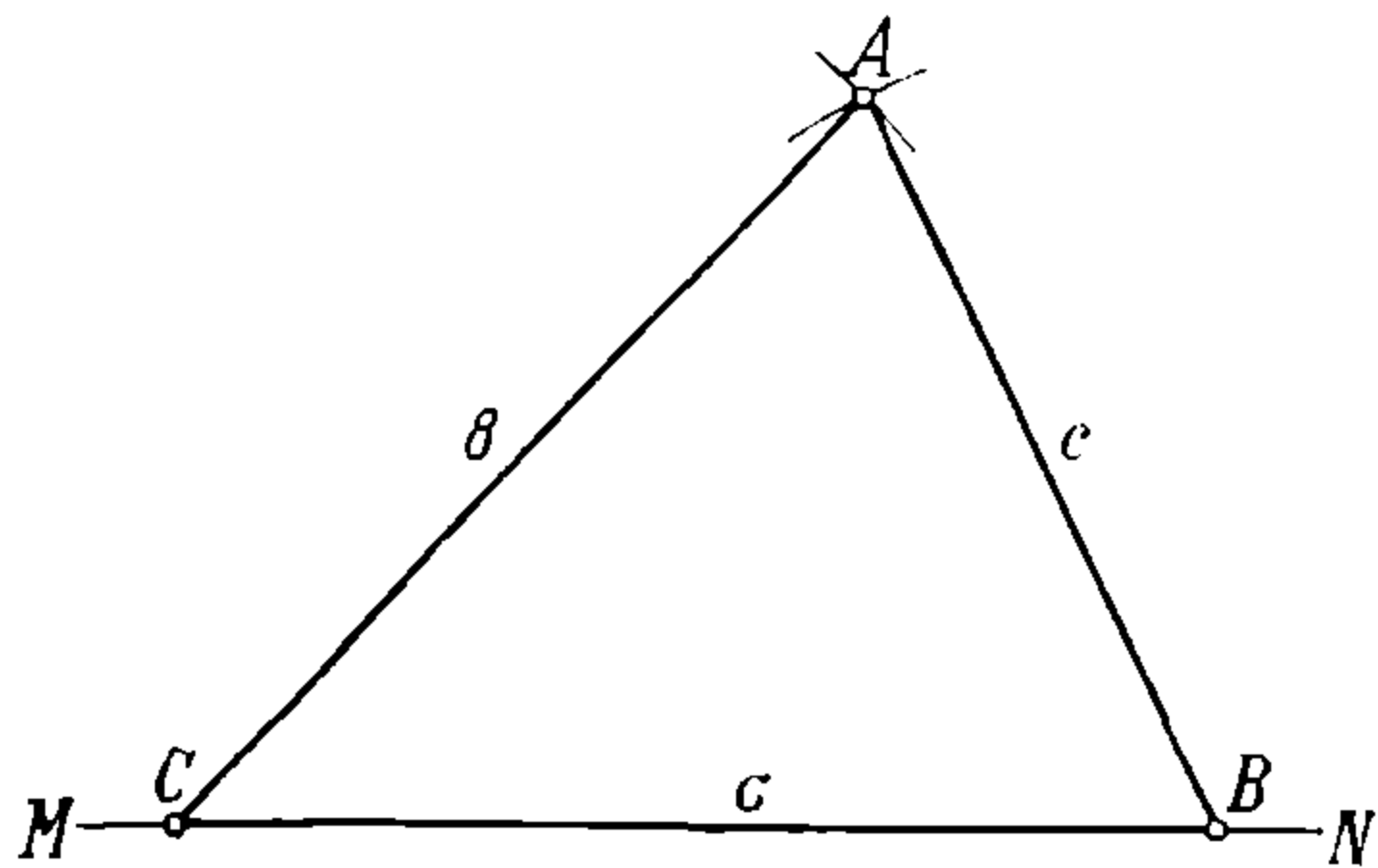


Рис. 119.

сторону треугольника, например $CB = a$, длину которой берут с чертежа или по масштабу делительным циркулем или при большой длине штангенциркулем. Из конечных точек C и B отложенного отрезка засекают дуги A ,

раздвигая ножки циркуля на длины соответствующих сторон треугольника $AC = b$ и $AB = c$. Точку A пересечения этих дуг соединяют с ранее полученными точками C и B и получают искомый $\triangle ABC$.

Если стороны треугольника даны в числовом выражении, то построение остается тем же, но отрезок a откладывают на прямой MN прямо по рулетке, поставив нулевое деление ее на () C , а в () B против соответствующего деления рулетки делают чертилкой отметку, в виде значка V . Затем, взяв последовательно с рулетки—сначала размер b , а затем c , засекают соответствующие дуги из точек B и C и точку пересечения их A соединяют с B и C .

Задача 2. По заданным двум сторонам и углу между ними построить треугольник.

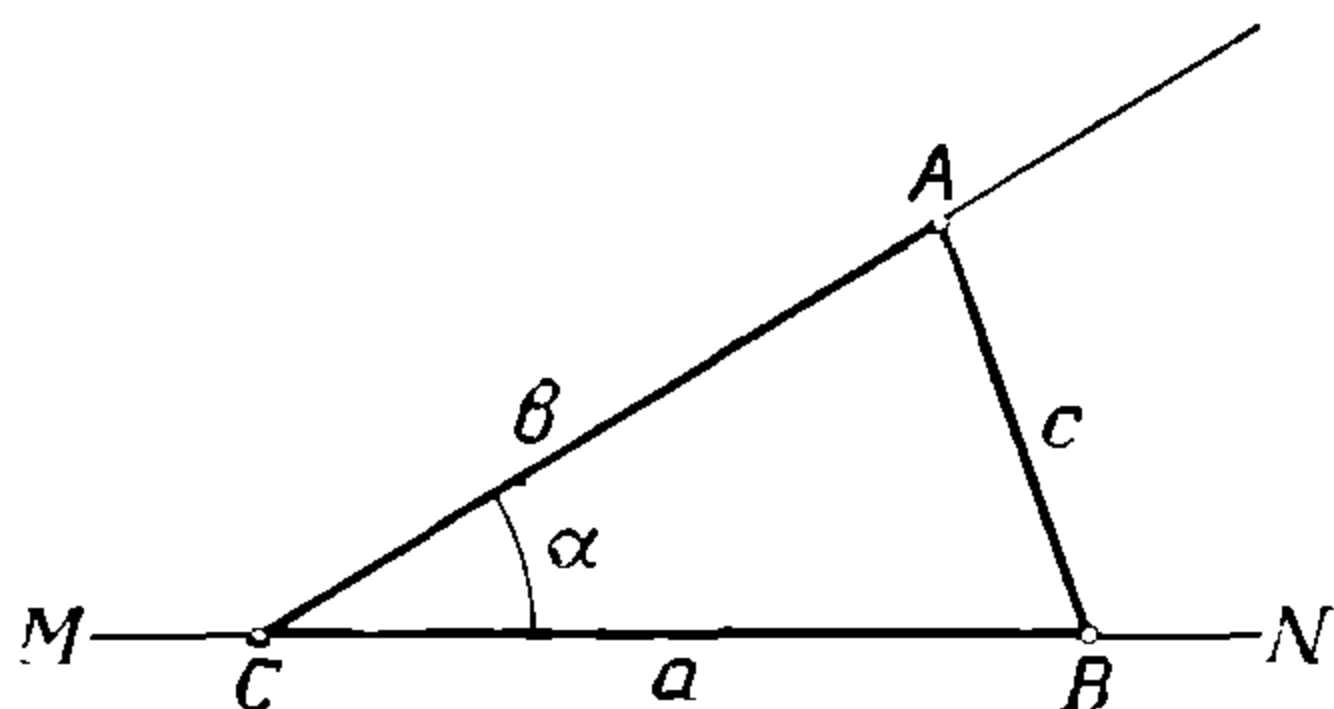


Рис. 120.

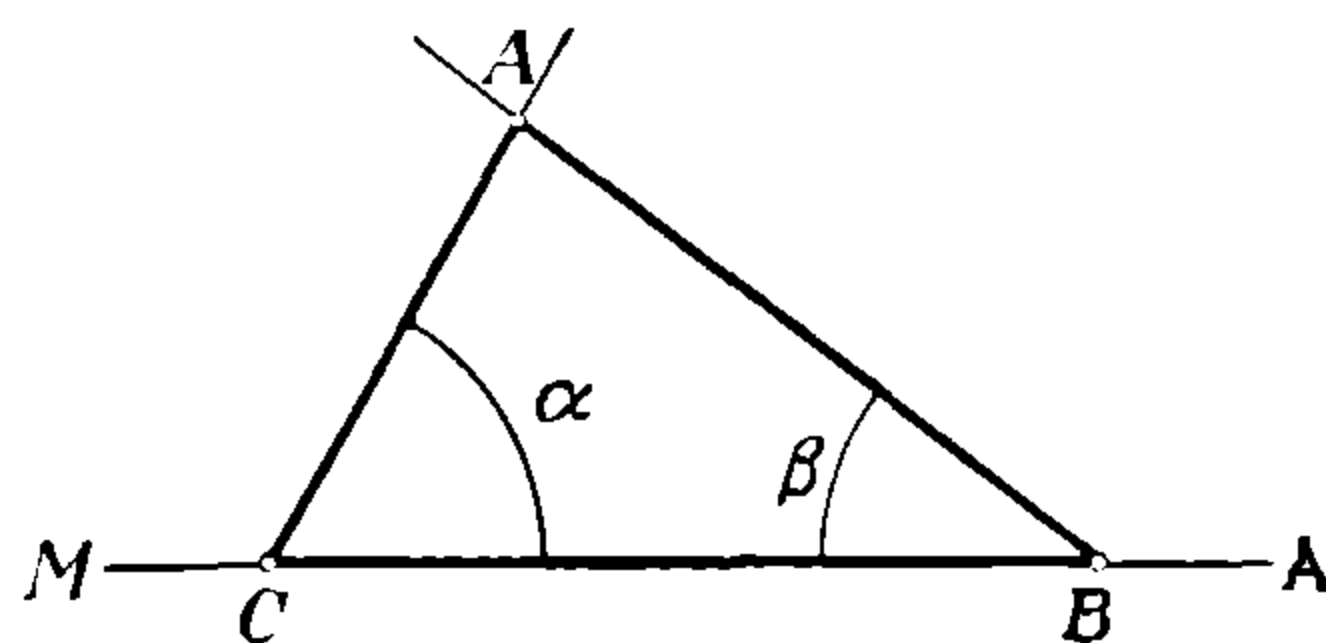


Рис. 121.

Указанными для обоих возможных случаев способами откладывают на прямой MN (рис. 120) длину соответствующей стороны $CB = a$ и в () C строят заданный $\angle \alpha$, на другой стороне которого откладывают длину второй из заданных сторон треугольника $AC = b$. Тогда третья сторона получается сама собой путем соединения точек A и B .

Задача 3. По заданному основанию треугольника и двум прилежащим углам построить треугольник.

Отложив на прямой MN (рис. 121) длину основания $CB = a$, в точках C и B строят соответствующие углы α и β , стороны которых, пересекаясь в () A , замкнут искомый треугольник.

Задача 4. По данным двум сторонам треугольника и углу, противолежащему одной из них, построить треугольник (рис. 122).

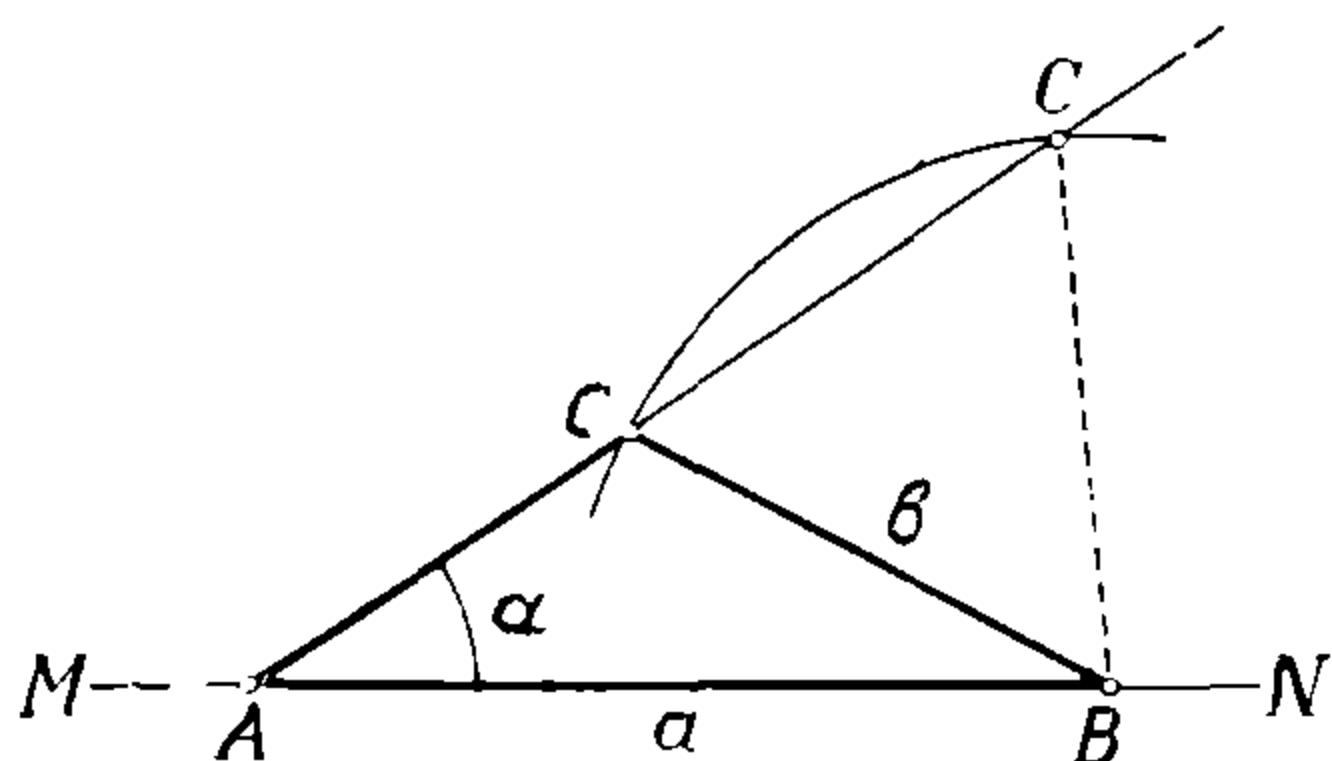


Рис. 122.

На прямой MN откладывают одну из данных сторон a и у одного из ее концов (A) строят заданный $\angle \alpha$; из другого конца отложенной стороны (B), как из центра, засекаем $\text{—} CC$ радиусом, равным второй данной стороне треугольника (b). Соединив полученную () C с () B , найдем искомый треугольник. Из рисунка видно, что задача имеет два решения, вследствие чего разметчику необходимо сообразить,

какое из решений отвечает условиям производимого им построения.

Задача 5. По данной стороне построить равносторонний треугольник.

Решается одинаково с задачей 1, причем $a = b = c$.

Задача 6. По данным основанию и прилежащему углу построить равнобедренный треугольник.

Построение то же, что и на рис. 121, с той только разницей, что в данном случае $\angle \alpha = \angle \beta$ и задача, таким образом, упрощается.

Задача 7. По данной боковой стороне равнобедренного треугольника b и углу α , прилежащему к основанию, построить треугольник.

В () C (рис. 123), взятой на прямой MN , строят заданный $\angle \alpha$, на наклонной стороне которого откладывают циркулем заданную длину боковой стороны $CA = b$ и из конечной точки ее A тем же раздвигом циркуля засекают $\sim B$; соединив точки A и B , получают искомый треугольник.

Задача 8. Построить прямоугольный треугольник по данным двум катетам

Эта задача является частным случаем задачи 2-й, когда $\angle \alpha = 90^\circ$. Строят прямой угол и на его сторонах откладывают длины катетов, конечные точки которых соединяют между собой, замыкая искомый треугольник.

Задача 9. Построить прямоугольный треугольник по данным катету и гипотенузе.

Эта задача является частным случаем задачи 4-й, когда $\angle \alpha = 90^\circ$. Строят прямой угол и на соответствующей стороне его откладывают длину данного катета. Из конечной точки катета засекают радиусом, равным длине гипотенузы, другую сторону прямого угла и, соединив полученную точку с концом отложенного катета, находят искомый треугольник.

Задача 10. Построить прямоугольный треугольник по данному катету и прилежащему углу.

На одном конце катета восстанавливают перпендикуляр к нему, а на другом конце строят данный угол, наклонную сторону которого продолжают до встречи с перпендикуляром.

Задача 11. Построить прямоугольный треугольник по данной гипотенузе и одному из острых углов.

Принимают гипотенузу за диаметр окружности, которую строят на ней; затем на одном конце гипотенузы (диаметра) строят данный угол. Если теперь точку пересечения построенной стороны угла с окружностью соединить с другим концом гипотенузы, то получится искомый треугольник.

Другой способ построения заключается в том, что построив на одном конце гипотенузы данный острый угол, из другого конца ее опускают на построенную сторону угла перпендикуляр.

Задача 12. Разделить данный треугольник на n равновеликих частей прямыми, параллельными его основанию.

Пусть дан $\triangle ABC$; на одной из сторон (BC) строим полуокружность и делим BC на 3 равных части; в точках

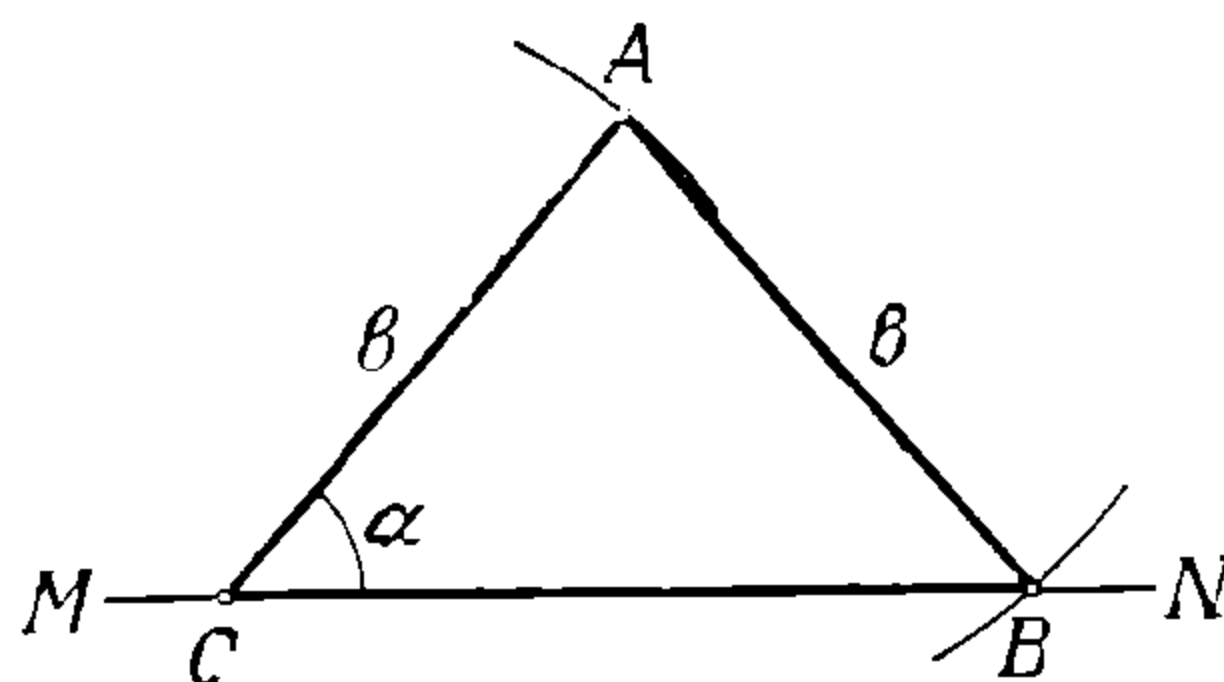


Рис. 123.

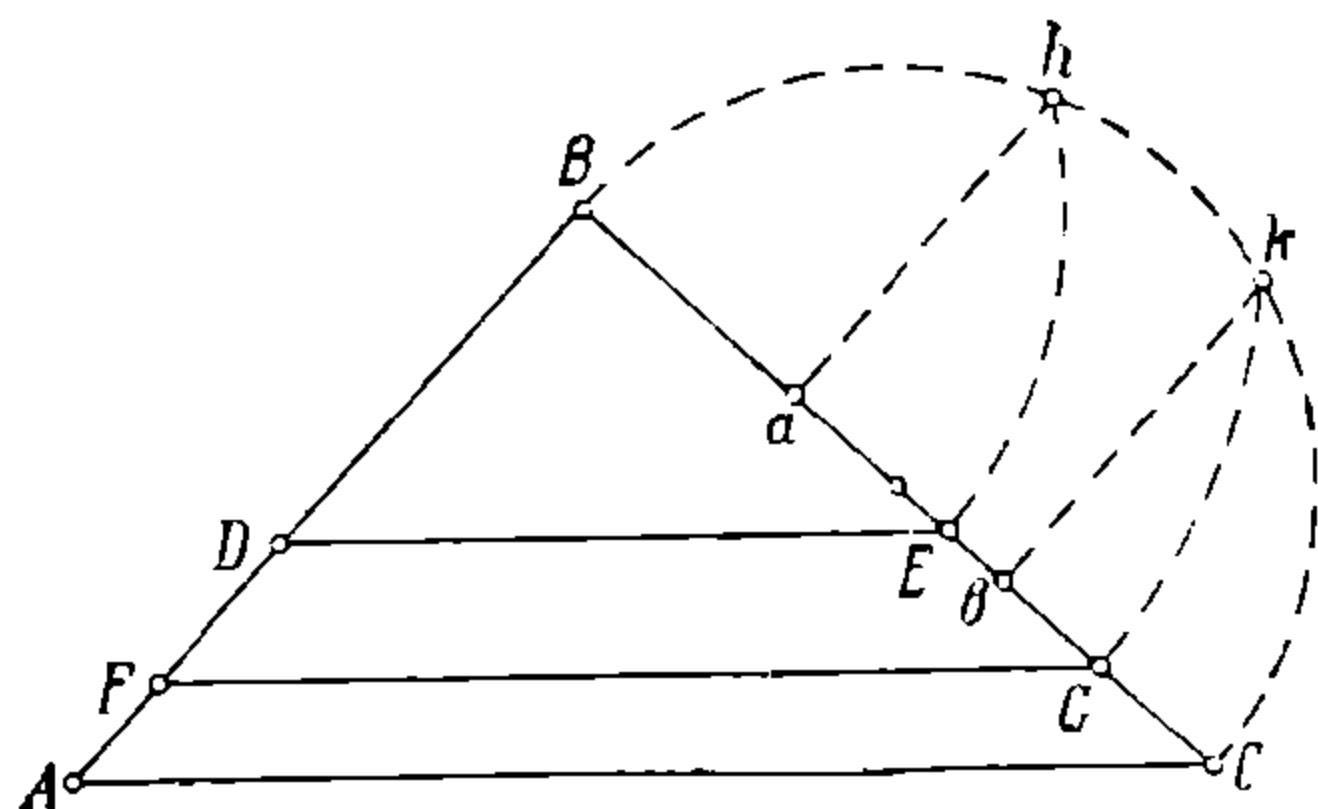


Рис. 124.

a и b восстанавливают $ah \perp BC$ и $bh \perp BC$; затем засекая на () B радиусами Bh и Bk сторону BC , находят точки E и G , проводя через которые $DE \parallel AC$ и $FG \parallel AC$, получают фигуры $AFGC$, $FDEG$ и DBE — равновеликие по площадям.

Четырехугольники. Четырехугольники разделяют на прямоугольные и косоугольные. К первым относятся квадраты и собственно прямоугольники, а ко вторым — трапеции, параллелограммы, ромбы и неправильные четырехугольники. Рассмотрим последовательно построения тех и других.

Построение прямоугольника. Задача 1. По данным сторонам A и B построить прямоугольник.

С этой задачей разметчику приходится все время встречаться в работе, так как подавляющее большинство размечаемых листов имеют именно прямоугольную форму.

В виду этого, такого рода построения должны быть твердо усвоены разметчиком не только с чисто геометрической стороны, но и с учетом всех тех условий, с которыми ему приходится считаться в своей повседневной практике.

Предположим поэтому, что на данный лист требуется нанести прямоугольник, по сторонам которого должны быть расположены центры заклепочных отверстий.

Здесь надо различать два случая: а) длина прямоугольника больше его ширины в 2—5 раз и б) соотношение тех же размеров составляет от 1 : 6 до 1 : 10 и более.

а) В первом случае одну из длинных кромок предназначенного для разметки листа принимают за базис и производят построение приемами, подробно описанными выше в главе I.

б) Если длина прямоугольника значительно превышает его ширину (в 6—10 и более раз), то построение ведется теми же приемами, но с той разницей, что длинные стороны прямоугольника наносятся не линейкой, а с помощью шнура, как это было описано ранее. Кроме того, прямоугольник разбивается на несколько отсеков перпендикулярами к основанию, на которых откладывается высота прямоугольника, причем все полученные точки должны лежать на одной прямой, противолежащей основанию, что также проверяется шнуром. По окончании построения каждый из отрезков проверяется по диагоналям.

Задача 2. По данной длине диагонали и одной из сторон построить прямоугольник.

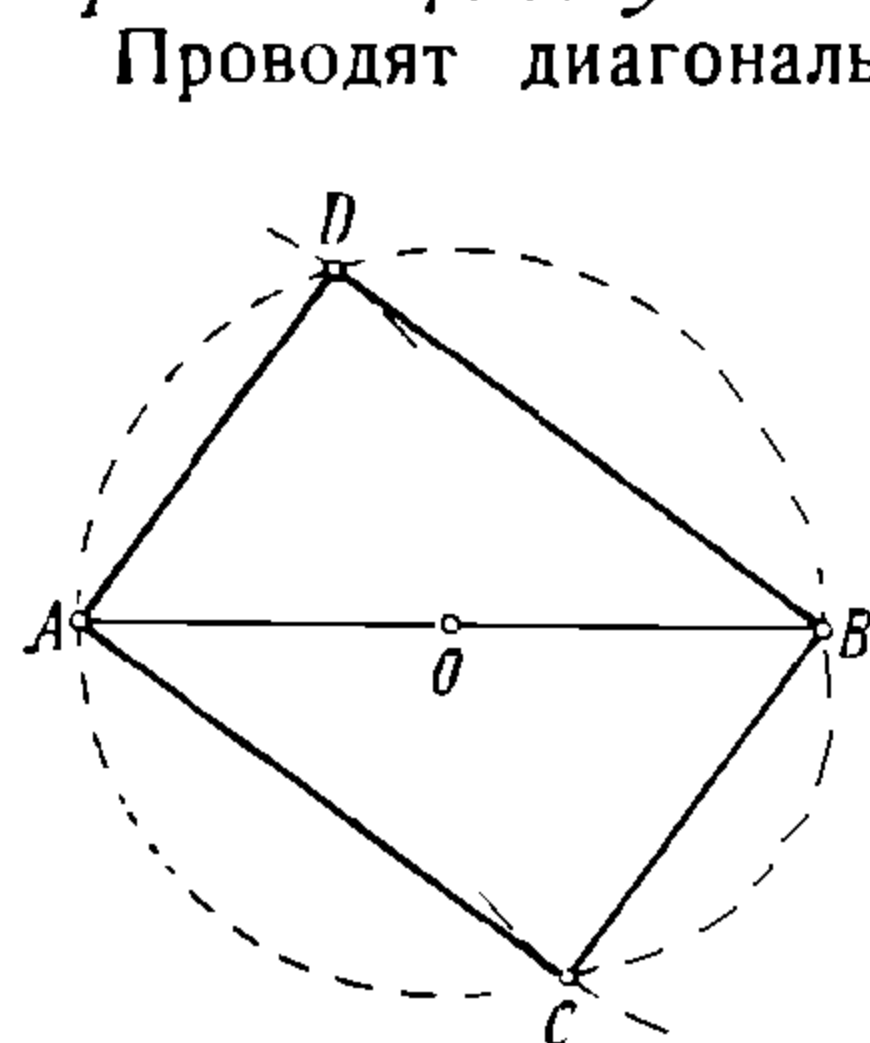


Рис. 125.

Проводят диагональ AB (рис. 125) и делят ее пополам в () O и из нее, как из центра, радиусом OA , равным половине диагонали AB , описывают окружность. Затем из точек A и B радиусом, равным длине данной стороны $AD = BC$, делают засечки на окружности в точках D и C . Соединяя точки A , D , B и C , получают искомый прямоугольник.

Задача 3. По данной стороне A построить квадрат.

Эта задача представляет собою частный случай задачи 1-й, когда соотношение сторон равно 1 : 1; построение остается тем же, и останавливаться на нем нет надобности.

Задача 4. По данной диагонали построить квадрат.

Данную диагональ AB делим пополам в () O (рис. 126), из которой восстанавливаем к линии AB перпендикуляр CD (вторую диагональ квадрата). Из () O , как из центра, радиусом, равным половине данной длины диагонали, засекаем диагонали в точках A , B , C и D . Соединяя эти точки прямыми, получим искомый квадрат.

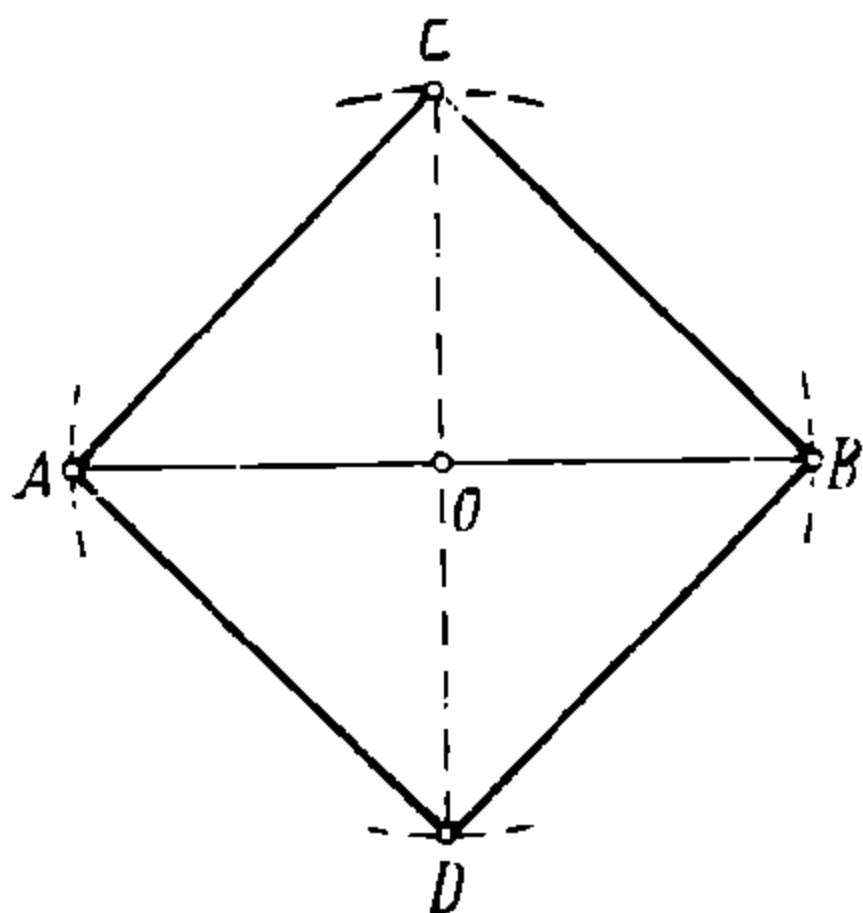


Рис. 126.

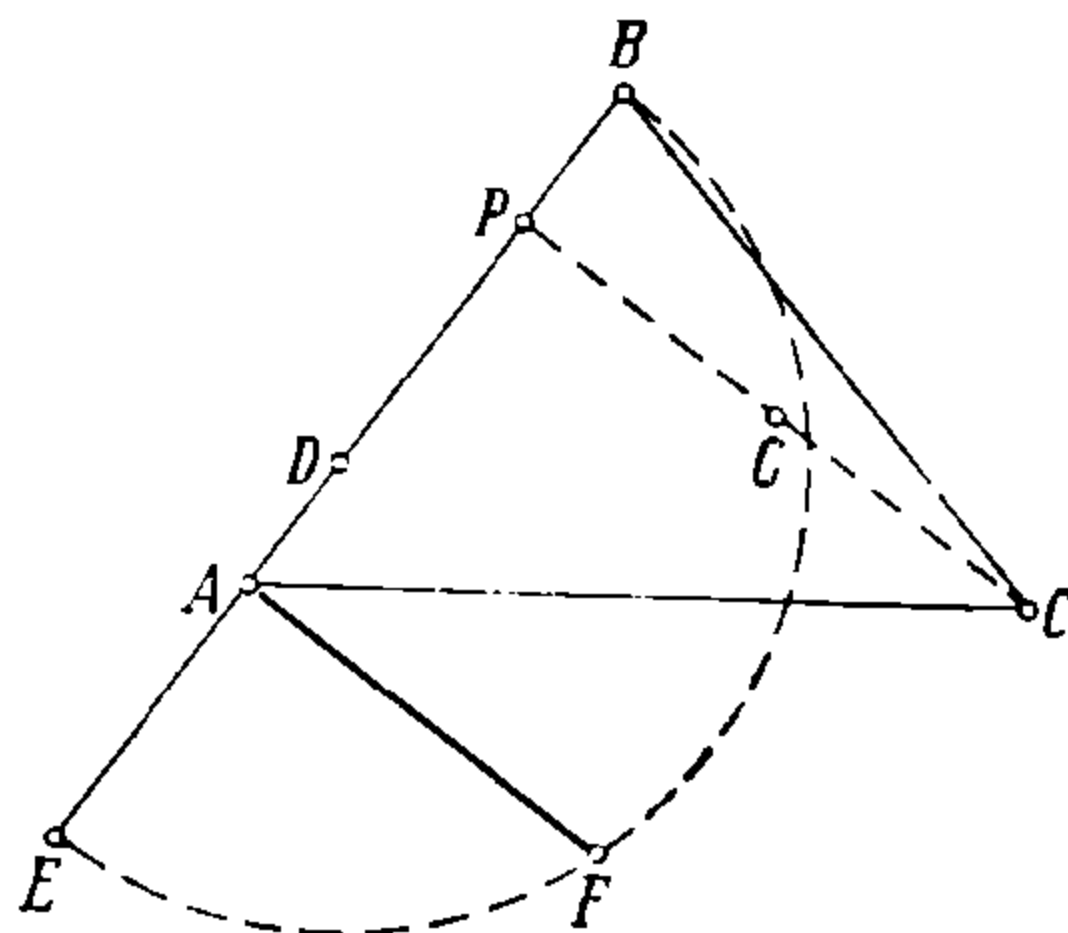


Рис. 127.

Задача 5. Построить квадрат, равный по площади (равновеликий) данному треугольнику.

Из вершины C данного $\triangle ABC$ (рис. 127) спускаем перпендикуляр CP на сторону AB и делим его пополам в () G . Продолжаем затем сторону AB и на ее продолжении откладываем отрезок $EA = PG = CG$. Прямую EB делим пополам в () D , из которой, как из центра, радиусом $DE = DB$ описываем полуокружность. Наконец, из () A восстанавливаем перпендикуляр к линии AB , пересекающей проведенную полуокружность в () F . Прямая AF и будет стороной искомого квадрата, зная которую, уже легко его построить — приемами, указанными в задаче 3-й.

Задача 6. Построить квадрат, с площадью в два раза большей площади данного квадрата.

Пусть $AGEF$ (рис. 128) — данный квадрат. Диагональ этого квадрата оказывается равной стороне квадрата, с площадью вдвое большей площади данного квадрата. Если теперь на продолжениях линий EF и EG отложить от () E отрезки EH и EJ , равные диагонали FG , и построить на них квадрат $HBJE$, то площадь его будет, согласно вышесказанному, в два раза больше площади данного квадрата $AGEF$.

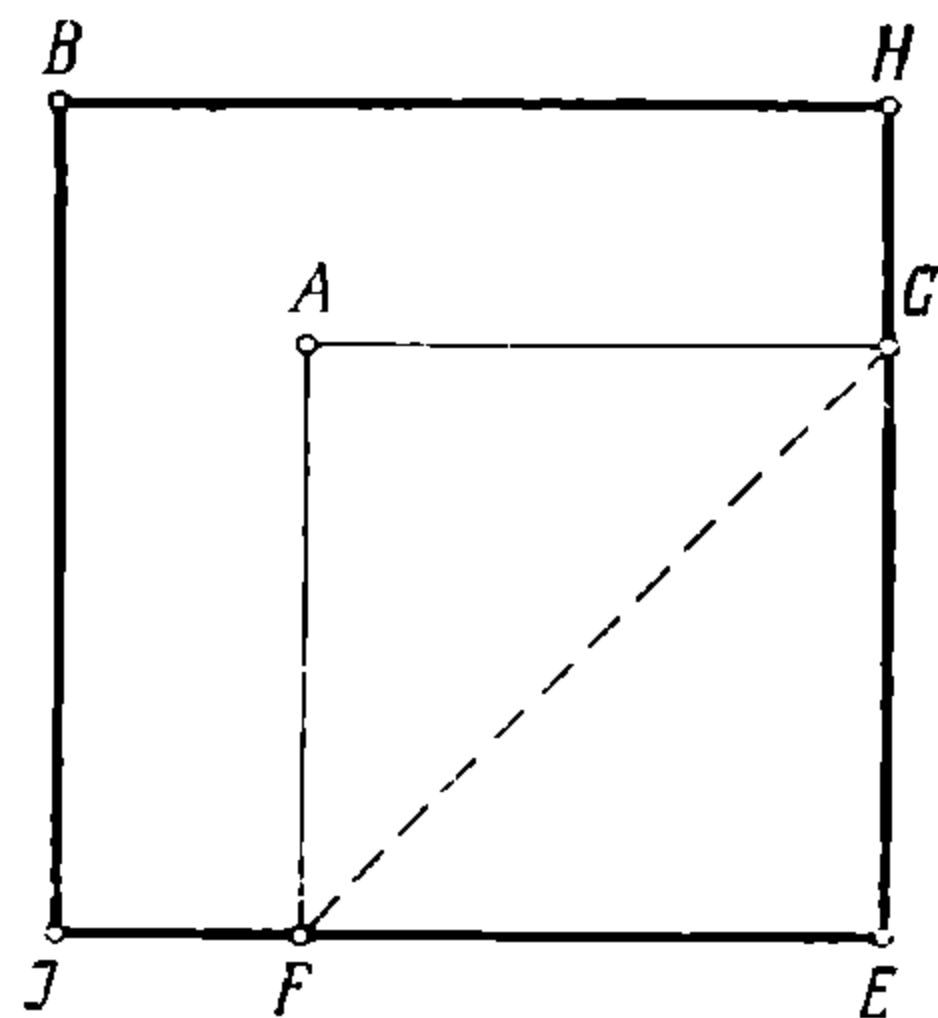


Рис. 128.

Дальнейшее построение приводит к получению квадратов с площадями в 2^2 , 2^3 , 2^4 и т. д. раз большими площади данного квадрата.

Задача 7. Построить квадрат с площадью, равной площади данного круга (т. е. равновеликий данному кругу) *).

*) Эта задача, известная под названием „квadrатура круга“, считается графически, т. е. при помощи циркуля и линейки, неразрешимой. Предлагаемый способ дает решение с точностью двух десятизначных знаков, т. е. вполне достаточной для практических целей.

Диаметр AB данного круга (рис. 129) делят на 14 равных частей и от () A отсчитывают 11 частей до () D , из которой восстанавливают к диаметру перпендикуляр CD , пересекающий данную окружность в () C . Прямая AC будет стороной искомого квадрата, равновеликого данному

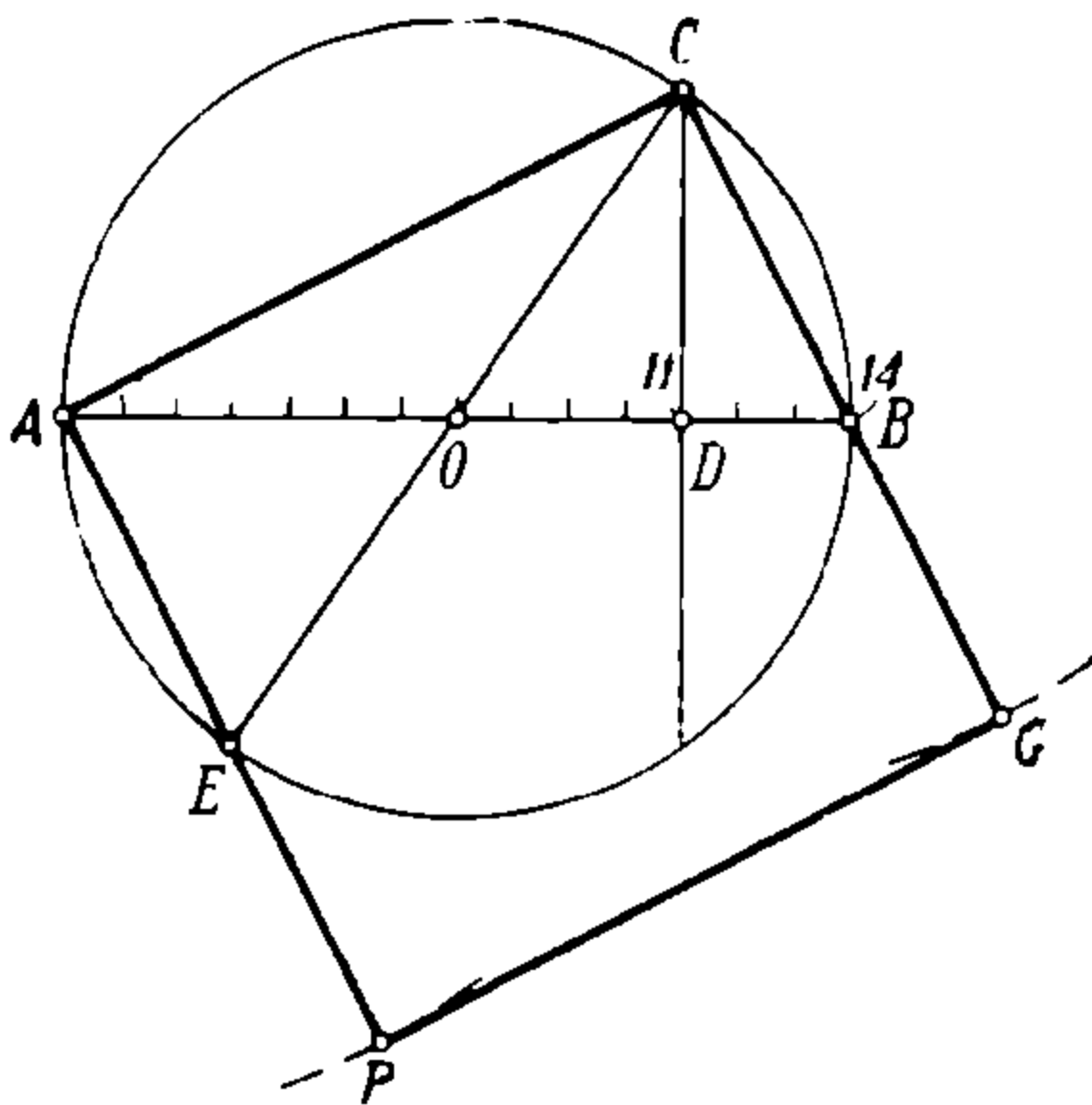


Рис. 129.

кругу. Для построения этого квадрата из () C проводят прямую, проходящую через центр O круга и пересекающую окружность в () E , а из () A через () E проводят прямую AF , которая, являясь стороной вписанного угла, опирающегося на диаметр (т. е. прямого), будет перпендикулярна к AC . Равным образом и прямая CG , соединяющая точки C и B , также перпендикулярна к AC . Если теперь радиусом AC из точек A и C (как из центров) засечь AF и CG дужками F и G и соединить полученные таким образом точки, то мы найдем искомый квадрат $ACGF$.

Задача 8. По данным четырем сторонам a, b, c и d построить трапецию.

Приемами, указанными в задаче 1-й, наносят на лист (рис. 130) отрезок $AB = a$ (длина нижнего основания трапеции) и от () B откладывают влево отрезок $BC = c$ (длина верхнего основания). Затем из точек A и C засекают дужки D радиусами, соответственно равными b и d (длины непараллельных сторон) и из () D (пересечения этих дужек) проводят $DE \parallel AB$. Отложив на полученной параллели отрезок $DE = c$ и соединив точки E и B , замыкают искомую трапецию.

Как в данном случае, так и во всех последующих, построение трапеции должно производиться или на одном из ее оснований, или на средней линии. Если же задано положение одной из боковых сторон трапеции, то решают задачу в стороне, а затем переносят полученную трапецию на размечаемый лист, исходя из положения ее боковой стороны, т. е. переносят сначала оба угла, прилежащих к боковой стороне, на сторонах которых откладывают длины соответствующих оснований трапеции и, наконец, соединяют полученные концевые точки.

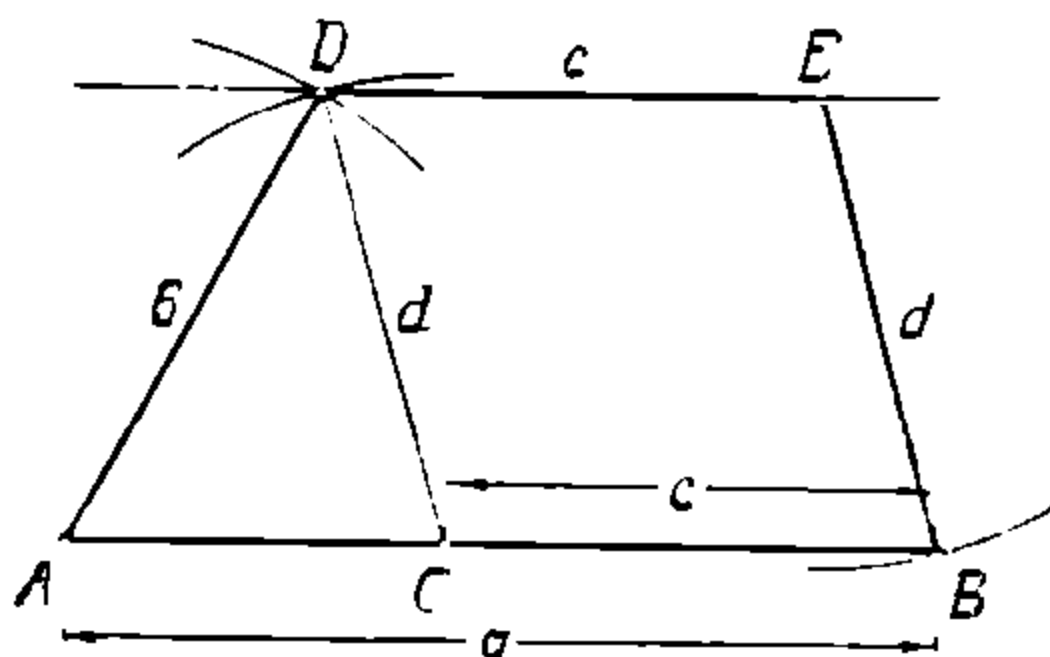


Рис. 130.

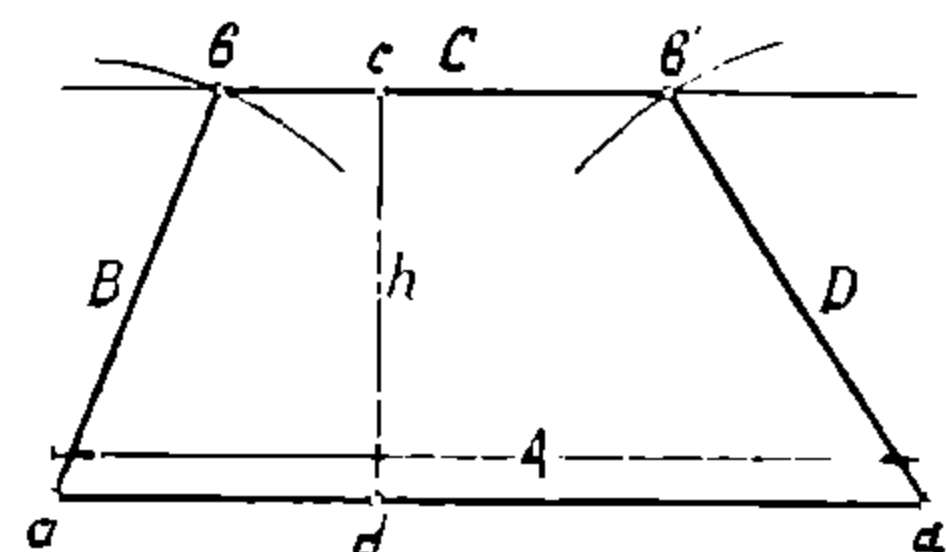


Рис. 131.

Задача 9. По данному основанию A , высоте h и двум боковым сторонам B и D построить трапецию.

Нанеся на лист основание трапеции A , восстанавливают в любой точке d перпендикуляр (рис. 131) и откладывают на нем высоту трапеции h ;

в полученной () с проводят параллель к основанию. Затем из точек a и a' , радиусами, равными соответственным боковым сторонам, засекают дуги b и b' ; соединив теперь () a с b и () a' с b' , находят искомую трапецию.

Задача 10. По данному основанию A , высоте h , одному углу α (при основании) и по данной стороне C , параллельной основанию, построить трапецию.

Наносят на листе основание A , при конечной точке его a (рис. 132) строят $\angle \alpha$ и из произвольной () d основания восстанавливают к нему перпендикуляр cd ; через () c проводят параллель к основанию, на которой откладывают длину верхней стороны C от точки встречи параллели со стороной $\angle \alpha$. Соединив полученную () b' с a' , замыкают искомую трапецию.

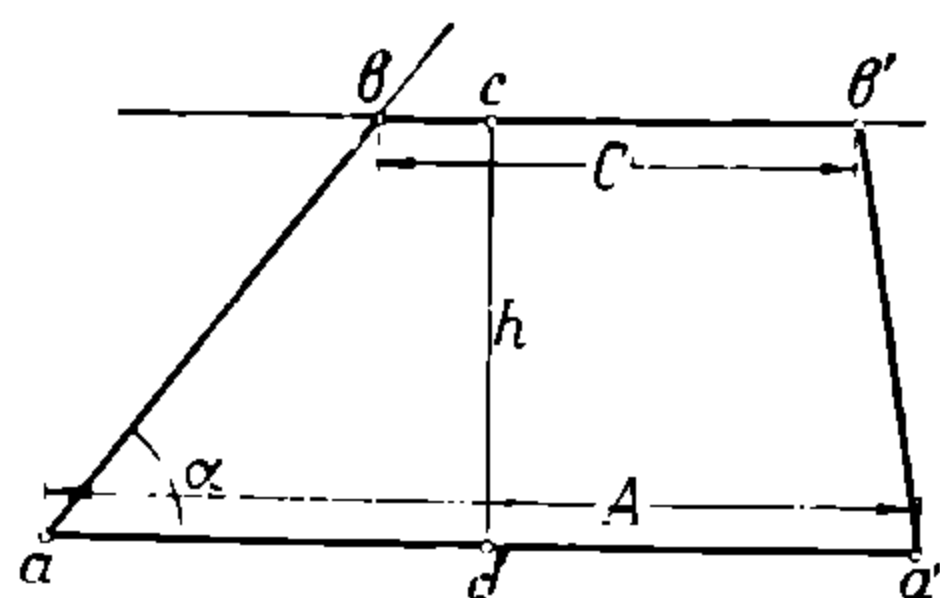


Рис. 132.

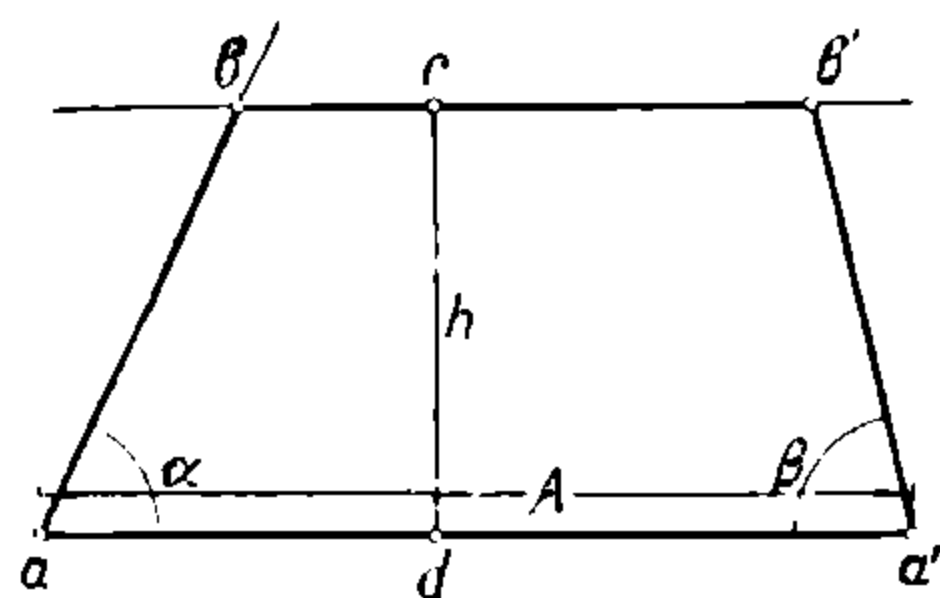


Рис. 133.

Задача 11. По данному основанию A , высоте h и двум прилежащим к основанию углам α и β построить трапецию.

Наносят на лист основание A (рис. 133) и по концам его строят углы α и β ; затем из произвольной () d восстанавливают перпендикуляр к основанию, на котором откладывают высоту h . Проведя через полученную () c параллель к основанию, продолжают ее до встречи с наклонными сторонами обоих углов. Полученная фигура $abb'a'$ и есть искомая трапеция.

Задача 12. По данному основанию A , высоте h и обоим диагоналям L и N построить трапецию.

Наносят основание A (рис. 134) и из произвольной () d восстанавливают к нему перпендикуляр dc , на котором откладывают высоту h и проводят через полученную () c параллель к aa' . Затем из точек a и a' радиусами, равными соответственным диагоналям L и N , засекают эту параллель дугами b и b' ; соединив () b с a и () b' с a' , находят искомую трапецию.

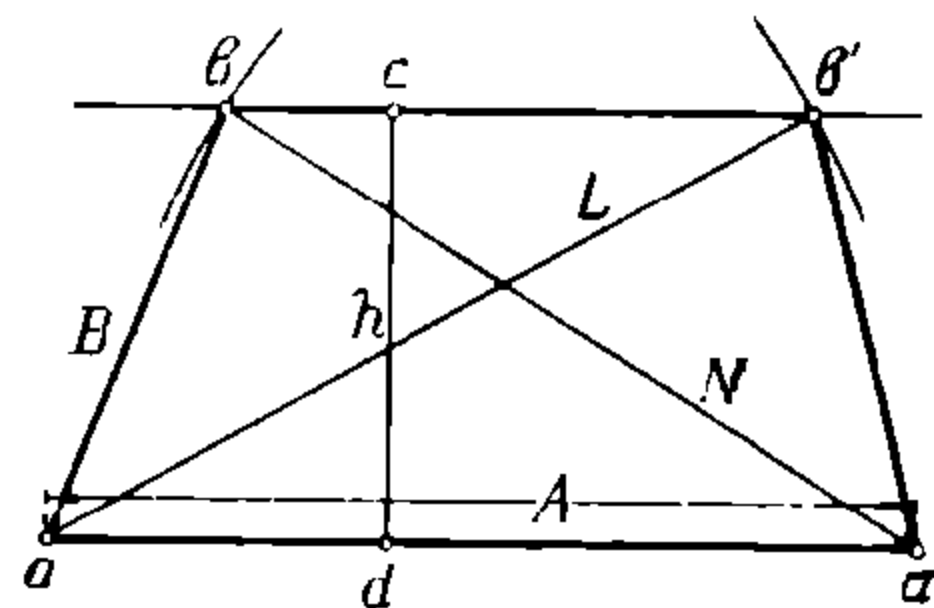


Рис. 134.

Задача 13. По данному основанию A , одной из боковых сторон B и обоим диагоналям L и N построить трапецию.

Наносят основание A (рис. 135), из конечной его () a проводят дугу b радиусом, равным боковой стороне B , а из () a' засекают эту дугу другой радиусом, равным соответственной диагонали L . Через полученную () b проводят параллель к основанию; из конечной точки основания a засекают эту параллель дугой b' радиусом, равным другой диагонали N . Полученную () b' соединяют с () a' и таким образом замыкают искомую трапецию.

Во всех случаях построения трапеций необходимо точно устанавливать взаимное расположение данных величин, иначе возможно получить вместо искомой трапеции — парную к ней (зеркальное изображение) (рис. 136), которая хотя и равновелика с искомой по площади, но может оказаться негодной, если, например, на ней должно быть нанесено отверстие на расстоянии l от правой вершины a .

Каждая вычерченная трапеция после разметки также должна быть проверена в отношении правильности ее размеров.

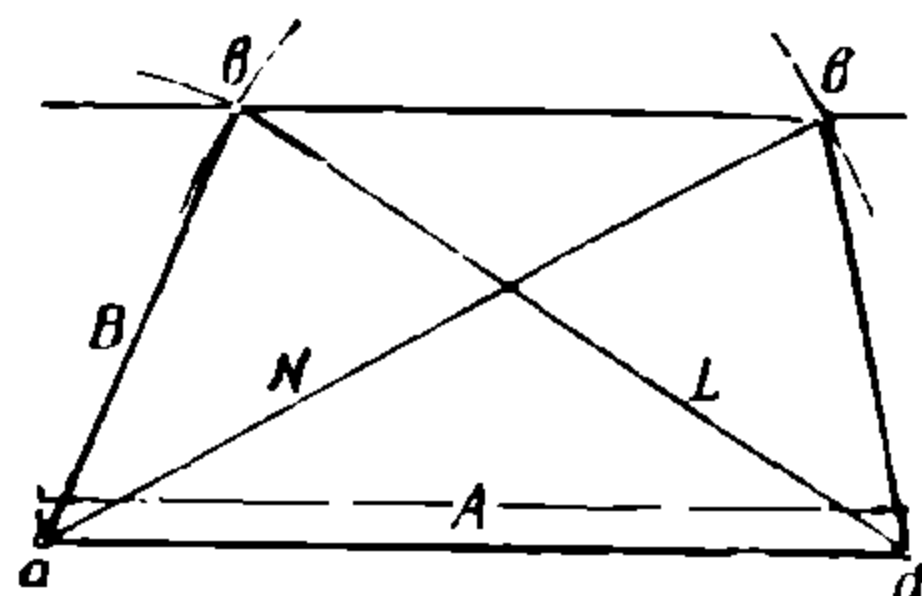


Рис. 135.

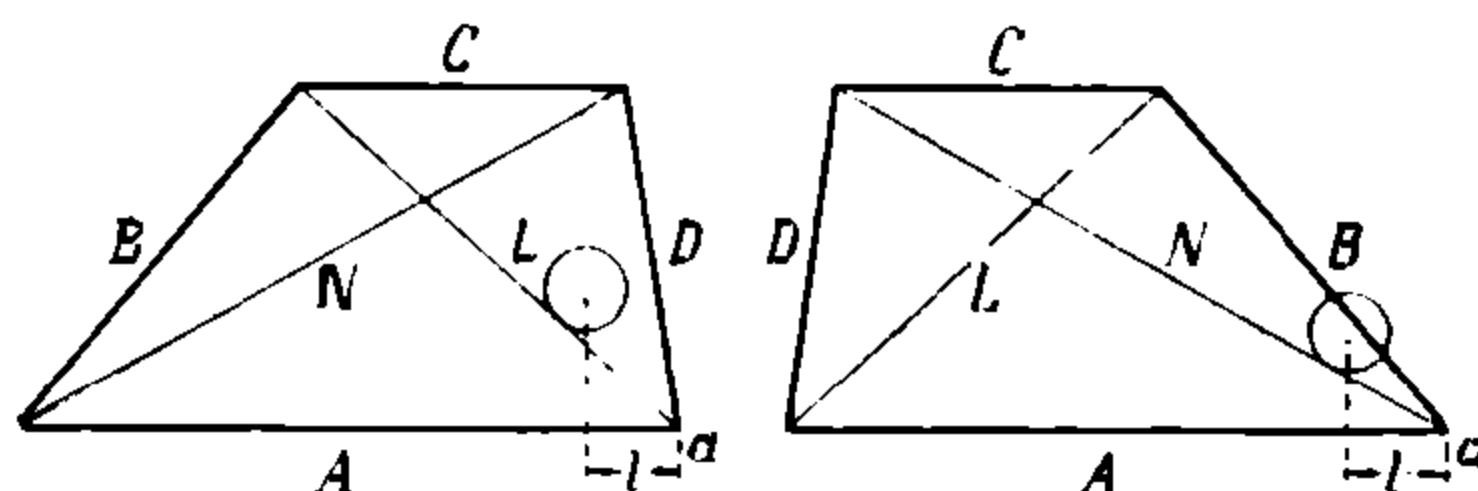


Рис. 136.

Построение правильных косоугольных четырехугольников.

В отношении правильных косоугольных четырехугольников (параллелограммов) могут встречаться такие же задачи, как и приведенные нами задачи для трапеций, но с некоторыми отличиями, вызываемыми попарным равенством противоположных друг против друга сторон и углов. Так, например, зная стороны параллелограмма (задача 3), еще нельзя его построить, а нужно знать кроме того или острый угол при основании (другой угол является дополнительным к первому до 180°), или высоту параллелограмма. Задача разрешается подобно задаче 4 (рис. 137).

Задачи 5 и 6 видоизменяются таким образом, что достаточно знать основание параллелограмма, его высоту и острый угол при основании.

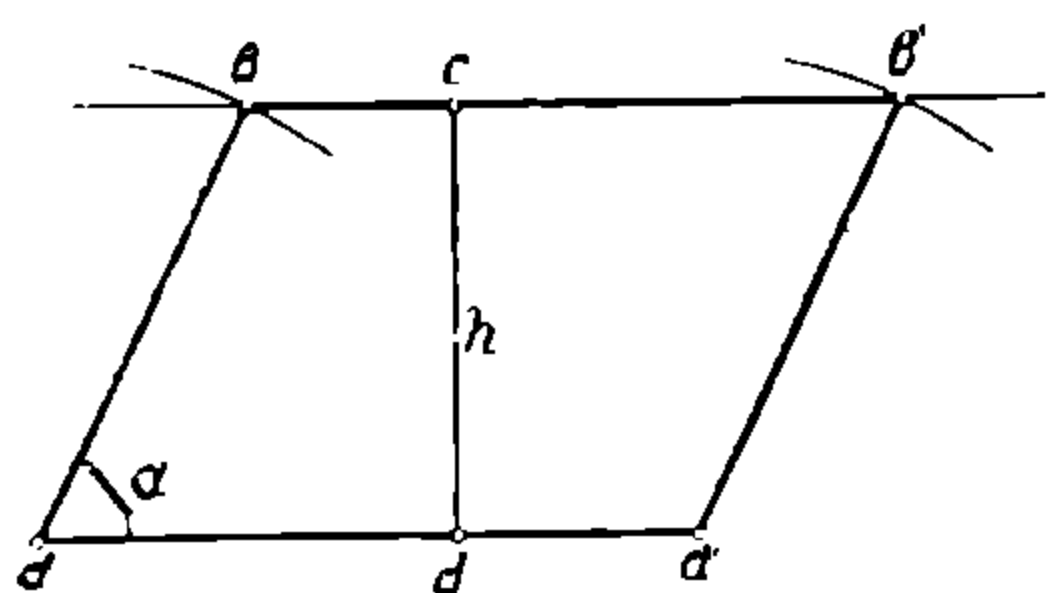


Рис. 137.

Задачи 7 и 8 остаются без изменения в той же формулировке и разрешаются построением, приведенным выше.

Все задачи на построение ромба, являясь частными случаями задач на построение параллелограмма, особого рассмотрения не требуют. Надо только помнить, что у ромба все 4 стороны равны и диагонали взаимно перпендикулярны и что он представляет собой вытянутый по одной из диагоналей квадрат.

Наконец, рассмотрим задачи на построение неправильных четырехугольников, т. е. таких, у которых стороны не параллельны и не равны друг другу, равно как не равны между собой и углы. С такими фигурами разметчику приходится часто встречаться при разметке угловых планок (косынок) в узлах конструкций. Данными в этих случаях являются чаще всего линии, по которым располагаются заклепочные отверстия и углы между ними. Линии эти ab и cd (рис. 138) не являются диагоналями фигуры, а определяются тем, что одна из них, например, ab , находится на определенном расстоянии e от одной из сторон четырехугольника, а другая cd расположена под определенным $\angle a$ к первой, пересекая ее в определенной точке. Таким образом, чтобы построить четырехугольник, изображенный на рис. 138, необходимы следующие данные: l', l'', l''' , e , a и a ,

а построение начинается с того, что на лист железа наносят, на расстоянии, равном e , от базисной кромки отрезок $ab = l''$, от точки a которого откладывают размер l''' и через полученную () c проводят линию cd под углом α к линии ab ; отложив по cd от () c размер l' , мы найдем конечную () d линии cd . Восстановив из () d перпендикуляр к cd , откладываем на нем длину a , равную обычно ширине полки прилегающего вдоль линии cd уголка, причем в () d размер a должен делиться на две части, сообразно с риской на уголке. Соединив теперь точки e с a и f с b и продолжив линию ea и fb до пересечения с базисной кромкой, мы получим искомый четырехугольник.

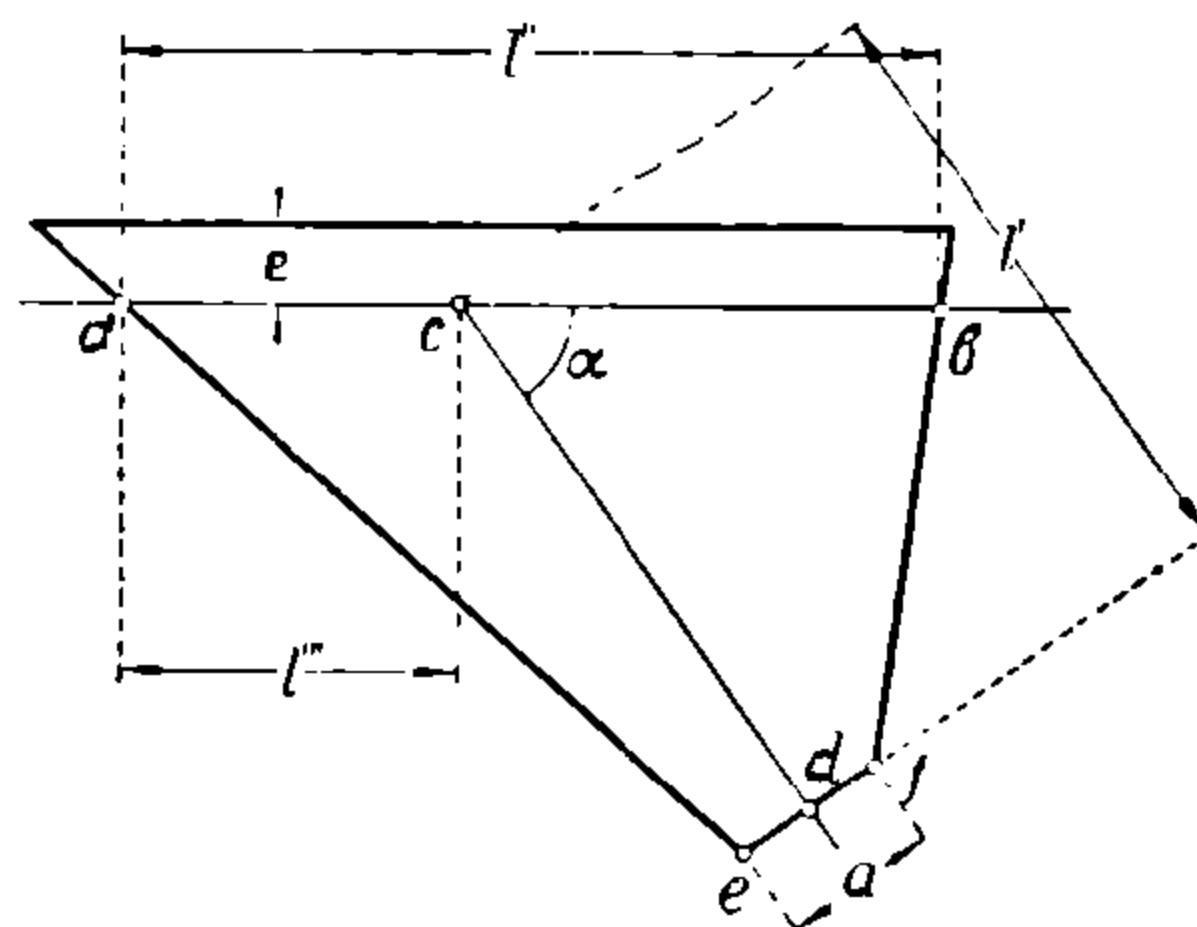


Рис. 138.

Но, кроме такого случая, разметчику приходится строить неправильные четырехугольники и по другим данным (как это часто встречается при разметке, например, дымовых выходов паровых котлов, разного рода бункеров, корпусов судов и т. п.). Чаше других приходится разрешать следующие задачи.

Задача 1. Построить четырехугольник по трем углам и двум сторонам, образующим 4-й угол.

Так как сумма углов четырехугольника равна $4d$, то 4-й угол четырехугольника равен 360° минус сумма трех данных углов. Построив этот угол, данные стороны четырехугольника откладывают по его сторонам и к ним пристраивают два данных угла. Стороны этих пристроенных углов должны при пересечении дать третий данный угол, что, кстати, служит проверкой построения.

Задача 2. Построить четырехугольник по трем сторонам a, b, c и диагоналям m и n .

По двум сторонам $AB = c$ и $BC = a$ (рис. 139) и одной из диагоналей $AC = m$ легко построить $\triangle ABC$, затем из конца диагонали A или C радиусом, равным третьей данной стороне b , очерчивают дугу D , а из вершины B радиусом, равным второй данной диагонали n , засекают дугу E . Соединив точку пересечения дуг D и E с точками A и C , находят искомый четырехугольник. Легко усмотреть, что задача эта может иметь 12 различных решений, в зависимости от комбинаций, в которых берутся данные для построения.

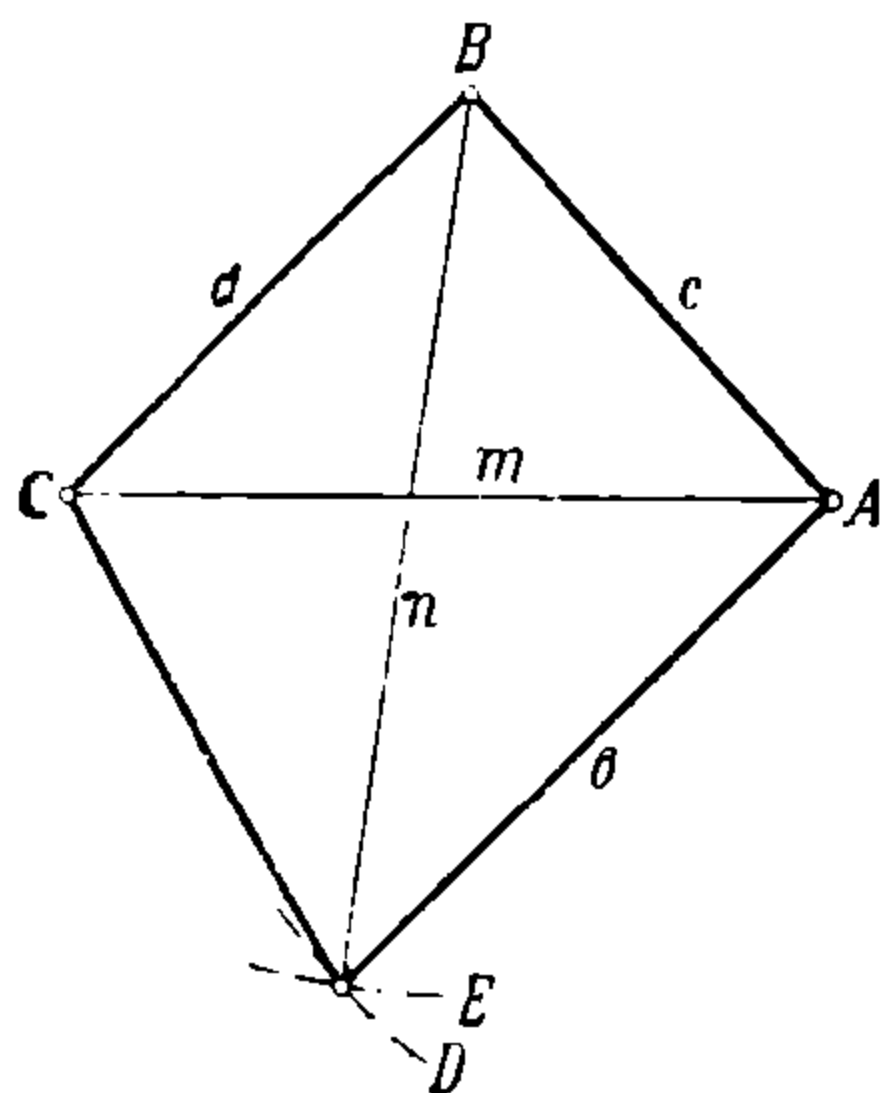


Рис. 139.

Построение правильных многоугольников. Многоугольник называется правильным, если все его стороны и углы равны между собою. В каждый правильный многоугольник может быть вписан круг, равно как и вокруг каждого правильного многоугольника может быть описан круг.

Задача 1. По данной стороне AB построить правильный пятиугольник (рис. 140).

а) Из точки B данной стороны AB (рис. 140а) проводят $CB \perp AB$, причем откладывают $CB = \frac{AB}{2}$. Соединив затем () C с A , на продол-

жении AC откладывают $CD = BC$. Из точек B и A радиусом, равным BD , засекают 2 дужки, которые пересекутся в () O . Из () O , как из центра, тем же радиусом описывают окружность, которая пройдет через точки A

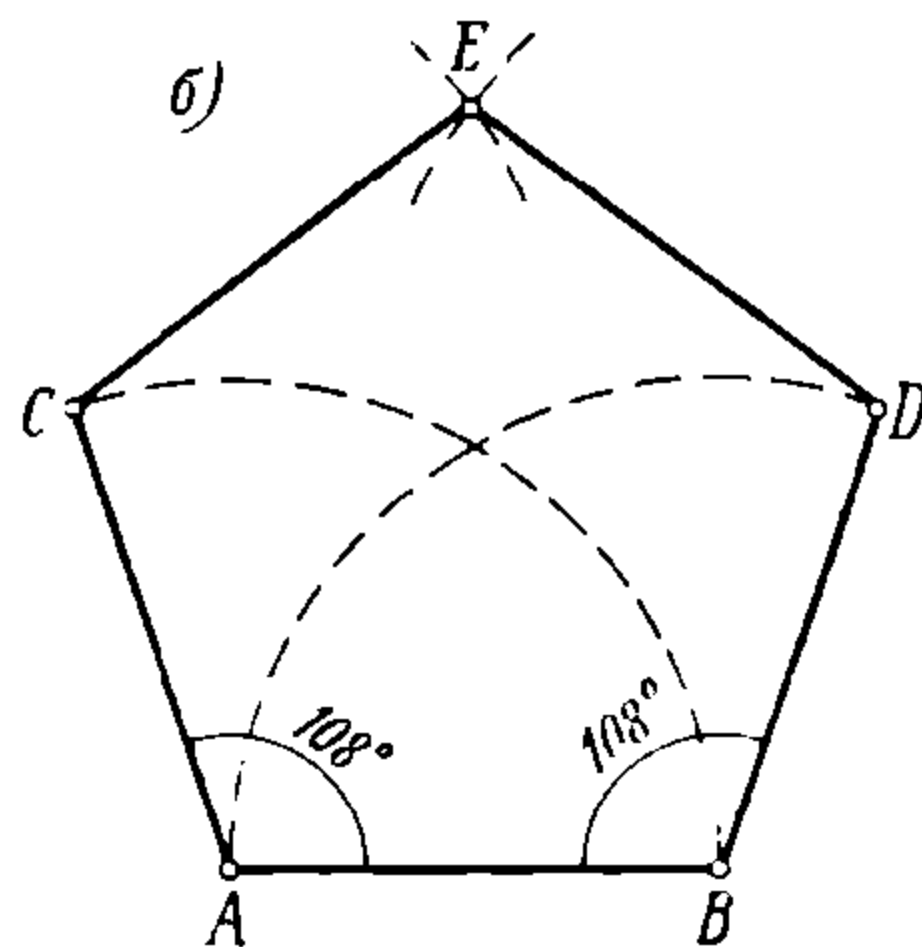
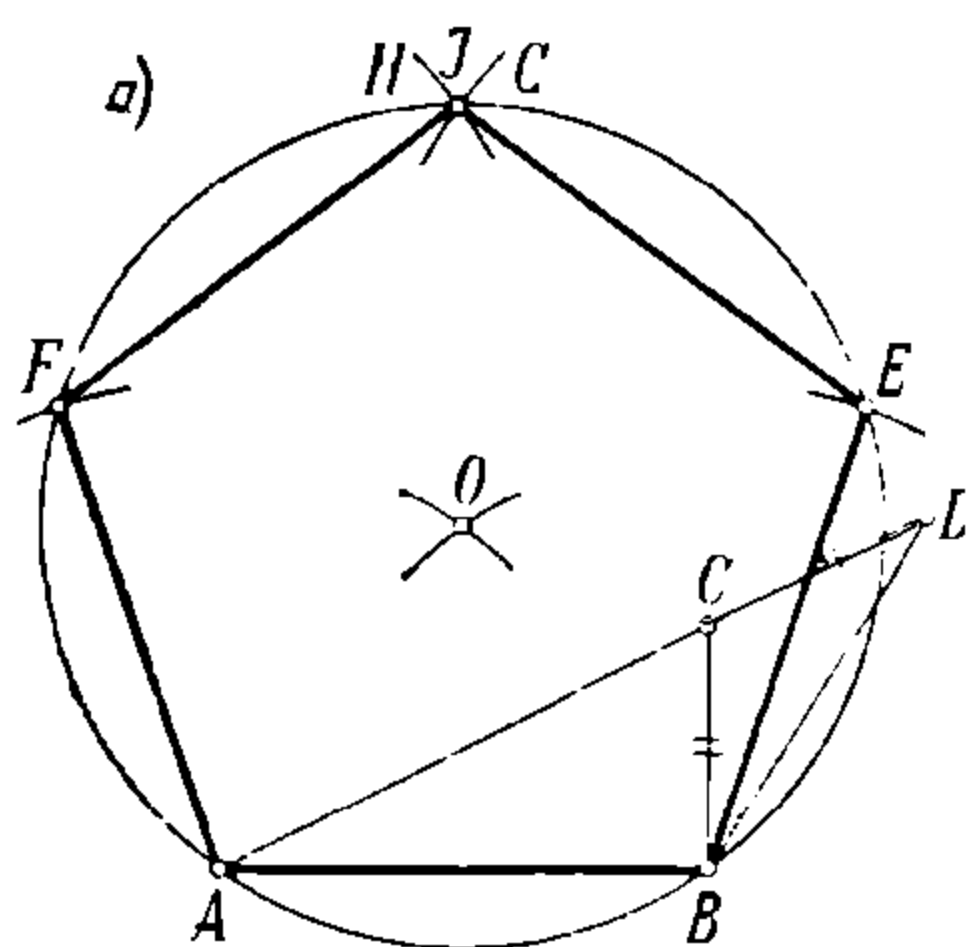


Рис. 140.

и B . Если теперь из точек A и B радиусом, равным AB , засечь эту окружность дужками E и F , а из точек E и F , в свою очередь, тем же радиусом засечь дужки G и H , то они должны пересечься в одной () J , лежащей на нашей окружности. Соединив последовательно прямыми точки A , F , J , E и B , мы получим искомый пятиугольник.

б) Из концов данной стороны A и B (рис. 140б) описываем дуги радиусом AB и строим на ней при точках A и B , с помощью транспортира, углы по 108° (угол правильного пятиугольника равен $\frac{6d}{5} = \frac{6 \cdot 90^\circ}{5} = \frac{540^\circ}{5}$), стороны которых продолжаем до пересечений с дугами; из полученных точек C и D , тем же радиусом AB , засекаем дужки E . Фигура $ABDEC$ и есть искомый пятиугольник. Проверка: () E должна совпасть с восстановленным из середины AB перпендикуляром.

Задача 2. По данной стороне построить правильный шестиугольник.

Расположение шестиугольника может быть задано относительно его оси симметрии или одной из его сторон.

В первом случае построение ведется следующим образом: на данной оси симметрии шестиугольника PQ выбирают, по соображению, некоторую () O , из которой радиусом, равным заданной стороне шестиугольника r , описывают окружность (рис. 141) $ABCDEF$. Затем из () A , тем же радиусом r , засекают дужки B и F , а из () D — дужки C и E . Соединив полученные точки пересечения этих дужек с окружностью — одну за другой — прямыми, находят фигуру $ABCDEF$, которая и есть искомый шестиугольник.

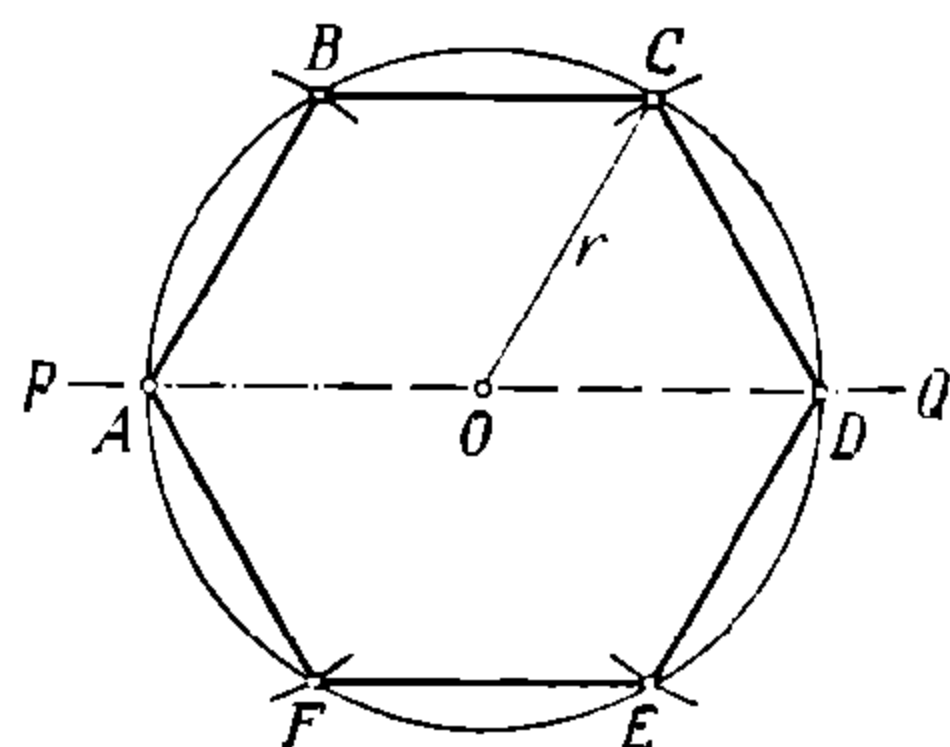


Рис. 141.

Решение этой задачи основано на известной геометрической зависимости, согласно которой сторона правильного шестиугольника равна радиусу описанного вокруг него круга.

Во втором случае, на линии PQ , по которой должна быть расположена одна из сторон шестиугольника, наносят отрезок AB (рис. 142), равный по длине заданной стороне шестиугольника. Затем из точек A и B тем же раздвигом циркуля засекают две дужки, пересекающиеся в () O , которая является центром описанного круга; из точек A и B тем же радиусом за-

секают дуги C и F , а радиусы AO и BO продолжают до пересечения с окружностью в точках D и E . Соединив точки A, B, C, D, E, F и A прямыми, получим искомый шестиугольник.

Для проверки правильности построения из точек C и F нужно тем же радиусом, равным заданной стороне шестиугольника, засечь дуги E и D , которые должны пересечь окружность в тех же точках, в которых ее пересекли продолженные радиусы OA и OB .

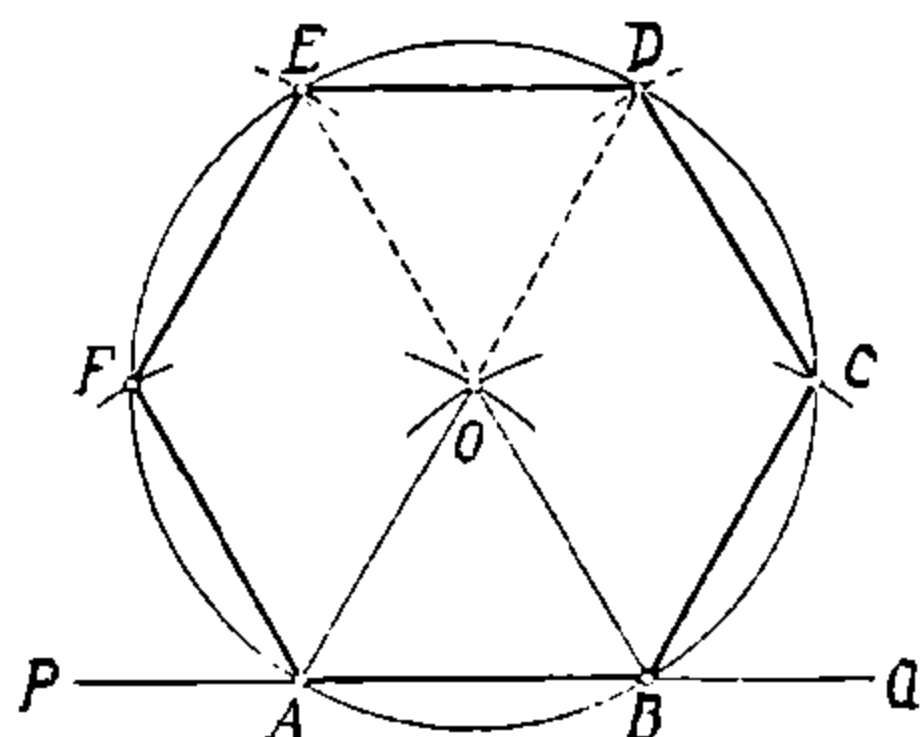


Рис. 142.

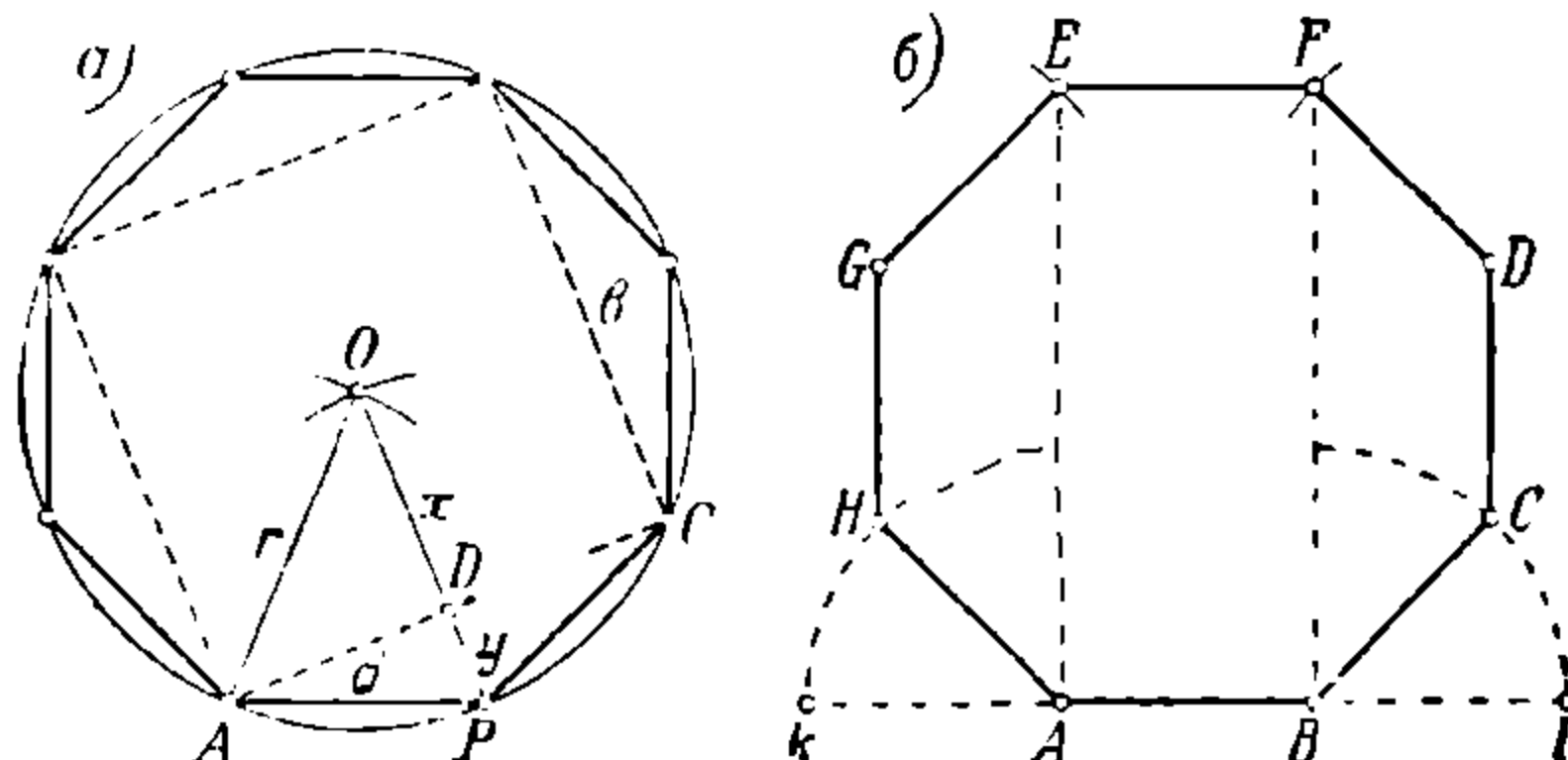


Рис. 143.

Задача 3. По данной стороне построить правильный семиугольник.

Эта задача представляет собой частный случай общей задачи 6, приводимой ниже, и поэтому останавливаться на ней мы здесь не будем.

Задача 4. По данной стороне построить правильный восьмиугольник.

1) Если мы представим себе вписанный в круг квадрат (рис. 143а) такого размера, что, разделив его стороны пополам и продолжив апофемы до пересечений с окружностью, мы получим восьмиугольник, со стороной, равняющейся a (заданной), то легко видеть, что радиус круга $r = x + y$, где $x = OD$, а $y = DB$, т. е. отрезкам радиуса r , отсекаемым от него стороной квадрата.

Из прямоугольных $\triangle OAD$ и $\triangle BAD$ имеем:

$$x^2 = r^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 = r^2 - \left(\frac{r\sqrt{2}}{2}\right)^2,$$

где:

$$b^2 = r^2 + r^2 = 2r^2$$

или

$$b^2 = (r\sqrt{2})^2,$$

После упрощения имеем:

$$x = \frac{r}{\sqrt{2}}$$

и

$$y^2 = a^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 = a^2 - \frac{r^2}{2}.$$

Следовательно:

$$r = \frac{r}{\sqrt{2}} + \sqrt{a^2 - \frac{r^2}{2}},$$

откуда

$$r = \frac{a}{\sqrt{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \frac{1}{2}}}$$

или

$$r = \frac{a}{0,768} = 1,307 a.$$

Зная таким образом радиус описанного круга и засекая из концов данной стороны восьмиугольника две дуги радиусом r , найдем центр описанного круга O ; описав окружность радиуса r и откладывая на ней данную сторону $AB = a$, найдем вершины искомого восьмиугольника.

2) Эту задачу можно решить и иначе. Из точек A и B (рис. 1436) данной стороны восьмиугольника восстанавливают перпендикуляры AE и BF и радиусом $AB = a$ очерчивают из точек A и B по $1/4$ окружности; затем делят эти $1/4$ окружности пополам, получают биссектрисы $AN = BS = a$; из точек N и S проводят $GN \parallel AE$ и $CS \parallel BF$. Отложив $NG = CS = a$, получают точки D и G , из которых радиусом a засекают перпендикуляры AE и BF в точках E и F . Соединив последовательно все полученные точки, находят искомый восьмиугольник.

Задача 5. По данной стороне построить правильный десятиугольник.

Эту задачу разрешают обычно двояко: или чисто графически, как частный случай задачи 6 (см. ниже), или вычисляя радиус описанного круга, который определяется формулой

$$R = \frac{a}{0,618} = 1,618 a,$$

где a — данная сторона десятиугольника. Засекая этим радиусом две дуги из концов нашего отрезка, находят центр описанного круга, в который и вписывают искомый правильный десятиугольник приемами, указанными в задаче 15.

Задача 6. По данной стороне построить правильный многоугольник с любым числом сторон.

Эта задача вполне точного решения графическим способом не имеет, но с достаточным для практики приближением может быть разрешена следующим образом.

Отложив заданную сторону многоугольника AB (рис. 144) на прямой AB , из точек A и B описывают радиусом $r = AB$ две дуги AC и BG и в () B проводят $BC \perp AB$. Затем делят AC на число частей, равное числу сторон искомого многоугольника (на рис. 144 — на 7 частей) и через второе деление [считая от (•) C], обозначенное буквой E , проводят линию BO . Отложив от () D (пересечение дуг AC и BG) по $\smile BG$ отрезок $DG = DE$, соединяют () G с A и продолжают линию AG до встречи с BE в () O , которая является центром окружности, описанной около искомого многоугольника.

Дальнейшее построение сводится к делению части окружности $ANMLKJBA$ на $(n - 1)$ частей, причем могут встретиться два случая:

а) число n — нечетное; тогда, так как $(n - 1)$ — число четное, названную часть окружности надо последовательно делить пополам, столько раз, сколько возможно, а затем уже шагая циркулем, раздвинутым на длину AB , ошупью разделить полученные отрезки дуг на соответствующее число частей;

б) число n — четное; в этом случае продолжают радиус AO или BO до пересечения с окружностью, и затем каждую полуокружность делят пополам (если $\frac{n}{2}$ — четное), пока это возможно, и затем уже заканчивают деление каждой части окружности, шагая циркулем. Соединив последовательно все полученные точки прямыми, получают искомый многоугольник.

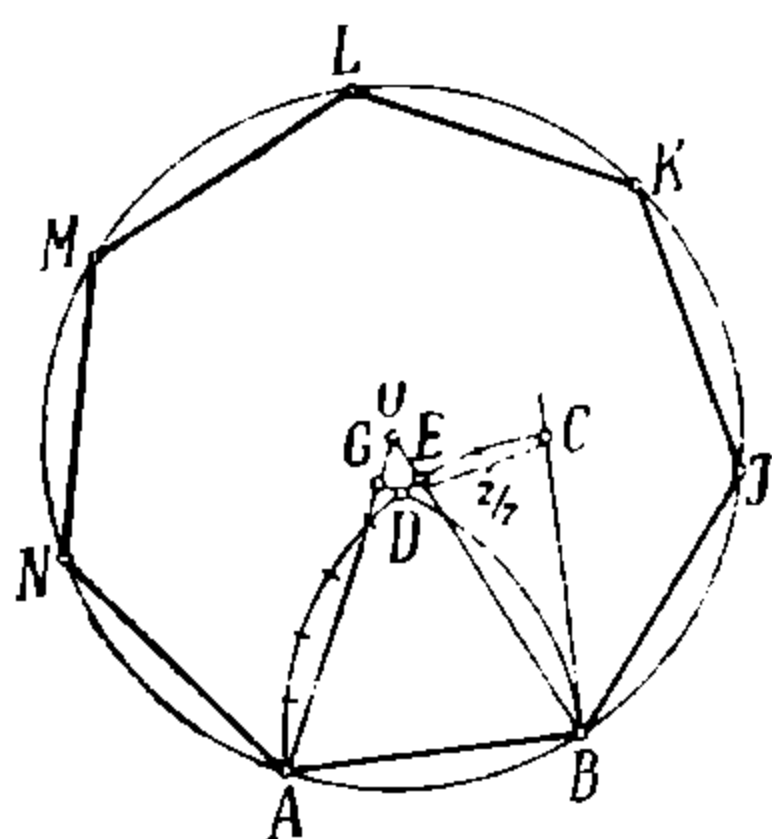


Рис. 144.

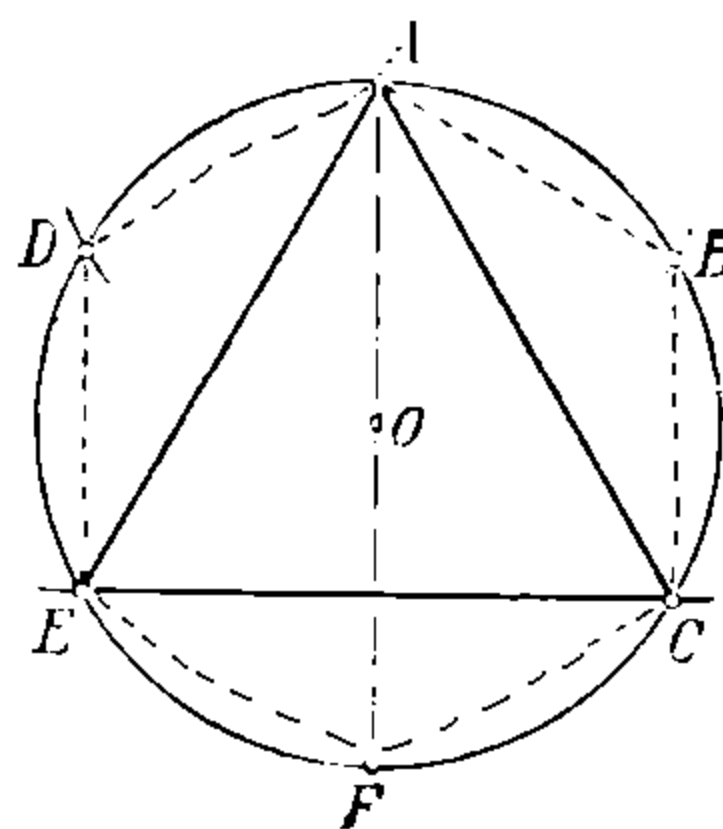


Рис. 145.

Построение правильного многоугольника по данному центру. При построении правильных многоугольников очень часто данным является местоположение его центра (центр вписанного и описанного кругов). В этих случаях построение многоугольника очень облегчается и сводится к разделению описанной окружности на соответственное число равных частей. Но для этого необходимо знать радиус описанной окружности, который легко может быть вычислен по данной стороне многоугольника при помощи следующих формул:

а) Для треугольника:	$R_3 = 0,577 a_3$	и обратно $a_3 = 1,732 R_3$
б) 4-угольника (квадрата)	$R_4 = 0,707 a_4$	$a_4 = 1,414 R_4$
в) 5-	$R_5 = 0,850 a_5$	$a_5 = 1,176 R_5$
г) 6-	$R_6 = 1,000 a_6$	$a_6 = 1,000 R_6$
д) 7-	$R_7 = 1,152 a_7$	$a_7 = 0,868 R_7$
е) 8-	$R_8 = 1,307 a_8$	$a_8 = 0,765 R_8$
ж) 9-	$R_9 = 1,462 a_9$	$a_9 = 0,684 R_9$
з) 10-	$R_{10} = 1,618 a_{10}$	$a_{10} = 0,618 R_{10}$
и) 12-	$R_{12} = 1,930 a_{12}$	$a_{12} = 0,518 R_{12}$
к) 15-	$R_{15} = 2,405 a_{15}$	$a_{15} = 0,415 R_{15}$

Вычисленным радиусом из данного центра описывают окружность, и построение сводится к следующим приемам:

а) Для треугольника. Из конца A соответственного диаметра (рис. 145) вычисленным радиусом круга засекают последовательно: () B ,

а затем из () B точку C . То же самое делают и по другую сторону () A (точки D и E); соединив точки A с C , A с E и C с E , получают искомый треугольник; для проверки полезно сделать засечки из противоположного конца диаметра, т. е. из точки F тем же радиусом, по обе стороны точки F и, если эти засечки совпадут с ранее полученными точками C и E , то построение сделано правильно.

б) Для квадрата. Через центр описанной окружности O проводят два диаметра AB и CD под углом в 45° к направлению, по которому должна быть расположена сторона искомого квадрата (рис. 146), и, соединив точки пересечения их с окружностью прямыми, получают искомый квадрат $ACBD$.

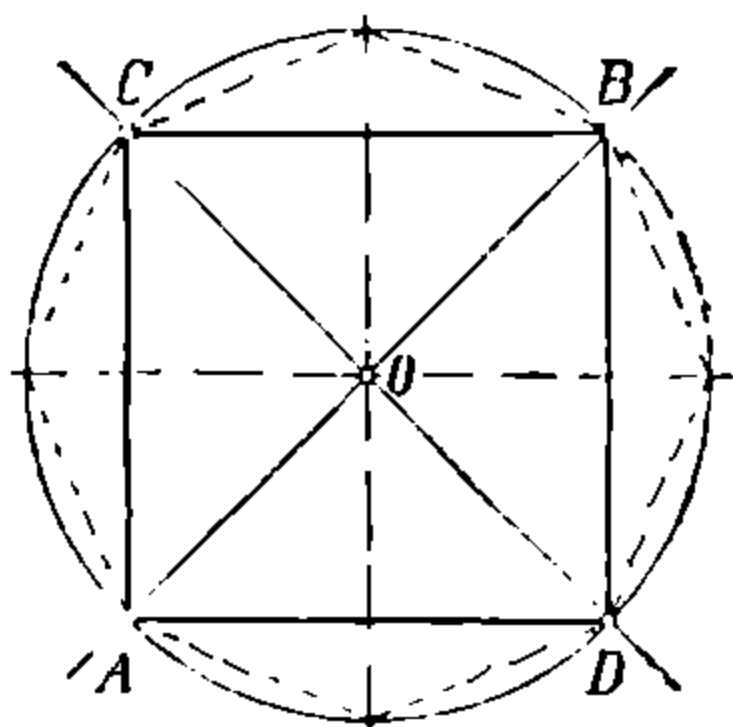


Рис. 146.

в) Для шестиугольника. Так как сторона шестиугольника равна радиусу описанного круга, то построение остается тем же, что и для треугольника (рис. 145). с той лишь разницей, что для получения искомого шестиугольника $ABCEFDA$ (на рис. 145 изображен пунктиром) надо соединить последовательно все засеченные точки между собой.

Легко видеть, что из любого вписанного в круг правильного треугольника легко получить правильный шестиугольник путем удвоения числа сторон и обратно из шестиугольника можно получить треугольник, соединяя вершины через одну.

Равным образом и восьмиугольник получается путем удвоения числа сторон квадрата (рис. 146 — пунктир).

Задачи на вписание в круг правильных многоугольников и на вписание в них кругов рассматриваются дальше, в следующем параграфе.

В заключение приведем еще две задачи, которые также приходится иногда применять при разметке.

Задача 7. Превратить многоугольник $ABCDEA$ в равновеликий ему треугольник (рис. 147).

Через одну из вершин (B) проводим BF , параллельную ближайшей диагонали CA , и через вершину D — $DG \parallel CE$, до пересечения их с продолжением прямой AE , тогда, соединив точки F с C и G с C , найдем $\triangle FCG$, равновеликий многоугольнику $ABCDEA$.

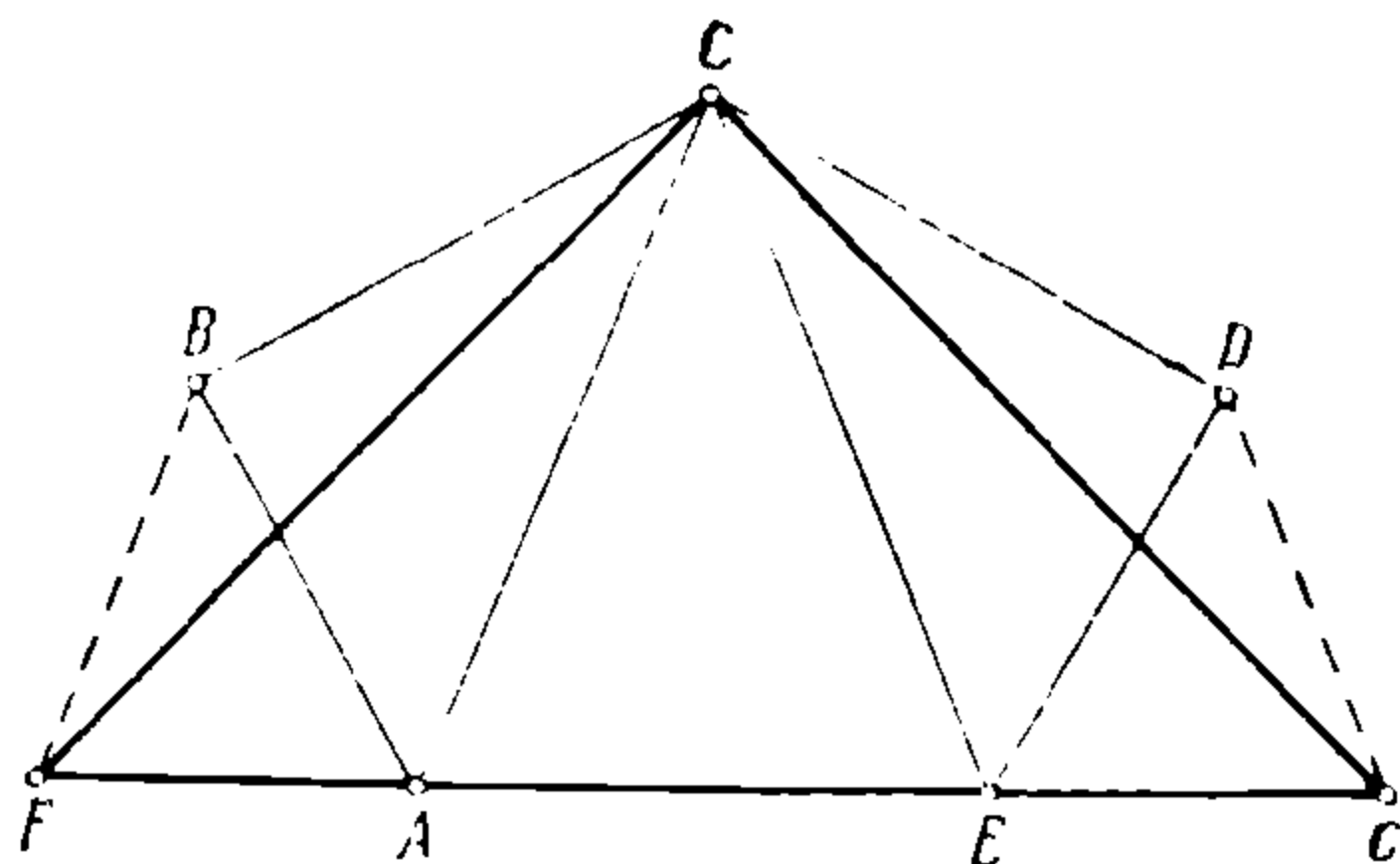


Рис. 147.

Задача 8. Превратить данный многоугольник в равновеликий ему квадрат.

Сначала находят треугольник, равновеликий данному многоугольнику, а затем, так как площадь квадрата со стороной x равняется x^2 , а площадь треугольника равна $\frac{ah}{2}$, где a — основание, а h — высота полученного

треугольника, то из равенства $x^2 = \frac{ah}{2}$ видим, что сторона квадрата x может быть построена как средняя пропорциональная между $\frac{a}{2}$ и h .

§ 13 ДЕЙСТВИЯ НАД ДУГАМИ КРУГА.

Если нужно построить дугу данного радиуса и данной длины, то помощью только циркуля и линейки этого сделать нельзя и поступают следующим образом.

Отложение длины дуги, сложение и вычитание дуг. Сначала очерчивают из соответствующего центра дугу данного радиуса, а затем:

а) или ставят рулетку на ребро нулевым делением на ту точку, от которой надо дугу отложить, и располагают ее возможно точнее по вычерченной предварительно дуге, затем против соответствующего деления рулетки делают чертилкой отметку на очерченной предварительно дуге;

б) или пользуются описанным выше мерительным колесом, причем колесо устанавливают нулевым делением на ту точку, от которой желают отложить по очерченной предварительно дуге заданную длину, и осторожно катят его по очерченной дуге, наблюдая, чтобы колесо не отклонялось от направления и не скользило по поверхности листа.

Сделав колесом необходимое число оборотов и пройдя им требуемую длину дуги, ставят на листе при помощи чертилки отметку против соответствующего деления колеса.

Если нужно сложить или вычесть длины дуг одного радиуса, то, очертив достаточно длинную (на-глаз) дугу данного радиуса, переносят на нее циркулем длины соответствующих хорд, снимаемые с натуры.

Деление дуг. Деление дуг на равные части производится подобно тому, как производится деление прямых и углов, исходя из того положения, что хорды дуг одного радиуса, противолежащие равным углам, равны между собою. Задачи деления дуг очень облегчаются, если дан центр окружности, так как в этом случае они сводятся к делению угла, соответствующего данной дуге. Поэтому в тех случаях, когда дана дуга, но не дано ее центра, часто бывает выгодно найти этот центр и, соединив его с концами дуги, делить полученный таким образом угол.

Нахождение центра, из которого описана данная дуга, производится очень просто указанным ниже, в задаче 2, способом.

Деление целой окружности на любое число частей производится следующим образом.

Делят один какой-либо диаметр данной окружности на заданное число равных частей (на рис. 148 на 11 частей), затем из концов этого диаметра, как из центров, описывают две дуги одним и тем же радиусом, равным диаметру данной окружности. Точки пересечений этих дуг — E и D — соединяют — либо с четными, либо с нечетными делениями и продолжают эти соединительные линии до встречи с окружностью; полученные точки F, G, H, J, K и т. д. будут искомыми точками деления.

Этот способ, известный под названием способа Ринальдини, дает приближенное решение задачи, вполне достаточное для разметочных работ.

Различные действия над дугами. В разметочной практике чаще всего приходится решать следующие задачи на построение дуг круга:

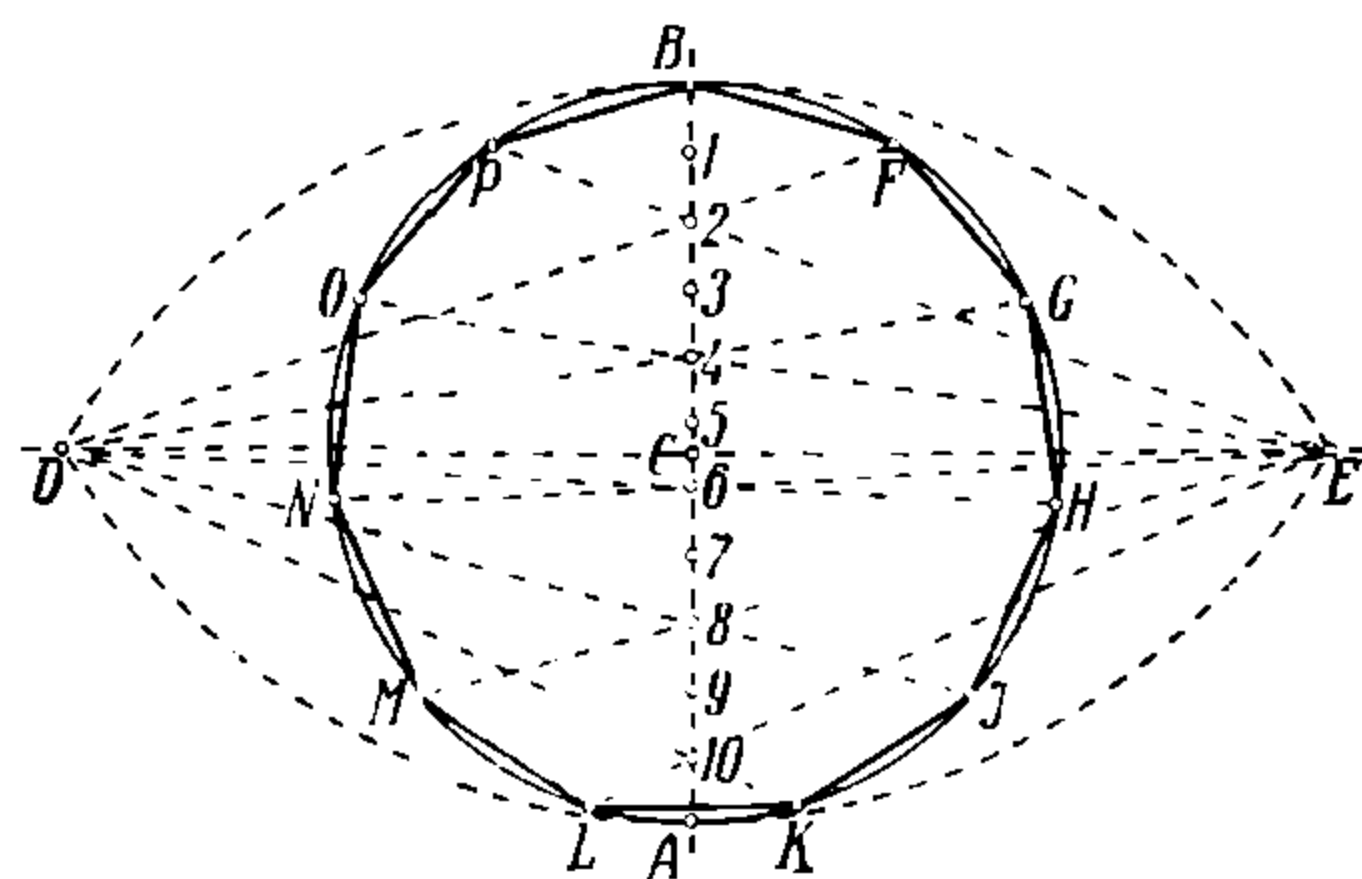


Рис. 148.

Задача 1. Через две данные точки A и B провести дугу данного радиуса r (рис. 149).

В точках A и B ставят кернышки и из них засекают, как из центров, две дужки радиусом r , точка пересечения которых O будет центром искомой дуги; остается, не изменяя раствора циркуля, очертить эту дугу острием одной из ножек, поставив другую в () O .

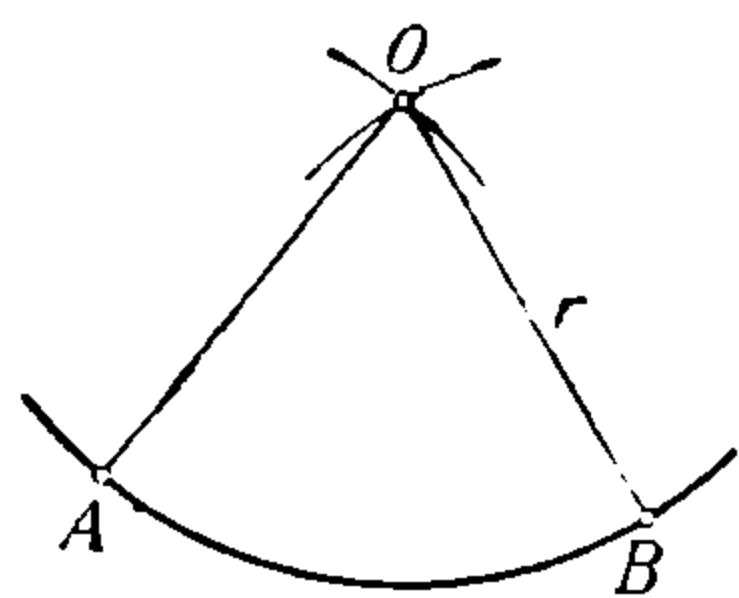


Рис. 149.

Задача 2. Найти центр данной дуги (или окружности).

а) Выбирают на дуге три произвольных точки A , B и C (рис. 150а); длины дуг (или стягивающие их хорды) AB и BC делят пополам или, что то же самое, восстанавливают из середины хорд перпендикуляры к ним. Точка пересечения этих перпендикуляров O и есть искомый центр.

б) Эта же задача может быть решена и следующим способом. Выбирают на данной дуге (или окружности) две точки A и B (рис. 150б) и произвольным радиусом засекают из () A дужки 1—1, а из () B дужки 2—2; затем из точек 1 и 1 засекают радиусом около $\frac{2}{3}$ (1—1) дужки C , а из точек 2 и 2 — дужки D . Соединив точки A с C и D с B , найдем () O — точку пересечения прямых OA и OB , которая и есть искомый центр дуги.

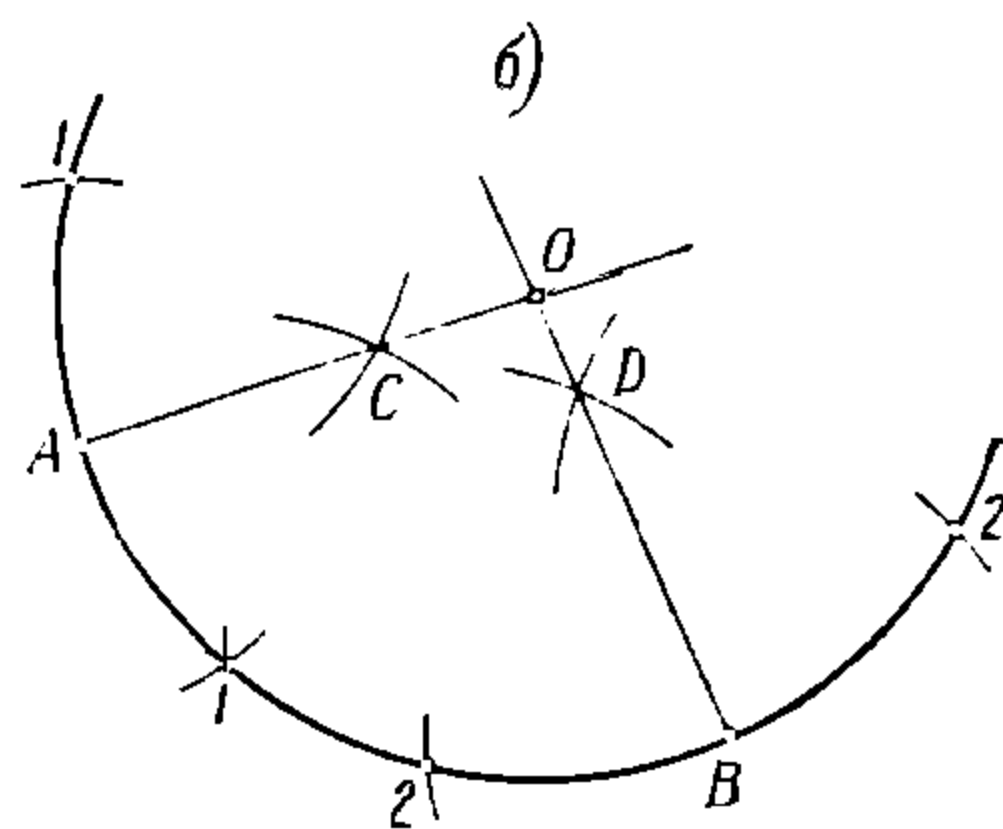
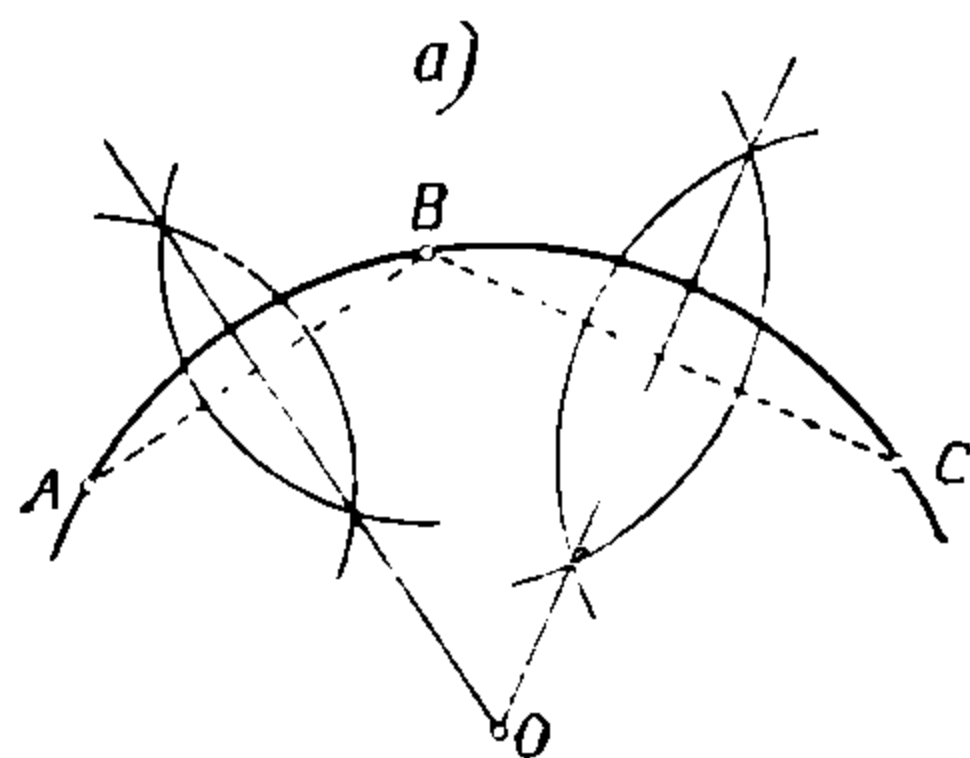


Рис. 150.

Задача 3. Через три данных точки провести дугу круга (или окружность).

Здесь возможны два случая: а) когда центр искомой дуги находится в пределах чертежа и б) когда он недостижим.

а) Пусть даны точки A , B и C (рис. 151). Прделав построение, согласно задачи 2-а, находим центр искомой окружности.

б) Из крайних точек A и B (рис. 151), как из центров, описывают $\text{дугу } BG$ и $\text{дугу } AH$. Затем через среднюю () C проводят линии AE и BF , пересекающие описанные дуги в точках F и E ; делят отрезки дуг BE и AF на одинаковое число равных делений и продолжают эти деления на частях дуг, лежащих за точками E и F . Затем проводят из () B лучи BL , BM и т. д., проходящие через точки деления дуги AF , а из () A лучи AK , AJ и т. д. Соответствующие точки пересечений N , D и т. д. принадлежат искомой дуге.

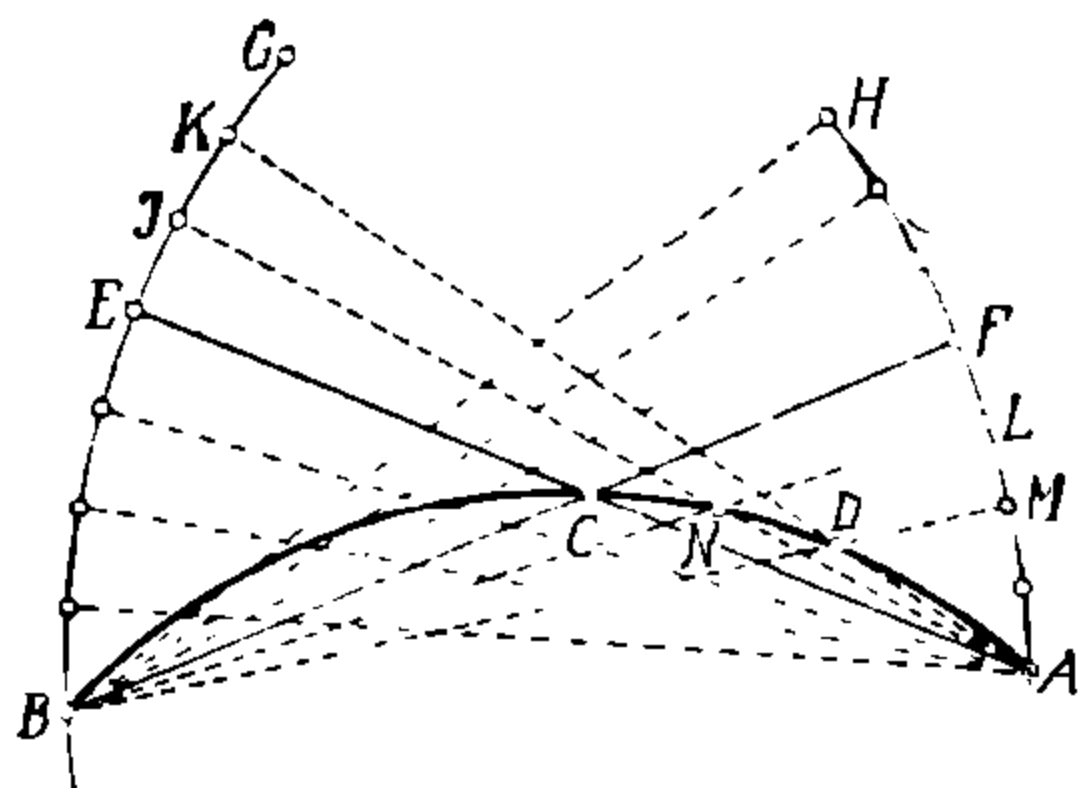


Рис. 151

Задача 4. В данной точке A на окружности провести к ней касательную.

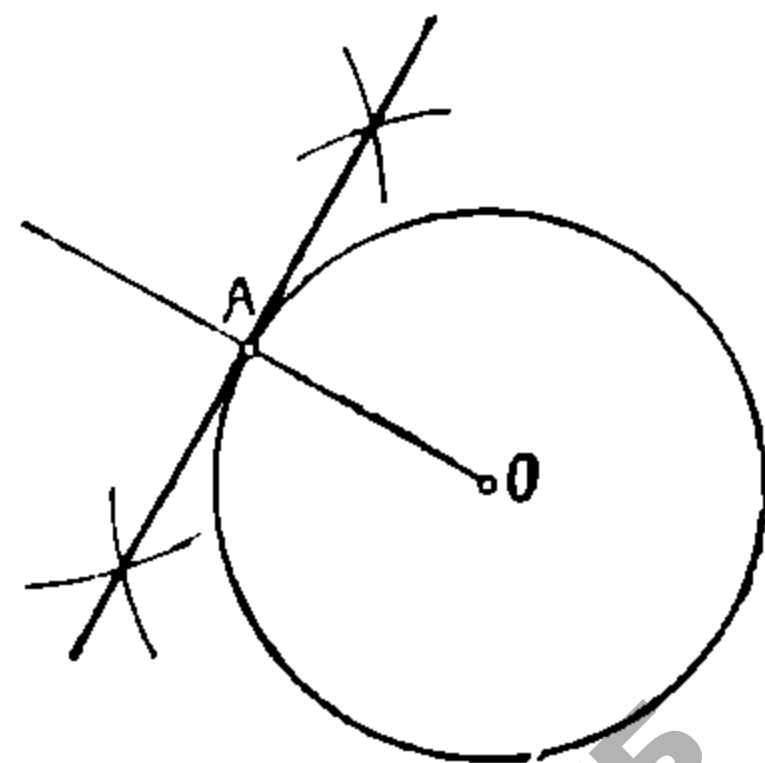


Рис. 152.

Через данную () A (рис. 152) проводят радиус, перпендикуляр к которому, восстановленный в () A , и будет искомой касательной.

Задача 5. Из данной () A провести касательную к данной окружности.

Из данной () A (рис. 153) радиусом AC описывают DCB , а из центра C радиусом, равным диаметру круга, засекают DCB дужками B и D ; соединив точки B и D с центром C , находят точки E и F — точки пересечения прямых BC и DC с окружностью. Если теперь точки E и F соединить с () A , то прямые AE и AF представят собою два возможных решения задачи.

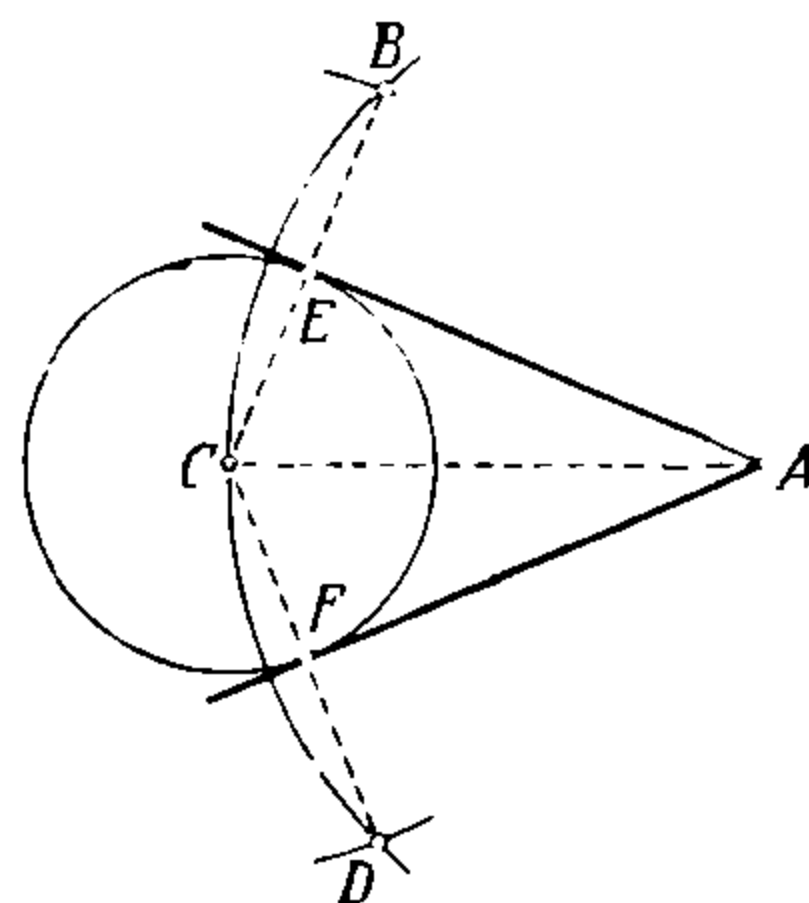


Рис. 153.

Задача 6. К данным двум окружностям провести обе внешние касательные.

Пусть данные окружности описаны из центров A и B (рис. 154а). Откладывают $EC = DB$ и радиусом AE из центра A описывают окружность FEG , к которой из точки B проводим две касательные BF и BG описанным в предыдущей задаче способом; искомые внешние касательные будут им параллельны.

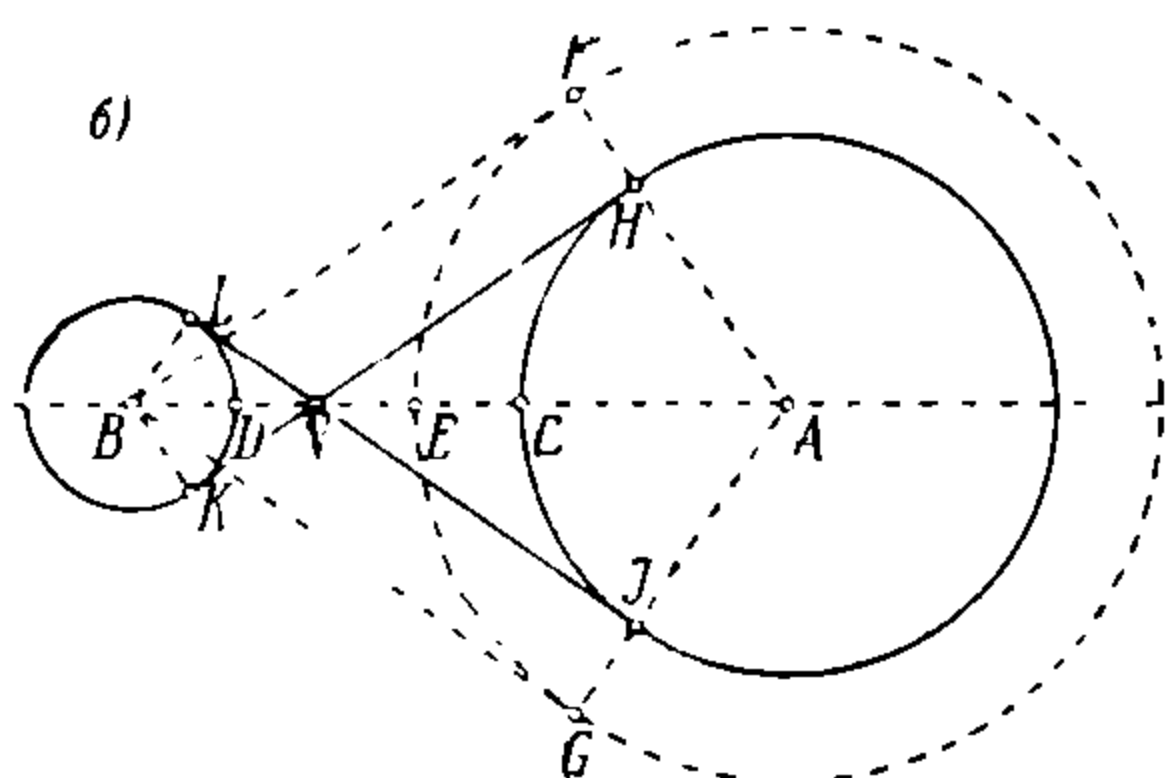
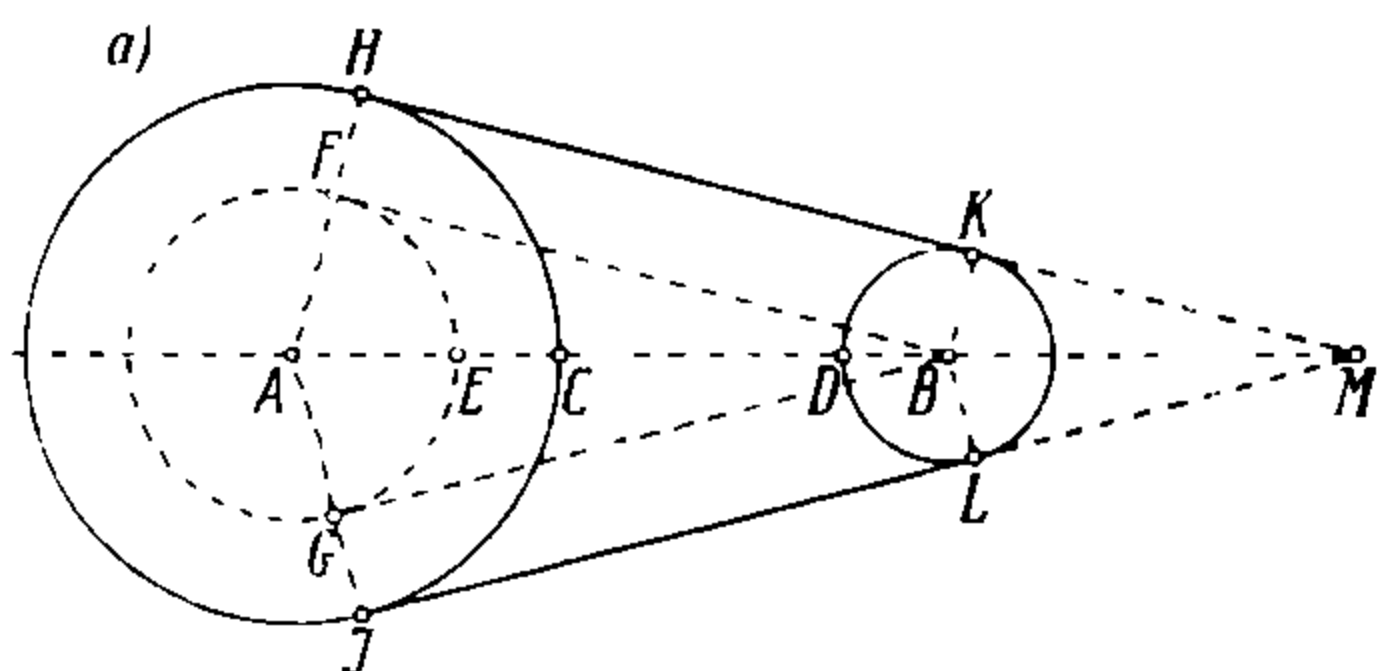


Рис. 154.

Чтобы найти точки касания этих последних с данными окружностями, проводим AH и $BK \perp FB$, а равно AJ и $BL \perp GB$; точки H , K , L и J будут искомыми точками касания. Продолжение обеих касательных HK и JL должны пересечься на продолжении линии, соединяющей центры данных окружностей, именно в точке M . Этим можно пользоваться для проверки правильности построения.

Задача 7. К двум данным окружностям провести обе внутренние касательные.

Пусть даны две окружности с центрами A и B (рис. 154б). Как и в предыдущей задаче, откладывают $EC = BD$ и радиусом AE описывают окружность. В остальном все

построение ведется аналогично задаче 6. Внутренние касательные тоже должны пересечься в () N на линии AB , соединяющей центры данных окружностей.

Задача 8. Между сторонами угла вписать ряд окружностей, соприкасающихся между собою, и касательных к сторонам угла.

Пусть AB и CD представляют собою стороны угла (рис. 155) с недоступной вершиной. Между

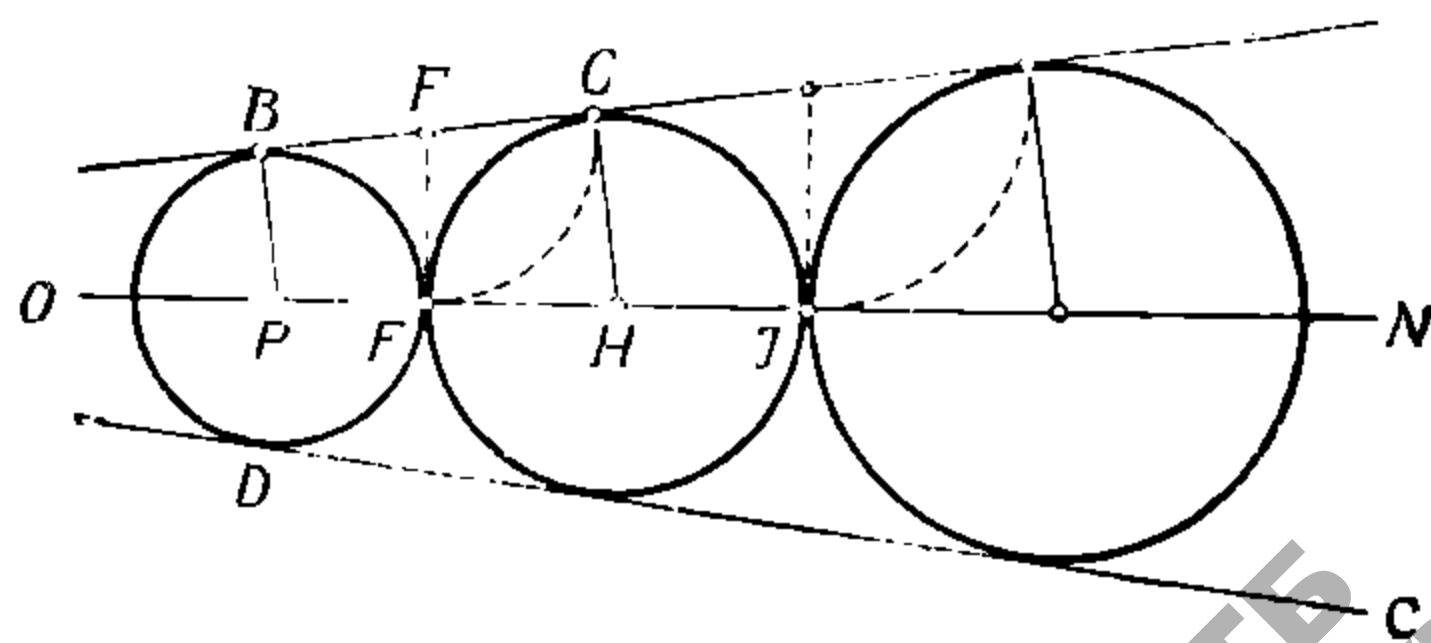


Рис. 155.

ними проводят биссектрису, и из произвольной (или заданной) () P на биссектрисе опускают на одну из сторон угла перпендикуляр PB ; взяв его длину циркулем, описывают из () P окружность, которая, очевидно, коснется обеих сторон угла и пересечет биссектрису в () E . Из () E проведем $EF \perp ON$ и из () F радиусом EF засечем AB в () G . Проведя из () G линию $GH \perp AB$, найдем () H , которая является центром круга, касательного как к ранее описанной (из центра P) окружности, так и к AB и CD . Повторяя то же построение дальше, можно вписать между сторонами угла столько касательных к ним и между собою окружностей, сколько их требуется.

Задача 9. Две взаимно наклонные прямые сопрячь дугою данного радиуса (рис. 156).

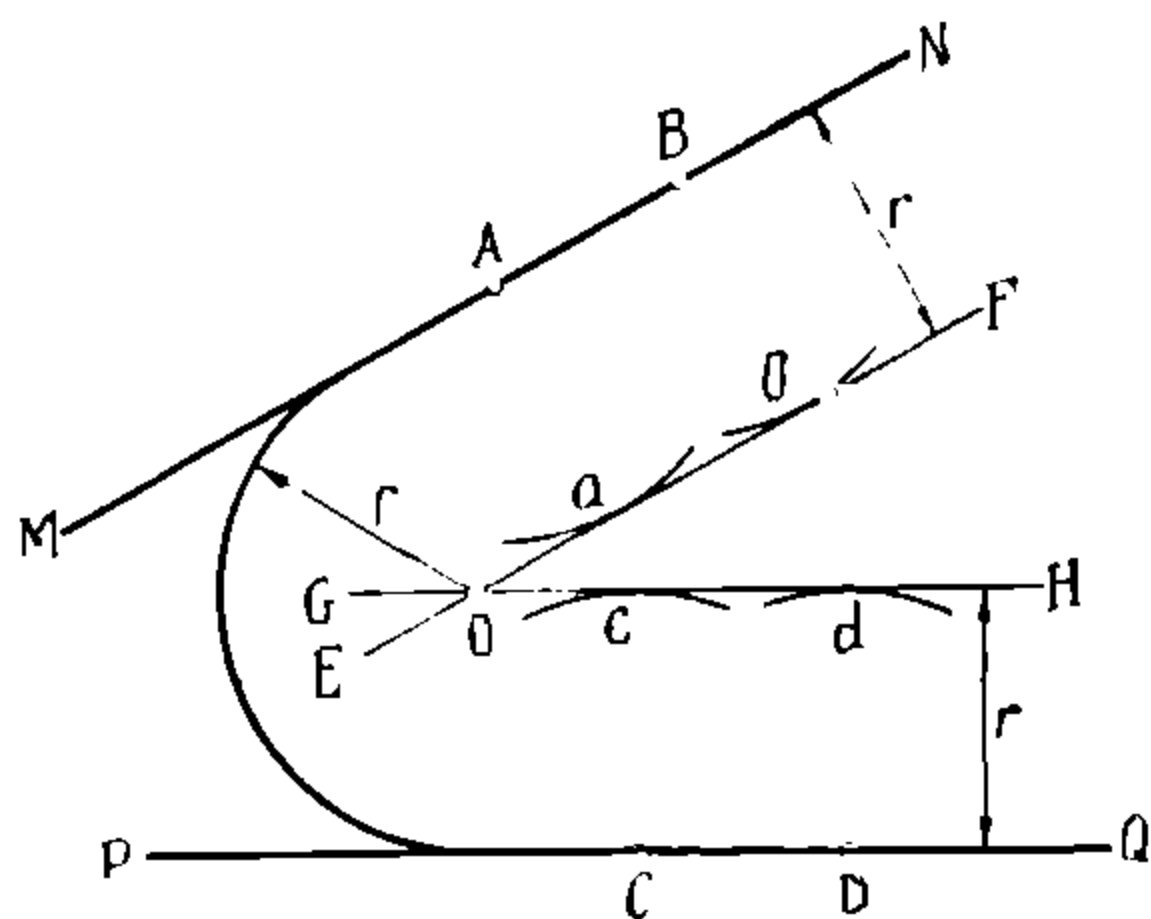


Рис. 156.

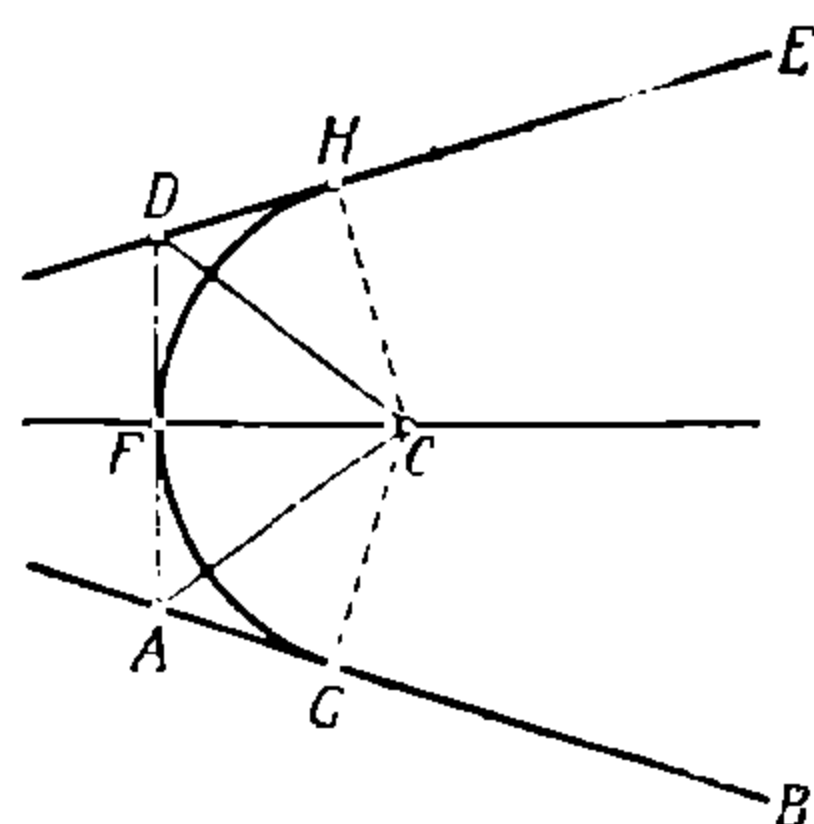


Рис. 157.

Из произвольно выбранных точек A и B на прямой MN и точек C и D на прямой PQ засекаем данным радиусом дужки a , b , c и d . Проведя касательные к ним EF и HG , в точке пересечения последних O находим центр искомой сопрягающей дуги.

Задача 10. Две взаимно наклонные прямые сопрячь дугою круга, проходящей через точку, данную на биссектрисе угла, образуемого данными прямыми (рис. 157).

Даны ED , BA и () F . Через () F проводят FC — биссектрису угла между ED и DA , а также $AD \perp CF$. Разделив пополам полученные этим построением углы EDA и BAD , находят () C , как пересечение биссектрис CD и CA . Остается описать из () C , как из центра, радиусом CD искомую \widehat{HFG} .

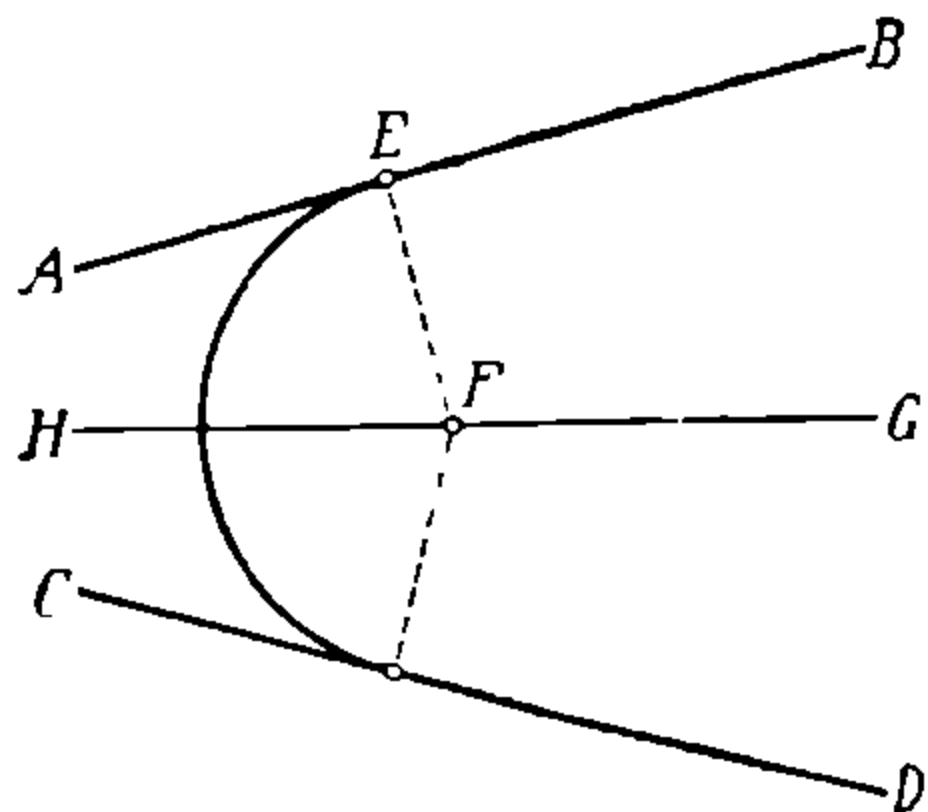


Рис. 158.

Задача 11. Две взаимно наклонные прямые сопрячь дугою круга, касательного к одной из данных прямых в данной точке (рис. 158).

Даны AB , CD и () E . Проводят HG — биссектрису угла между данными прямыми; в () E строят $EF \perp AB$, а из () F — пересечения EF с HG , как из центра, описывают радиусом EF искомую сопрягающую дугу.

Задачи 10-я и 11-я решаются одинаково, образуют ли взаимно наклонные прямые — острый или тупой угол.

Задача 12. Сопрячь две данные дуги дугою заданного радиуса (рис. 159).

Даны: $\smile AB$, $\smile CD$ и радиус r . Находяг центры данных дуг O и O' ; из центра O радиусом $r_0 + r$ засекают $\smile E$, а из центра O' радиусом $r_1 + r$ засекают $\smile F$ и из точки их пересечения O'' , радиусом r , описывают искомую дугу G .

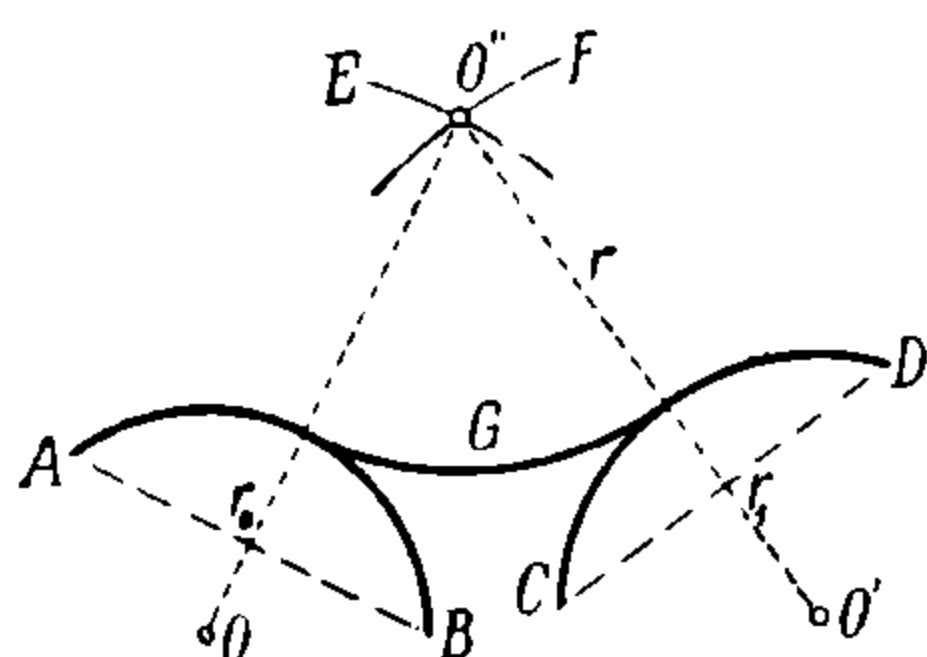


Рис. 159.

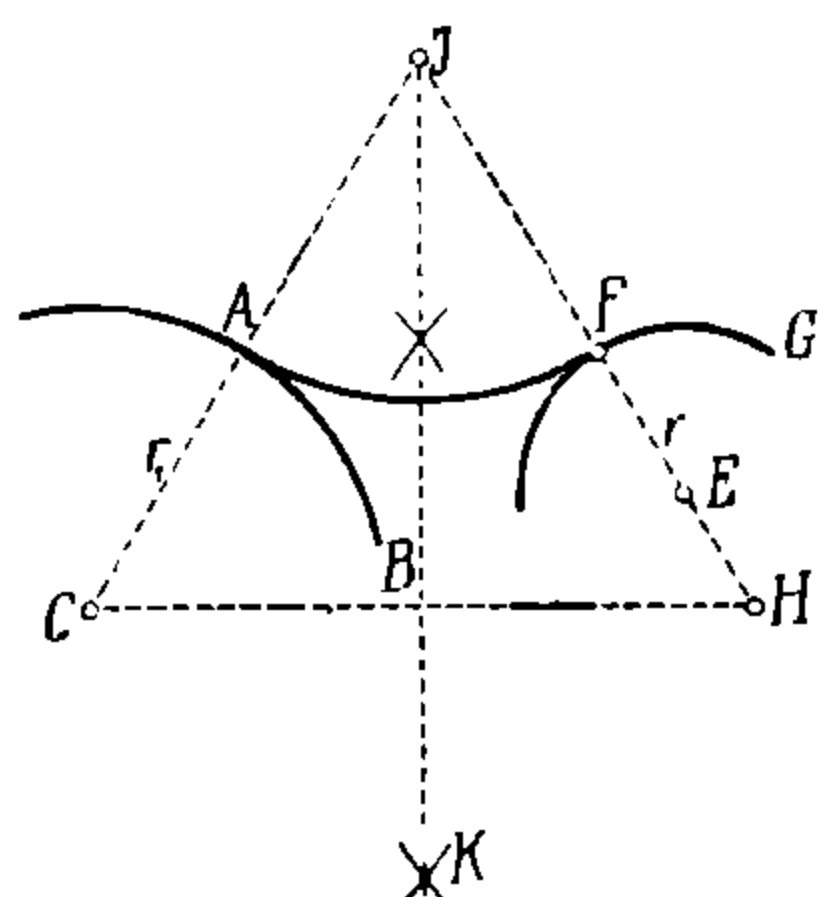


Рис. 160.

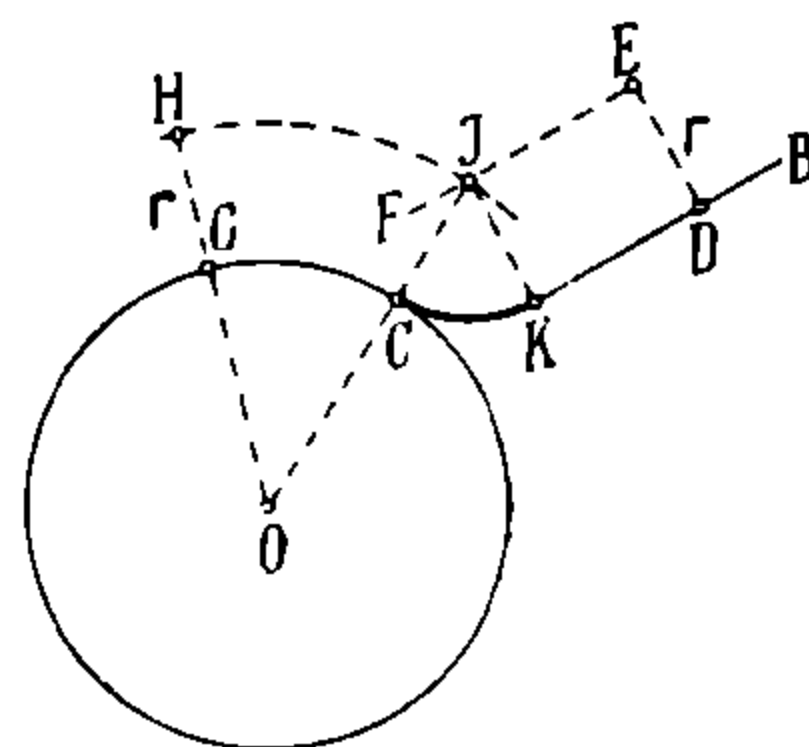


Рис. 161.

Задача 13. Сопрячь две данные дуги дугой круга, касательного к одной из данных дуг в данной на ней точке (рис. 160).

Даны: $\smile AB$, $\smile FG$ и $(\) F$ на последней. Отыскивают центры данных дуг C и E ; соединяют затем данную $(\) F$ с центром E и, отложив на радиусе EF отрезок $FH = AC = r_1$, находят точки H . Расстояние между точками C и H , CH , делят пополам линией $JK \perp CH$. Продолжив теперь радиус E до встречи с JK , находят $(\) J$ и из нее, как из центра, описывают радиусом JF искомую сопрягающую дугу AF .

Задача 14. Данную окружность и прямую сопрячь дугой данного радиуса (рис. 161).

Из произвольной $(\) D$ на данной прямой KB восстанавливают к ней перпендикуляр ED и откладывают на нем заданный радиус r ; через полученную точку E проводят $EJ \parallel KB$. Затем на продолжении произвольного радиуса OG нашей окружности откладывают GH , равную заданному радиусу r и из центра O радиусом OH описывают дугу, которая пересечет проведенную нами параллель в $(\) J$. Остается из точки J радиусом $JK = HG = r$ провести искомую сопрягающую KC окружность.

Задача 15. Провести дугу, концентричную данной дуге и отстоящую на заданном расстоянии a .

Здесь возможны два случая:

а) если центр дуги AB (рис. 162а) находится в пределах чертежа, то его отыскивают способом, указанным в задаче 2 (стр. 104) и из него радиусом $R = r - a$ описывают искомую $\smile CD$, или радиусом $R = r + a$ — $\smile C'D'$.

б) если центр дуги AB (рис. 162б) недоступен, то выбрав на данной

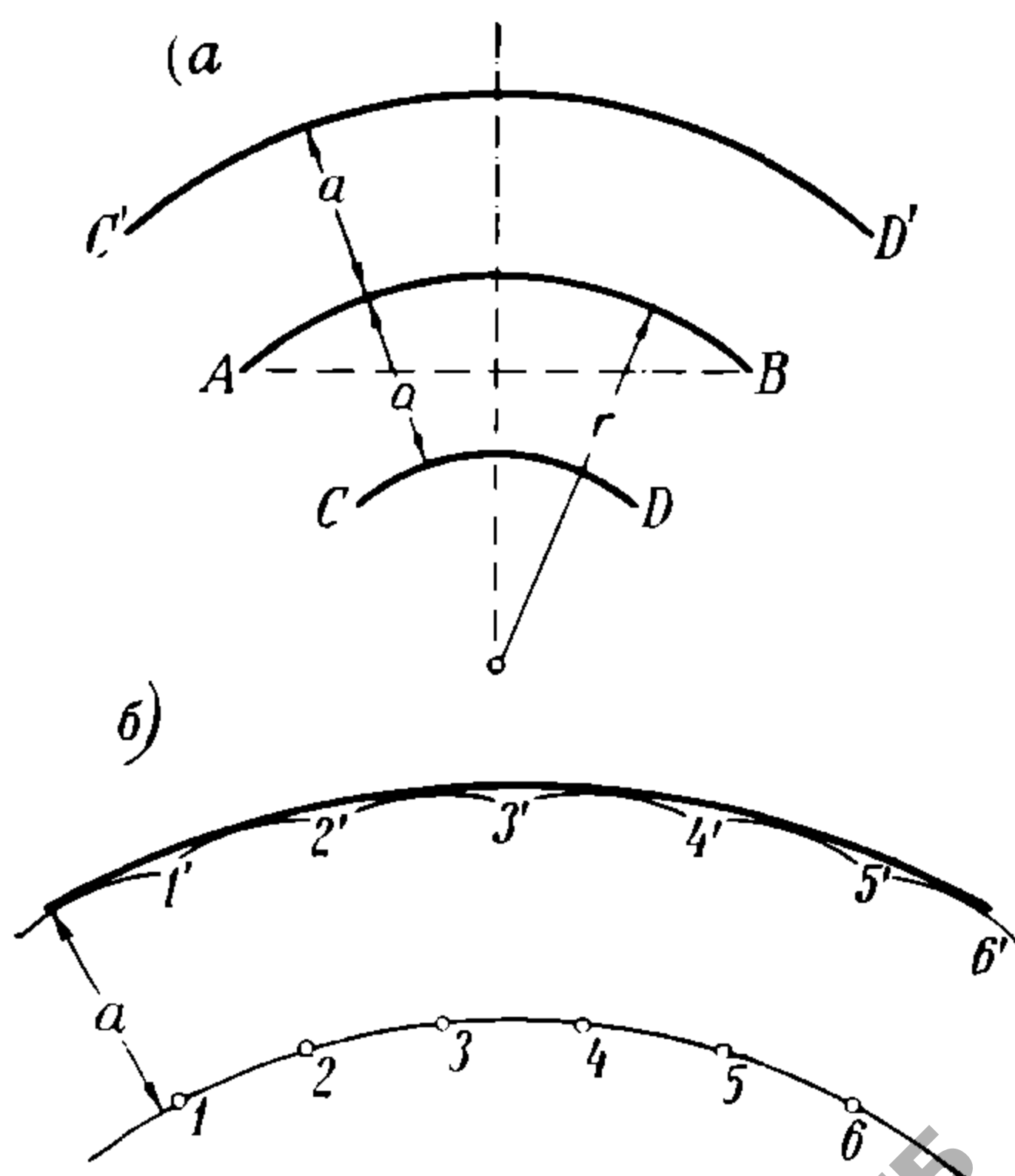


Рис. 162.

дуге ряд точек $1, 2, 3$ и т. д., засекают из них радиусом a ряд дужек $1', 2', 3'$ и т. д., затем, помощью соответствующих лекалов, проводят плавную кривую, касательную к этим дужкам; при достаточно большом числе этих дужек получается кривая, очень близко совпадающая с искомой дугой круга.

Этим приемом пользуются для проведения равно удаленных друг от друга или, как их называют, параллельных кривых любого очертания (рис. 163).

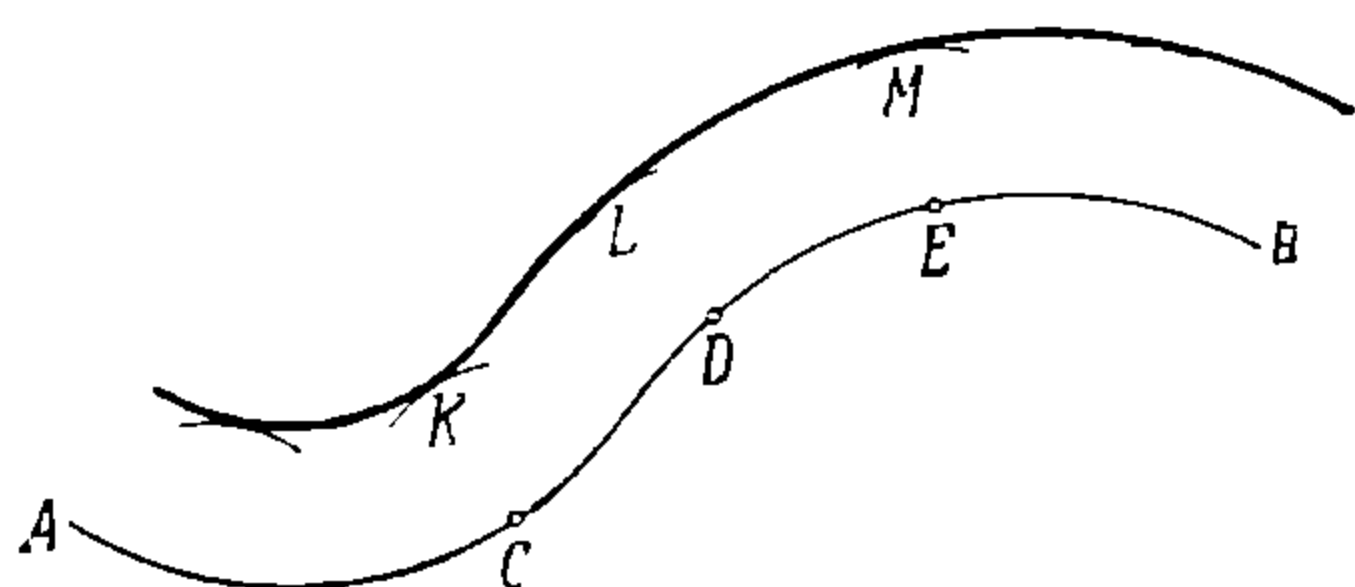


Рис. 163.

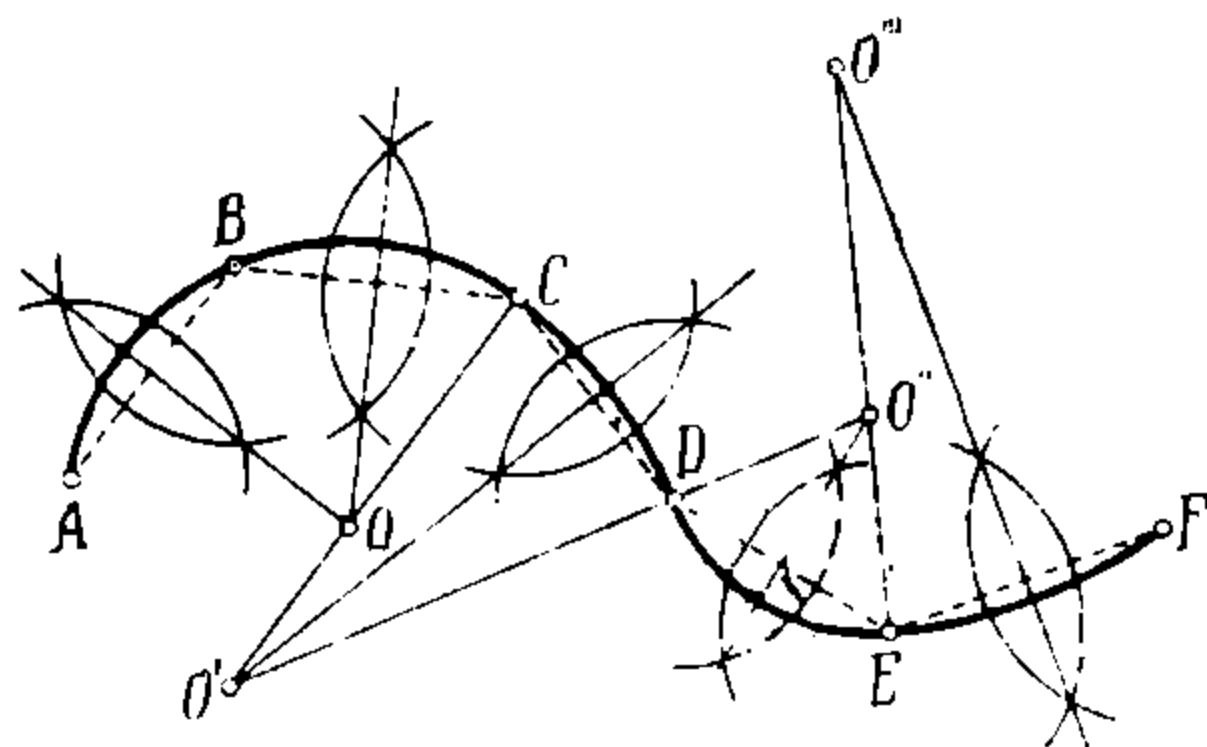


Рис. 164.

Задача 16. Через данный ряд точек провести плавную кривую.

Если нет подходящих лекалов, то при построении кривых по точкам можно очерчивать их дугами круга, пользуясь следующим примером (рис. 164).

Пусть имеем ряд точек A, B, C, D, E и т. д., которые надо соединить плавной кривой. Находят сначала центр O дуги, проходящей через точки A, B и C и из него радиусом $AO = BO = CO$ очерчивают $\frown ABC$. Соединив затем C с O и с D и разделив прямую CD пополам, продолжают равноделящую до встречи с продолжением линии OC в O' , которая является центром $\frown CD$. Надо отметить, что переход от $\frown ABC$ к $\frown CD$ будет совершенно плавным, так как к этим дугам, как имеющим центры на одной прямой, может быть проведена в C общая касательная.

Соединив затем D с O' и с E , повторяем то же построение и находим новый центр O'' дуги DE , являющейся плавным продолжением дуги CD и т. д.

Задача 17 Построить дугу круга по заданной длине хорды $AB = a$ и стрелке $OC = f$ (рис. 165).

Эта задача может быть решена несколькими способами.

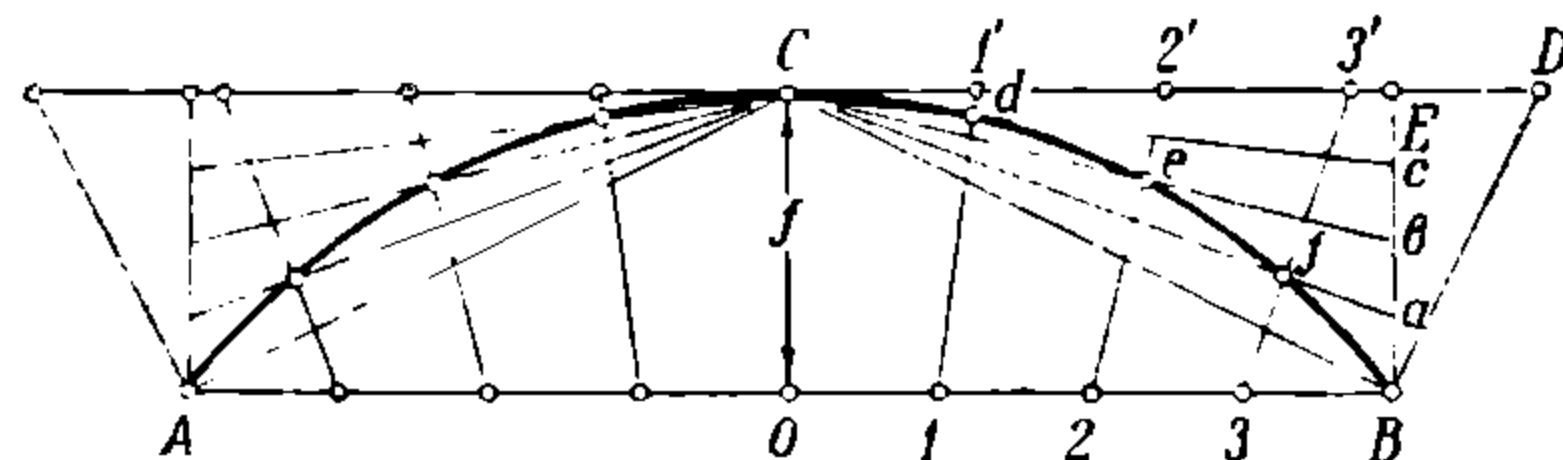


Рис. 165.

1) Если на перпендикуляре, восстановленном из середины хорды AB (рис. 165), отложить длину стрелки f , то, в случае доступности центра дуги, наша задача сведется к задаче 36 — построения дуги по трем точкам A, C и B .

2) Отложив AB (рис. 165) и стрелку f (как было указано в предыдущей задаче, C соединяют с B и из B восстанавливают два перпендикуляра: $EB \perp AB$ и $BD \perp CB$, а из C проводят $CD \parallel AB$. Линии OB, CD и EB делят на одинаковое число равных частей (на рис. 165 —

на 4 части) и, соединив точки a , b и c с точкой C , а точки 1 , 2 и 3 соответственно с $1'$, $2'$ и $3'$, получают в точках пересечения этих линий точки d , e и f , которые принадлежат искомой дуге $ACdefB$.

3) Отложив AB и построив f (рис. 166), соединяют () C с A и с B . Из точек A и B произвольным радиусом описывают дуги, которые пересекут прямые AC , CB и AB в точках m , n , m' и n' ; дуги mn и $m'n'$ делят на равные части (на рис. 166 — на три) и откладывают такое же число делений на дуге по другую сторону от точек m и m' . Соединив затем точки делений 1 , 2 , $1'$, $2'$, 1_1 , 2_1 , $1_1'$ и $2_1'$ соответственно с точками A и B , продолжают лучи $A-1$, $A-2$, $A-1'$ и $A-2'$ до пересечения с одноименными лучами, проведенными из () B . Точки пересечений b , c , b' и c' соединяют по лекалам или по гибкой рейке плавной кривой, которая и может быть принята с достаточной точностью за искомую дугу.

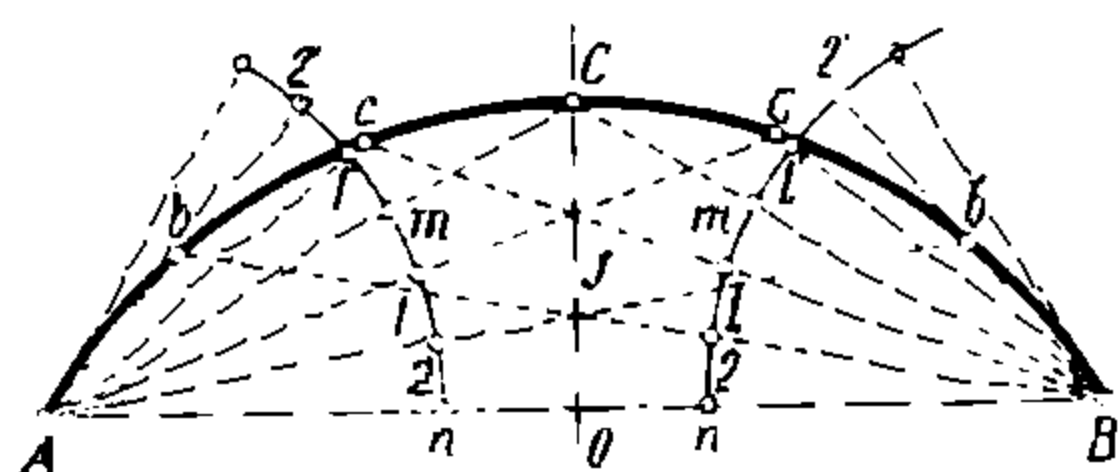


Рис. 166.

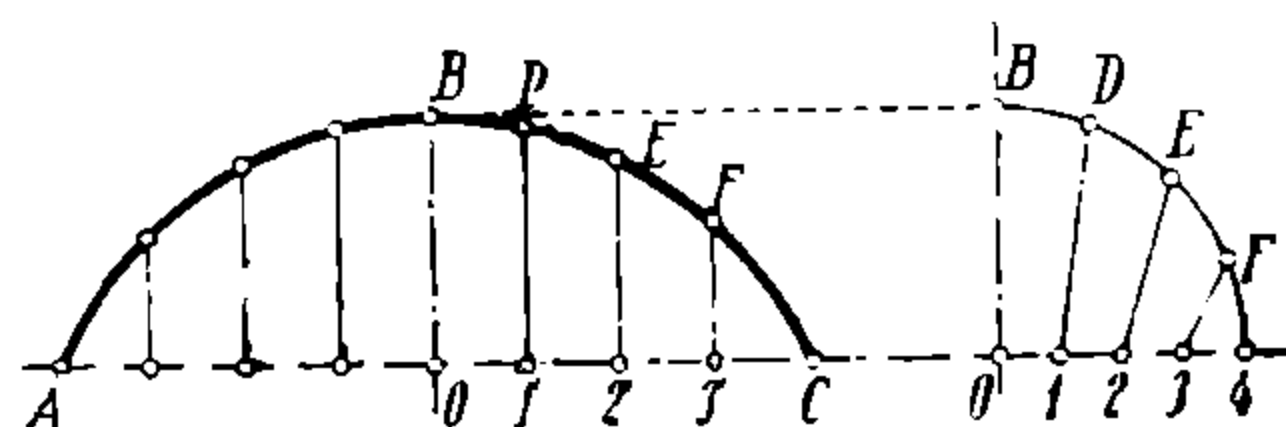


Рис. 167.

4) Хорду AC (рис. 167) делят на произвольное число равных частей и из точек деления $1'$, $2'$, $3'$ восстанавливают перпендикуляры $1'D'$, $2'E'$, $3'F'$. Затем на продолжении хорды (или где-нибудь в стороне) очерчивают радиусом, равным стрелке, f окружности $BDEF$; разделив эту $1/4$ окружности и радиус ее на то же число равных частей и соединив точки деления, получают ряд отрезков ID , $2E$, $3F$ и т. д. Если теперь на соответствующих перпендикулярах к хорде отложить эти отрезки, то получают точки D' , E' и F' и т. д., которые принадлежат искомой дуге и которые остается соединить плавной кривой.

5) Наконец, имеется следующий простой способ непосредственного вычерчивания дуги круга без помощи циркуля и линейки. Пусть дана хорда $a = AB$ (рис. 168) и стрелка $f = OC$; соединяют () C с A и B и вырезают из картона (или тонкого железа) треугольник CDE , причем берут стороны $CD = CE = AB$. Если теперь в точках A и B вертикально поставить 2 чертилки и между ними перемещать наш картонный треугольник CDE таким образом, чтобы его стороны DC и CE постоянно прилегали к чертилкам, то вершина C , перемещаясь от C к A и от C к B , опишет искомую дугу. Нетрудно осуществить взамен картонного треугольника специальный прибор из шарнирно соединенных планок, который был бы пригоден для различных случаев соотношений между a и f и в точке C иметь вставку для чертилки или карандаша.

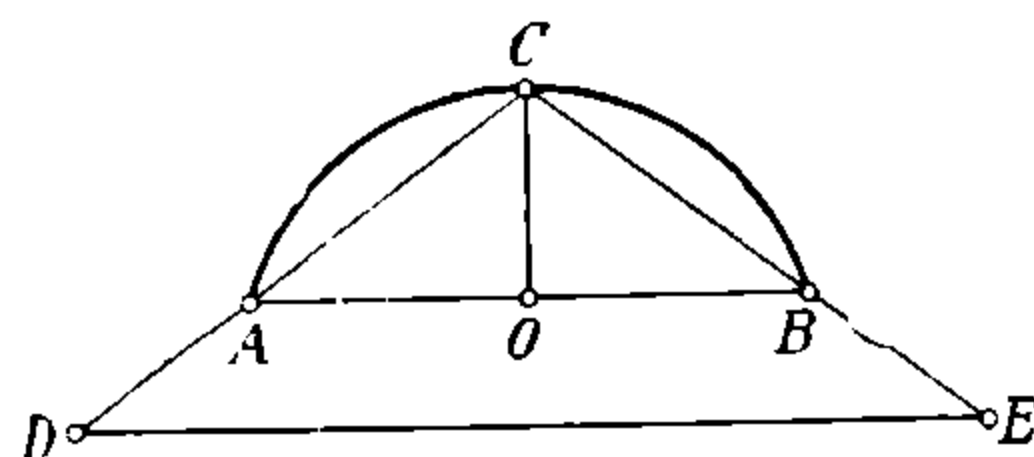


Рис. 168.

В заключение приведем еще несколько задач по отношению к площадям кругов, которые приходится разрешать разметчикам.

Задача 18. Разделить круг на данное число concentрических колец, имеющих одинаковые площади.

Радиус OB данного круга (рис. 169) делят пополам в () E , из которой, как из центра, радиусом EO описывают полуокружность. Затем

радиус OB делят на заданное число (на рис. 169 — на 4) равных частей и из точек деления восстанавливают к OB перпендикуляры до пересечения их с полуокружностью в точках 1, 2, 3... Затем из точки O , как из центра, радиусами, равными расстояниям от точки O до точек 1, 2, 3..., описывают концентрические окружности; кольцевые пространства между этими окружностями будут иметь одинаковые площади.

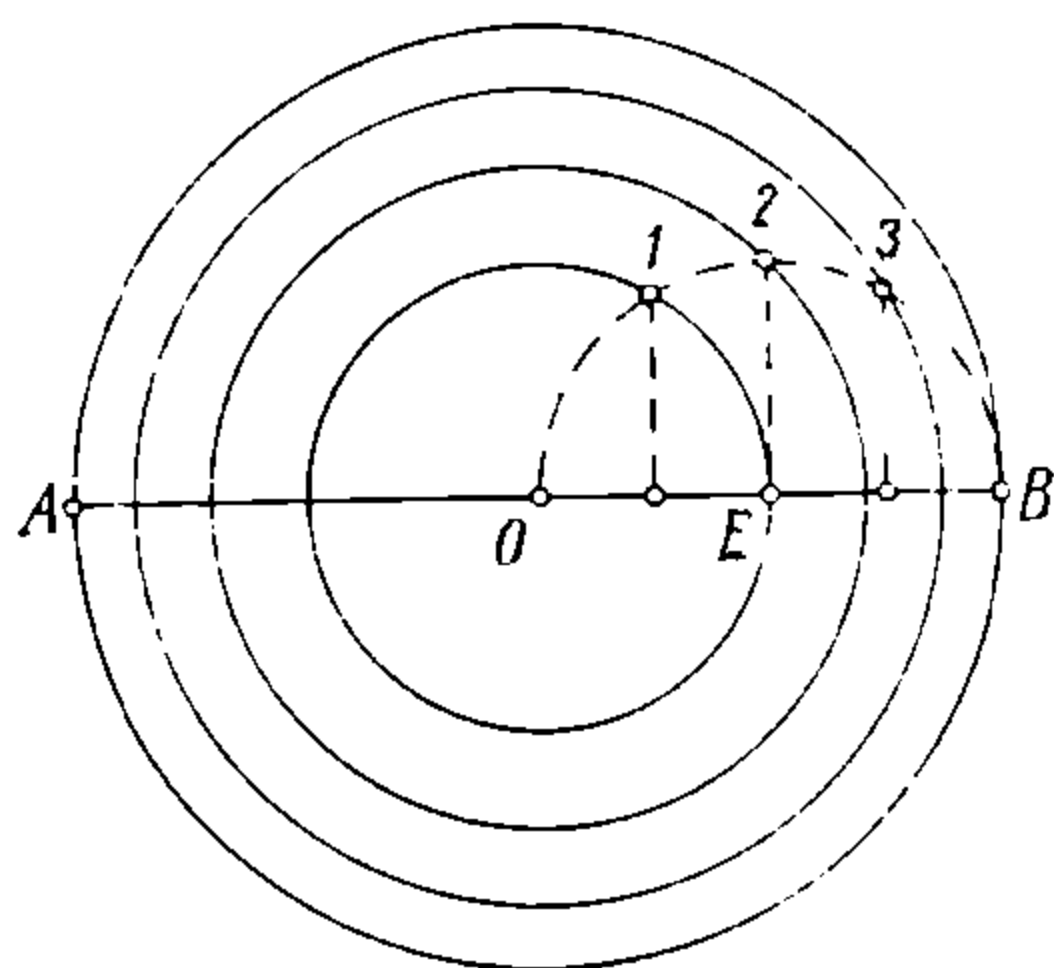


Рис. 169.

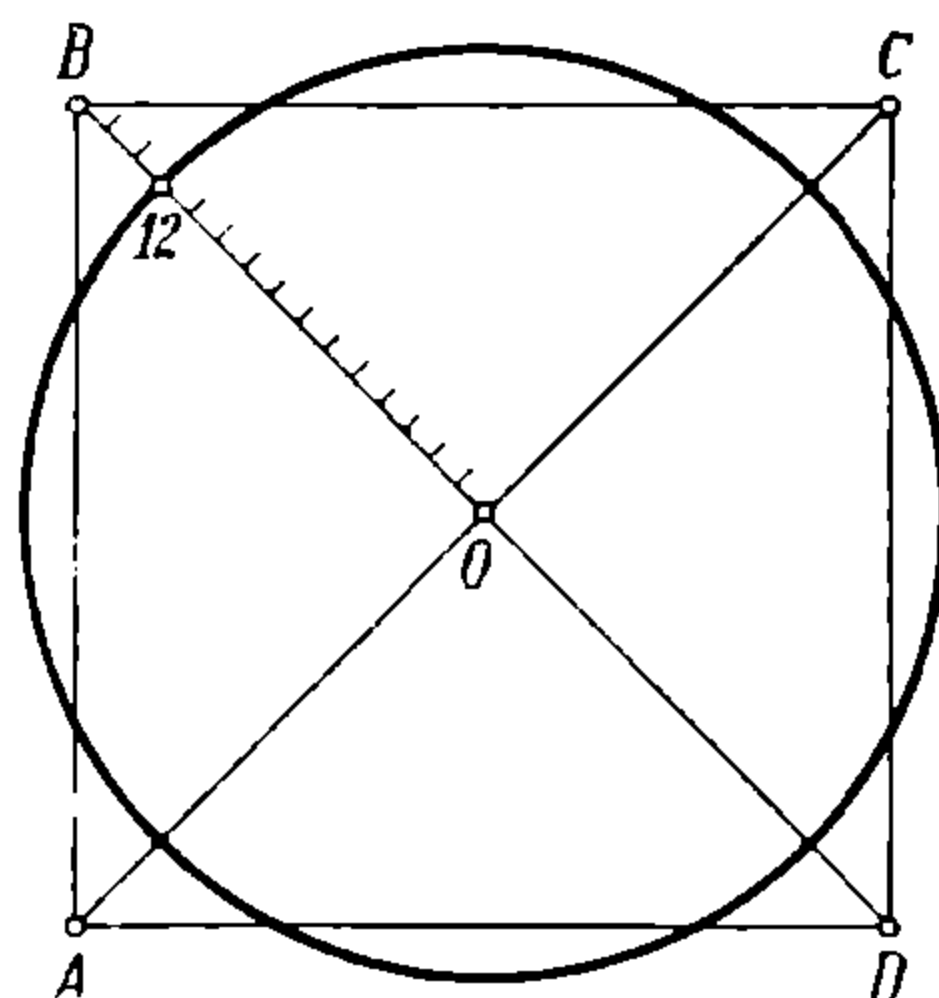


Рис. 170.

Задача 19. Построить круг, площадь которого равна площади данного квадрата ¹⁾.

Пусть дан квадрат $ABCD$ (рис. 170). Проводят его диагонали и половину OB одной из них делят на 15 равных частей. Затем из () O радиусом, равным 12 делениям, описывают круг, который и будет искомым.

Задача 20. Построить круг, площадь которого вдвое меньше площади данного круга.

В данном круге проводят два взаимно перпендикулярных диаметра и точки A и B их пересечения с окружностью (рис. 171) соединяют прямой AB . Эту прямую в () F делят пополам; прямая $OF \perp AB$ будет радиусом искомого круга, который и очерчивают из () O , как из центра.

Задача 21. Построить круг, площадь которого вдвое больше площади данного круга.

Задача — обратная предыдущей и разрешается тем же построением, т. е. проводят два взаимно-перпендикулярных диаметра и делят прямой $\angle AOB$ (рис. 171) между ними прямою OF пополам в () F пересечения OF с окружностью. Проводят $AB \perp OF$ и продолжают в обе стороны от () F до пересечения с диаметрами в точках A и B . Отрезки диаметров $AO = OB$ будут радиусами искомого круга.

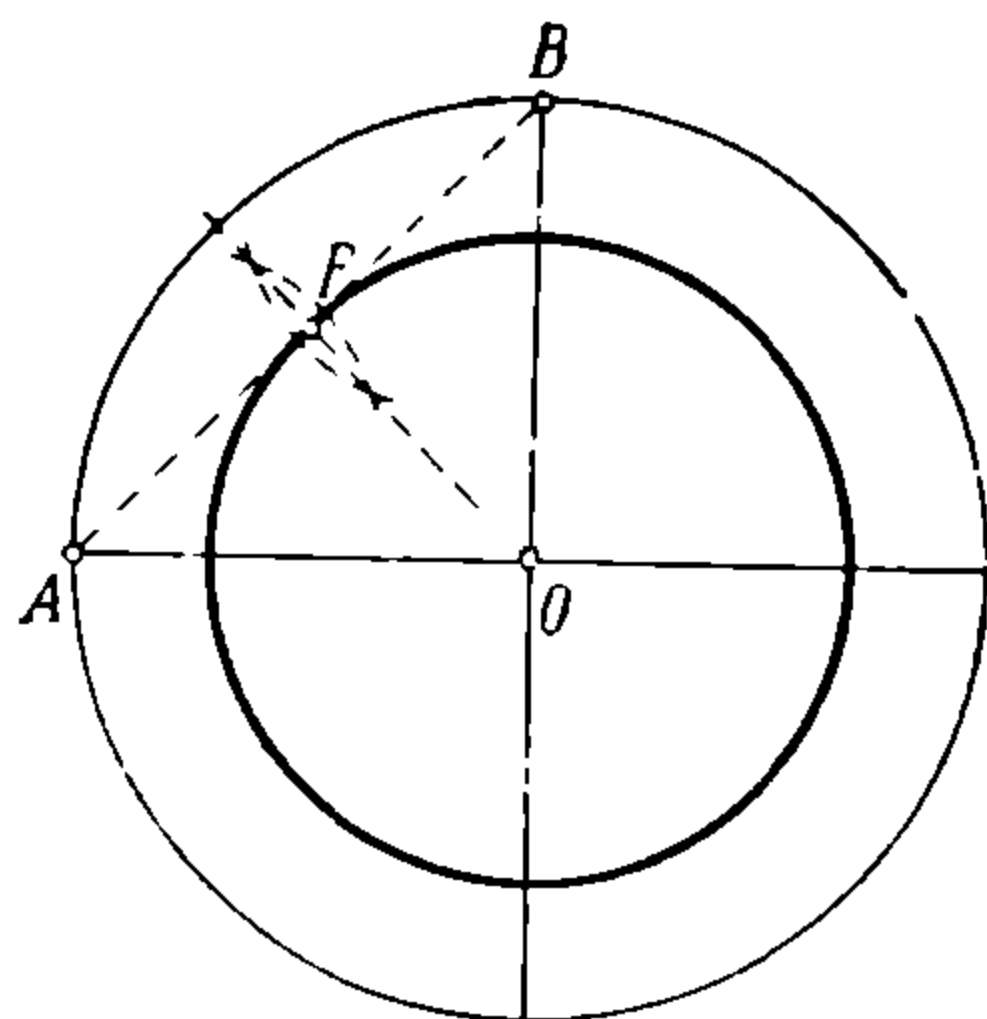


Рис. 171.

¹⁾ Задача — обратная „квadrатуре круга“ и точно также неразрешимая графическим путем. Приводимое построение дает решение с неточностью в $\frac{1}{226}$, т. е. практически вполне допустимой.

§ 14. ВПИСАННЫЕ В ОКРУЖНОСТЬ И ОПИСАННЫЕ МНОГОУГОЛЬНИКИ.

Задача 1. Вписать круг в данный треугольник ABC и описать вокруг него окружность (рис. 172).

Первая часть задачи разрешается делением пополам двух любых углов данного треугольника; точка пересечения O биссектрис и есть центр вписанного круга.

Вторая половина задачи разрешается восстановлением из середины сторон треугольника перпендикуляров (делением сторон пополам). Точка пересечения этих перпендикуляров O' (рис. 172) и есть центр описанного круга.

Задача 2. Описать окружность вокруг данного прямоугольника или квадрата.

Пересечение диагоналей прямоугольника или квадрата и есть центр описанного круга.

Задача 3. В данный квадрат вписать круг.

Из точки пересечения диагоналей квадрата описывают окружность радиусом, равным половине стороны квадрата.

Задача 4. Описать окружность вокруг данной равнобокой трапеции.

Точка пересечения перпендикуляров, восстановленных из середин боковых сторон трапеции, и есть центр искомой окружности.

Задача 5. Вписать круг в данный правильный многоугольник с любым числом сторон и описать вокруг него окружность.

Точка пересечения биссектрис любых двух углов многоугольника или перпендикуляров, восстановленных к любым двум его сторонам, и есть общий центр как вписанного, так и описанного круга. Радиусом описанного круга является расстояние от центра до любой из вершин многоугольника, а радиусом вписанного — апофема, т. е. расстояние от центра до любой его сторон многоугольника.

Задача 6. В данный круг вписать равносторонний треугольник.

Отыскивают центр данного круга, затем поступают, как указано было (рис. 145). Эта задача была там формулирована следующим образом: по данному радиусу описанного круга построить правильный (равносторонний) треугольник.

Задача 7. Вокруг данного круга описать правильный (равносторонний) треугольник (рис. 173).

Проводят — соответствующий условиям построения — диаметр круга AB и в (\cdot) A проводят касательную к кругу — CD ; затем из (\cdot) B радиусом OB засекают дужки в точках E и F , через которые также проводят касательные к данной окружности CG и DG . Треугольник CGD —

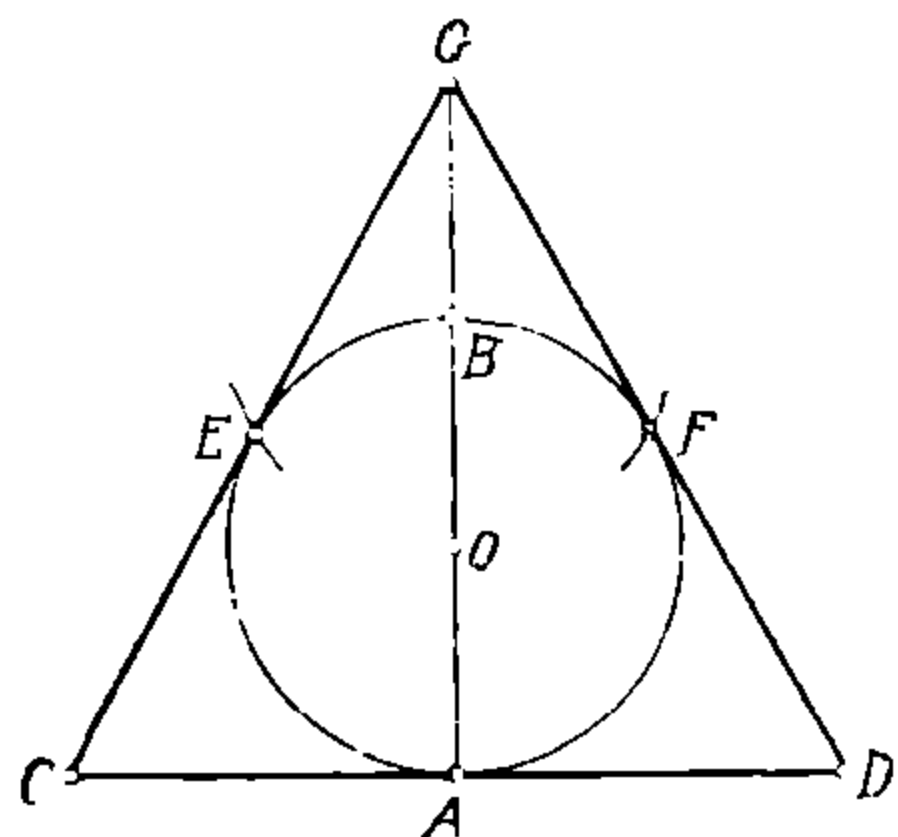


Рис. 173.

искомый, что должно быть проверено измерением длин: $CD = CG = GD$.

Задача 8. Вокруг данного круга описать квадрат и вписать в данный круг квадрат.

В первом случае проводят два взаимно перпендикулярных диаметра

круга и в точках пересечения их с окружностью проводят касательные к ней (восстанавливают перпендикуляры к диаметрам). Полученная фигура и есть описанный квадрат, если его диагонали при измерении окажутся равными.

Во втором случае точки пересечения тех же диаметров с окружностью последовательно соединяют между собою и получают вписанный квадрат.

Задача 9. а) В данный круг вписать правильный пятиугольник; б) вокруг данного круга описать правильный пятиугольник.

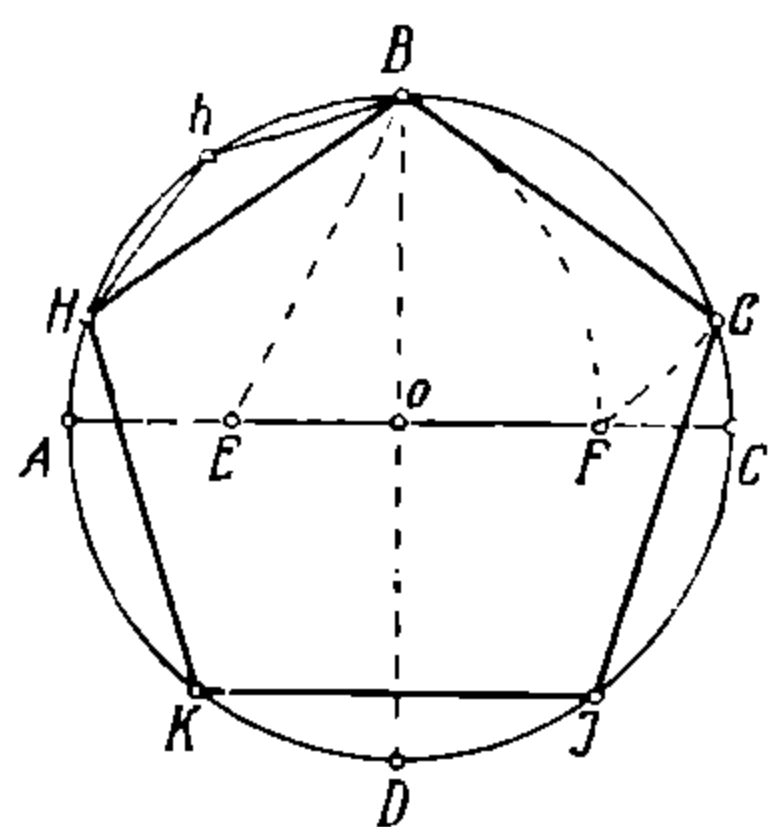


Рис. 174.

а) Проводят два взаимно перпендикулярных диаметра AC и BD (рис. 174), пересекающиеся в центре O ; затем делят AO пополам в $(\) E$, из которой радиусом EB засекают диаметр AC в $(\) F$. Затем из $(\) B$ радиусом BF засекают окружность в точках G и H , из которых, в свою очередь, тем же радиусом засекают точки K и J . Соединив последовательно точки B, G, J, K, H и B прямыми, найдем искомый пятиугольник.

Другое решение той же задачи см. ниже (задача 15).

б) Строим сначала вписанный пятиугольник только что описанным способом, а затем через его вершины проводим касательные к окружности (перпендикулярно к радиусам). В этом случае описанный пятиугольник будет смещен относительно вписанного на $\frac{1}{5}$ окружности (72°). Если же по условиям построения требуется, чтобы стороны описанного пятиугольника были параллельны сторонам вписанного, то построение ведут следующим образом: из центра опускают перпендикуляры на стороны вписанного пятиугольника и в точках пересечения этих перпендикуляров с окружностью проводят касательные к данному кругу, которые и составят искомый пятиугольник.

Задача 10. а) В данный круг вписать правильный шестиугольник и б) вокруг данного круга описать правильный шестиугольник.

а) Находят центр круга O (см. рис. 141) и проводят диаметр AD , из концов которого радиусом данного круга засекают дуги B и F , C и E , которые являются вершинами искомого шестиугольника.

б) Построив вписанный шестиугольник, как было только что указано, поступают дальше таким же образом, как и при построении описанного пятиугольника, выбирая то построение, которое требуется по условиям данной разметки.

Задача 11. а) В данный круг вписать правильный семиугольник и б) вокруг данного круга описать правильный семиугольник.

От произвольной точки окружности A (рис. 175) откладывают хорду $AB = r$ (радиусу данной окружности). Если теперь из центра круга опустить на AB перпендикуляр, то отрезок его OP окажется весьма близким (по длине) к стороне искомого семиугольника. Незначительное несовпадение в результате откладывания (если таковое окажется) легко устраняется небольшим изменением раствора циркуля. Построение описанного семиугольника производится подобно указанному в задаче 9 (для пятиугольника).

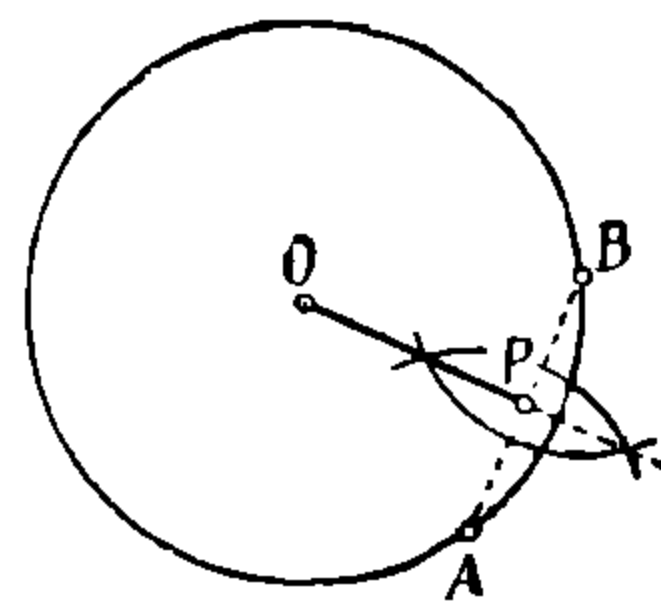


Рис. 175.

Эта задача, как представляющая собою частный случай общей задачи вписания n -угольника (см. ниже задачу 16), может быть решена более точно приведенным там построением.

Задача 12. а) В данный круг вписать правильный восьмиугольник; б) вокруг данного круга описать правильный восьмиугольник.

Для решения этой задачи строят сначала вписанный квадрат (см. задачу 6) и удваивают число сторон (см. рис. 143); получив таким образом вписанный восьмиугольник, строят описанный подобно тому, как это было указано в задаче 9 (для пятиугольника).

Задача 13. Из данного квадрата вырезать правильный восьмиугольник.

Проводят диагонали квадрата (рис. 176) и находят его центр O , затем радиусом AO описывают по $1/4$ окружности из всех четырех вершин квадрата. Полученные точки o, f, g, h, k, l, m, n являются вершинами восьмиугольника.

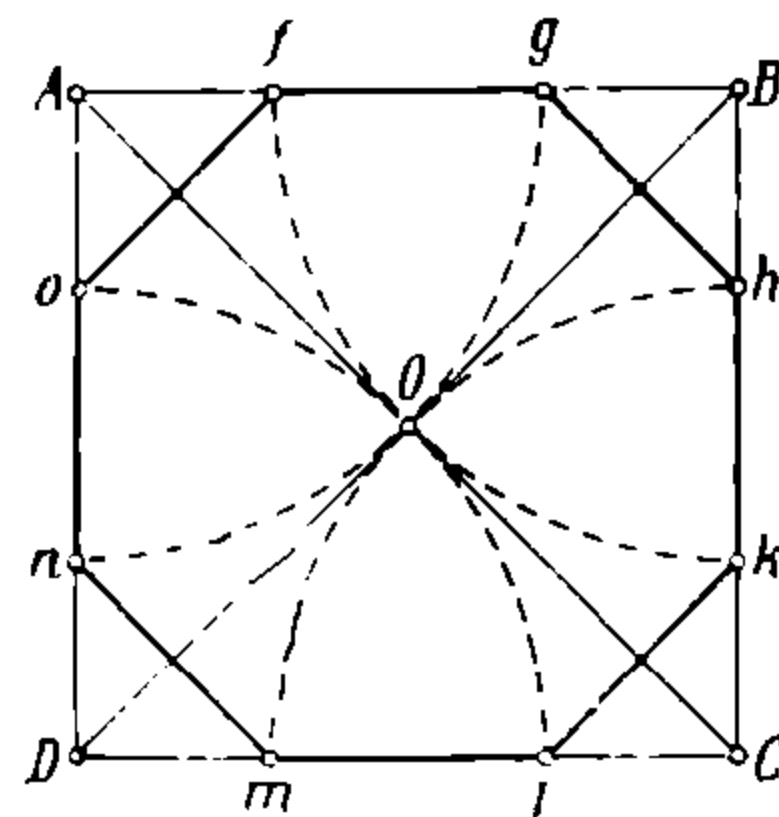


Рис. 176.

Задача 14. а) В данный круг вписать правильный девятиугольник и б) вокруг данного круга описать правильный девятиугольник.

Эта задача, представляющая собой частный случай задачи 16 (см. ниже), разрешается как там указано. Если же имеется вписанный правильный треугольник, то делением дуги, стягиваемой любой из его сторон, на 3 части легко найти сторону девятиугольника и, шагая циркулем, его построить.

Задача 15. а) В данный круг вписать правильный десятиугольник и б) вокруг данного круга описать правильный десятиугольник.

Делят радиус OF пополам (рис. 177) и полученную () C соединяют с () A ; из () C радиусом CO засекают $\cap OD$. Отрезок AD равен искомой стороне десятиугольника, который уже нетрудно построить, отложив от () A в обе стороны по хорде $AB = AM = AD$ и разделив остальную часть окружности последовательно три раза пополам, т. е. на 8 равных частей ($2^3 = 8$).

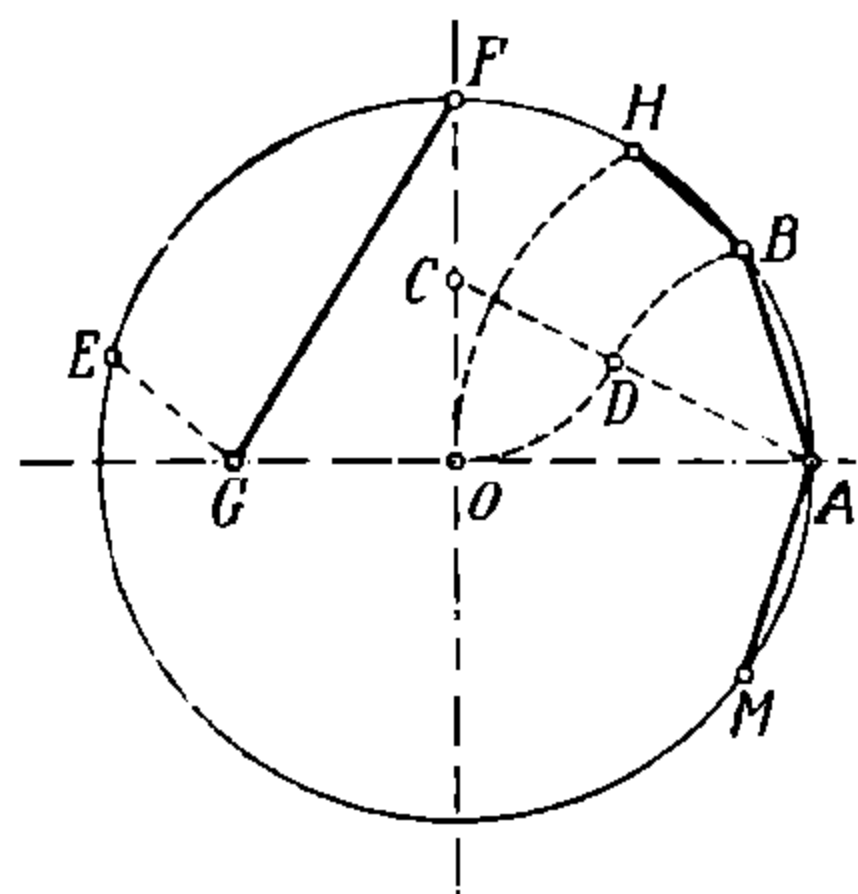


Рис. 177.

Пользуясь этим же построением, легко найти стороны правильных вписанных пяти- и пятнадцатиугольников, а именно:

1) Чтобы найти длину стороны правильного вписанного в данный круг пятиугольника, достаточно отложить от центра O (рис. 177) влево по горизонтальному диаметру отрезок $OG = AD$, т. е. стороне десятиугольника, и соединить точку G с точкой F ; длина FG и есть искомая сторона пятиугольника.

2) Для отыскания стороны пятнадцатиугольника рассуждают следующим образом: так как каждый вписанный правильный многоугольник делит своими вершинами окружность на столько равных частей, сколько он содержит сторон, то сторона пятиугольника стягивает дугу, составляющую $1/5$ длины окружности; точно так же хорда, стягивающая дугу, равную по длине $1/10$ длины окружности, равна стороне правильного десятиугольника. Поэтому, если из () A засечь окружность (рис. 177) радиусом $AO = r$ (сторона шестиугольника) в () H , то дуга $AH = 1/6$ длины окружности,

а радиусом AD (сторона десятиугольника) в точке B , то дуга $AB = 1/10$ длины окружности. Разность $\widehat{AH} - \widehat{AB} = \widehat{BH}$ составляет $1/15$ длины окружности ($1/6 - 1/10 = 1/15$) и, следовательно, хорда BH есть сторона правильного пятнадцатиугольника.

б) Для того, чтобы описать около данного круга правильный десятиугольник, поступают так, как было указано в задаче 9 (для пятиугольника).

Задача 16. а) В данный круг вписать правильный многоугольник с любым числом сторон и б) вокруг данного круга описать правильный многоугольник с любым числом сторон.

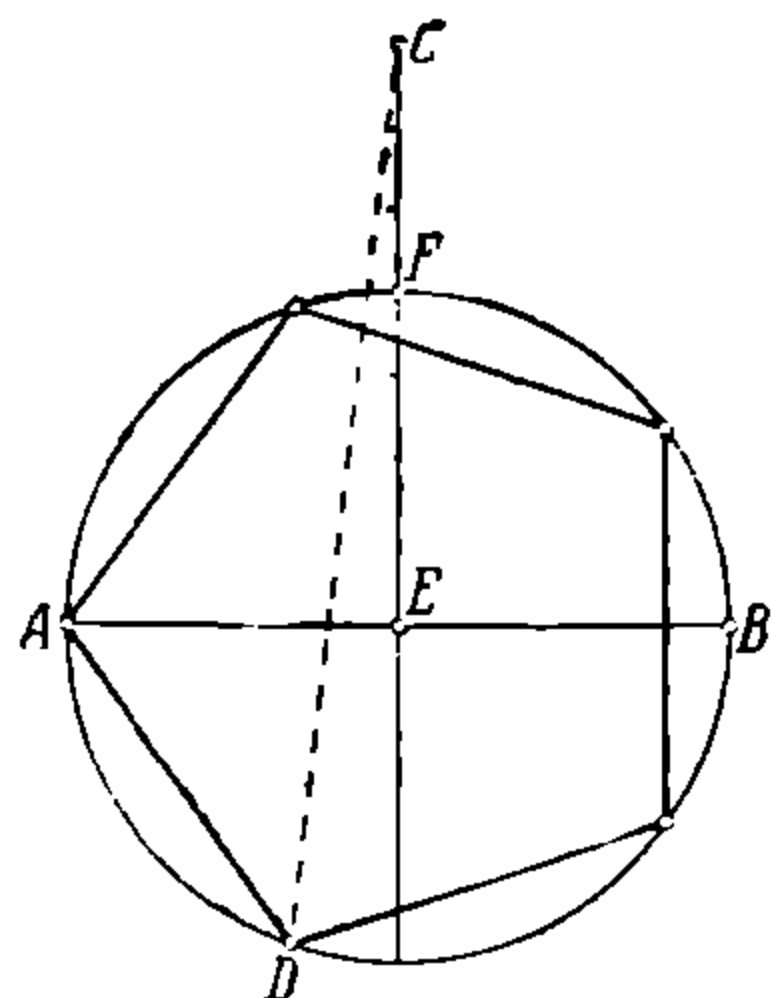


Рис. 178.

а) Проводят соответствующий условиям разметки диаметр AB (рис. 178) и в центре E строят $EC \perp AB$; радиус EF делят на 4 равные части и откладывают $FC = 3/4 EF$.

Затем, разделив диаметр AB на столько равных частей, сколько сторон должен иметь искомый многоугольник (на рис. 178 — на 5 частей), проводят из () C прямую через 2-е деление (от () A), которая пересечет окружность в () D . Соединив A с D , находят сторону искомого многоугольника; взяв ее размер циркулем, делят окружность на требуемое число частей, шагая циркулем, пока не получится совпадения замыкающих сторон

б) Построив приведенным способом вписанный многоугольник, поступают для получения описанного подобно тому, как было указано в задаче 9.

§ 15. ДЕЙСТВИЯ НАД КРИВЫМИ ЛИНИЯМИ.

В разметочной практике довольно часто приходится встречаться с вычерчиванием разного рода кривых, как например, эллипса (лазы в паровых котлах), параболы (строительный подъем ферм), гиперболы, винтовой линии и некоторых других.

Первые три из них, вместе с кругом, относятся к так называемым коническим сечениям, так как получаются при пересечении конуса плоскостью.

Эллипс. Чаше всего приходится иметь дело с эллипсом при вычерчивании овалов лазовых отверстий у паровых котлов и других замкнутых сосудов.

Данными для вычерчивания являются чаще всего оси эллипса (большая и малая), иногда так называемое фокусное расстояние и одна из полуосей.

Построение эллипса основывается на том его свойстве, что сумма расстояний от любой точки его периферии (очертания) до фокусов есть величина постоянная и равная большей оси, и на том, что с другой стороны круг есть предельный случай эллипса, когда оси его равны и оба фокуса совпадают в одной точке, являющейся центром круга.

Поэтому, чтобы найти фокусы эллипса, если даны длины его полуосей, достаточно из конечной точки малой оси C или D засечь большую ось в точках F и F' дугой радиуса, равного большей полуоси $AO = OB$ (рис. 179).

В разметке при построении эллипса часто довольствуются приближенными способами, заменяя его замкнутой овальной кривой, состоящей из сопряжения дуг круга (чаще всего двух радиусов).

Приведем несколько способов построения овала, состоящего из дуг круга. Построение начинают с проведения двух взаимно-перпендикулярных прямых AB и CD (рис. 179), от точки пересечения которых O откладывают в обе стороны: по одной из этих линий $OA = OB = \frac{1}{2}$ большой оси эллипса, а по другой $OC = OD = \frac{1}{2}$ малой оси эллипса.

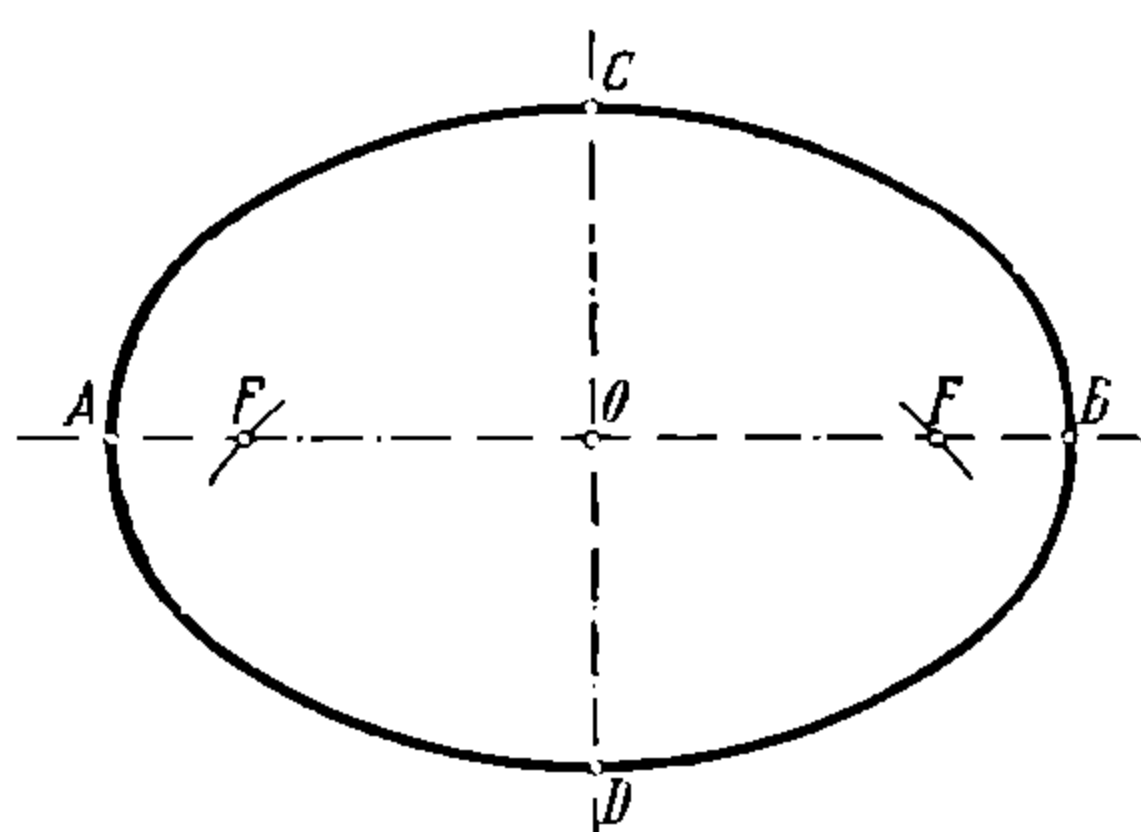


Рис. 179.

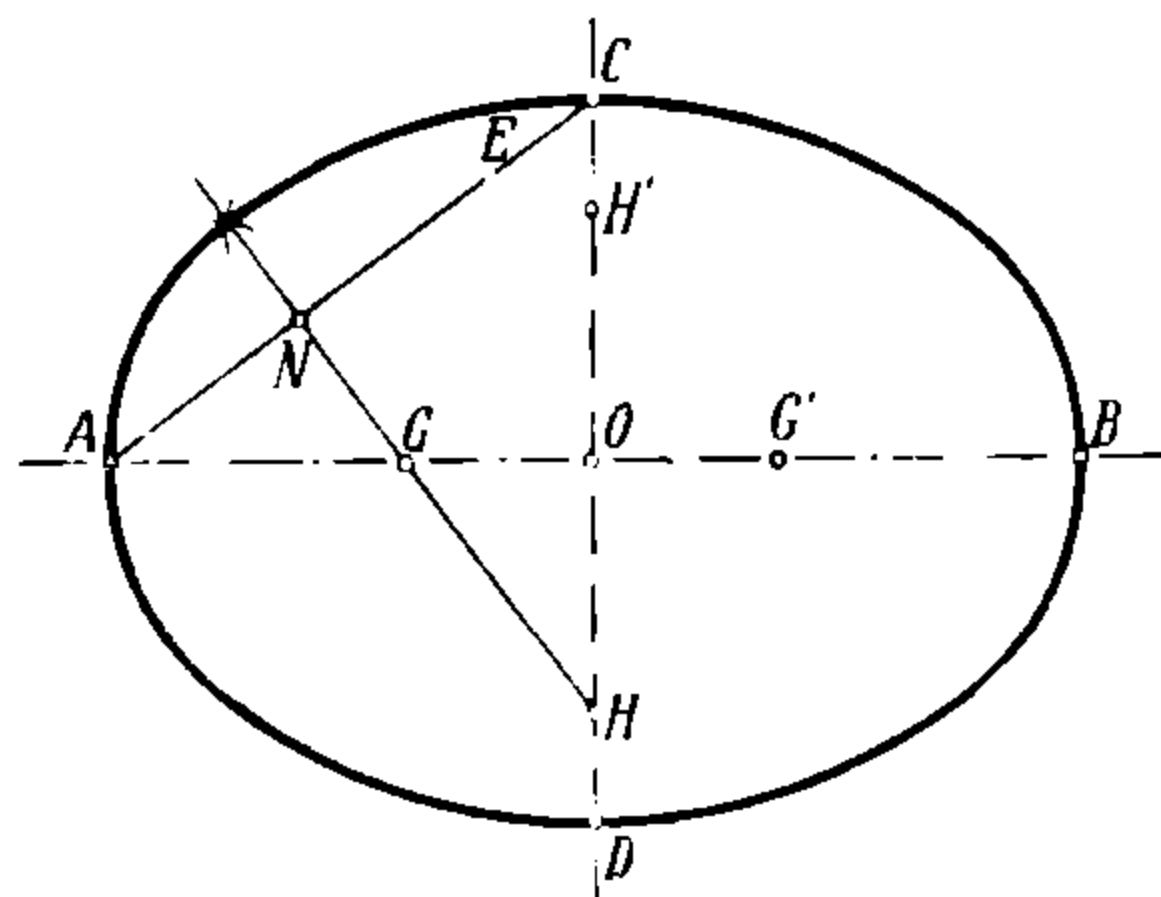


Рис. 180.

Излюбленными способами приближенного построения эллипса являются у наших разметчиков следующие.

Способ 1. Построив, как было указано выше, оси эллипса (рис. 180), () A соединяют с C ; от () C откладывают по линии AC отрезок $CF = AO - CO$ (разность полуосей) и делят AE пополам; из середины N восстанавливают перпендикуляр к AC . Точки пересечения его с осями эллипса G и H являются центрами сопряженных дуг, описываемых: из точки G — радиусом AG , а из точки H — радиусом HC . Отложив по осям эллипса отрезки $OG' = OG$ и $OH' = OH$, находят центры остальных двух дуг приближенного очертания эллипса.

Способ 2. Вычертив оси эллипса, откладывают от точки O (рис. 181) по обеим осям отрезки $aO = Oc = a - b$ (где a — большая полуось, а b — малая). Соединив точки a и c ,

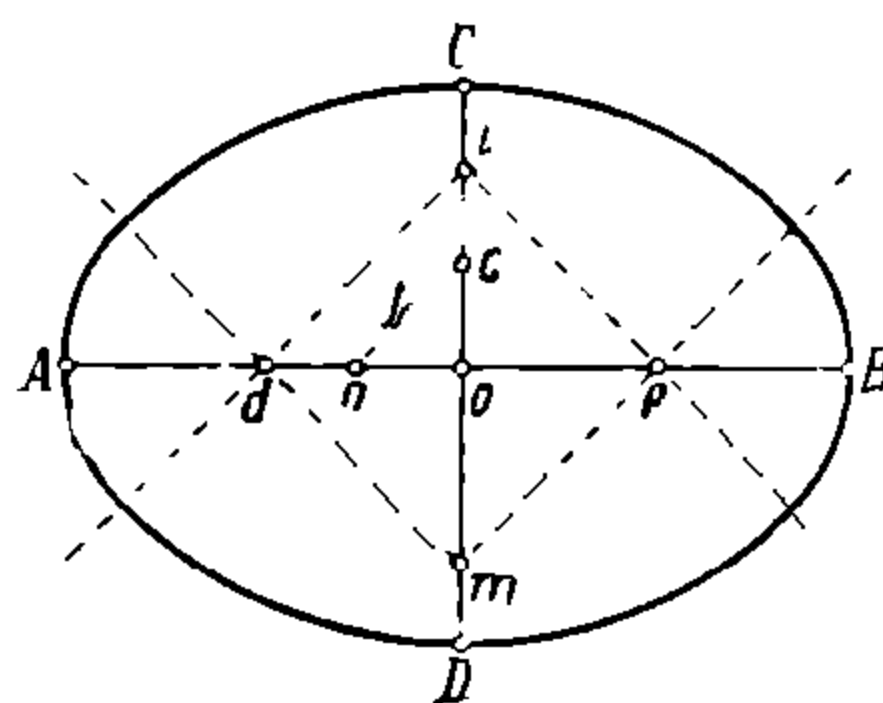


Рис. 181.

откладывают $ad = \frac{ac}{2}$ влево от () a и через

полученную () d проводят $di \parallel ac$. Затем, отложив от () O вправо по большой оси $Oe = Od$ и вниз по малой оси $Om = Oi$, опи-

сывают из четырех точек d, i, e и m , как из центров, радиусами $dA = eB$ и $mC = iD$ четыре сопряженных дуги и получают искомый овал $ACBDA$, практически достаточно близко подходящий к очертанию эллипса.

Способ 3. Американский способ Хоней представляется довольно точным и, вместе с тем, простым для получения очертания эллипса тремя дугами. Способ этот состоит в том, что для получения радиусов очертания эллипса проводят две прямые под произвольным $\angle \alpha$ (рис. 182а), а затем из вершины угла a радиусами, равными полуосям эллипса, проводят \widehat{be} и \widehat{cd} и соединяют точки e и d , а из точек b и c проводят $cf \parallel ed$ и $bg \parallel ed$, которые пересекут стороны угла соответственно в точках g и f .

Отрезок bd делят на 8 частей и первое деление от d (точку h) соединяют с e , а через точки b и c проводят $bl \parallel eh$ и $ck \parallel eh$. Тогда ak может быть принят за больший радиус (R). al — за меньший (r), а радиус сопрягающей дуги (p) будет средним арифметическим из первых: $p = \frac{R+r}{2}$

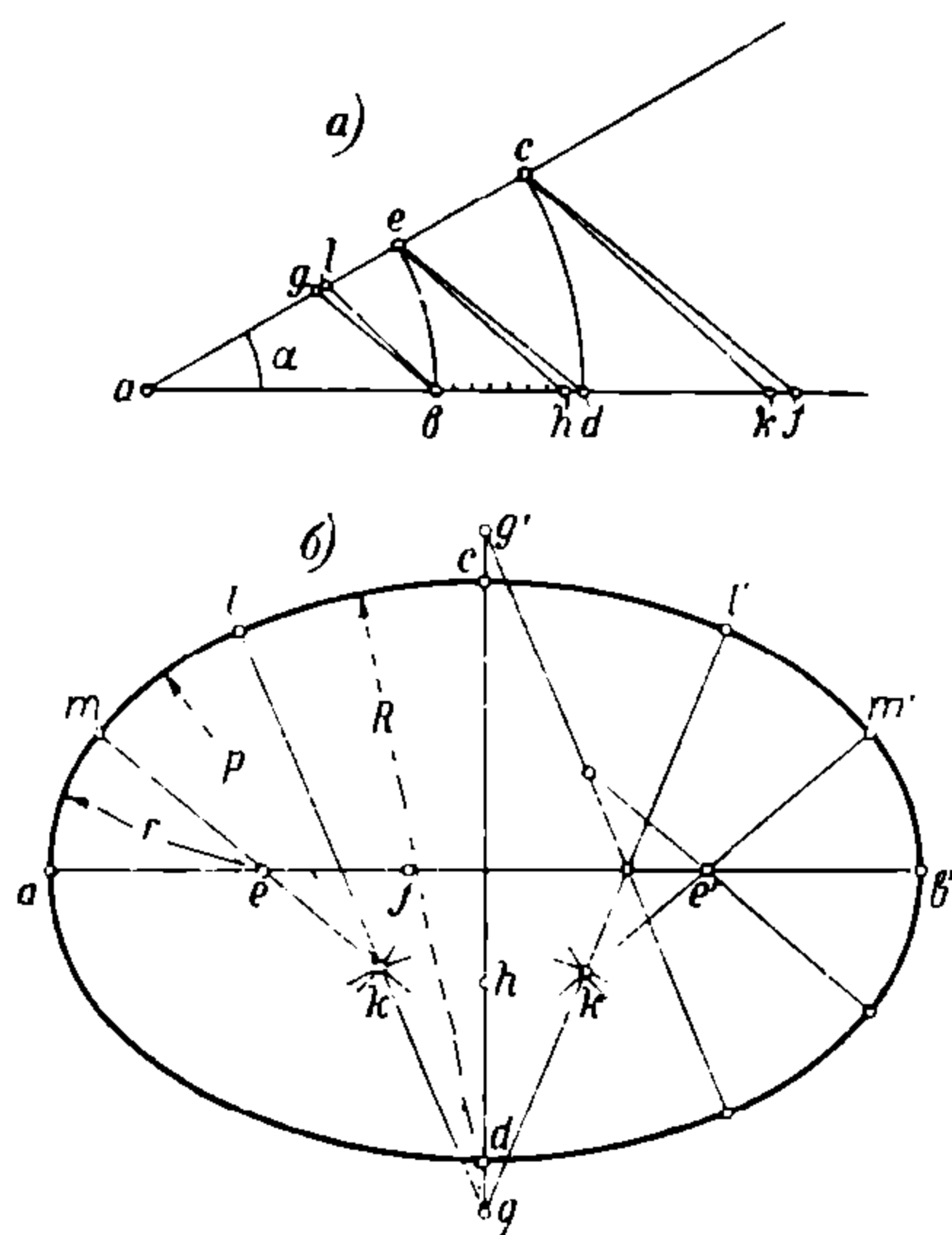


Рис. 182.

за центр, описывают из нее вспомогательную полуокружность радиусом OC , равным малой полуоси OO . Затем делят на одинаковое число равных частей большую ось эллипса AB и горизонтальный радиус вспомогательного круга и из точек деления восстанавливают перпендикуляры. Остается спроектировать точки пересечения перпендикуляров с окружностью $1, 2, 3$. на соответствующие перпендикуляры к большой оси искомого эллипса, чтобы получить точки $1', 2', 3'$., принадлежащие очертанию эллипса; соединив их плавной кривою, получают довольно точное решение задачи.

Способ 5. Хорошее очертание эллипса получается, если очертить из его центра O две concentric окружности радиусами, равными полуосям (рис. 184), и разделить четверти круга на одинаковое число равных частей (на рис. 184 — 4 деления). Если из одноименных точек деления обеих окружностей $1, 2, 3 \dots$ и $1', 2', 3'$ проводить параллели и перпендикуляры к осям эллипса, то в пересечениях этих параллелей с перпендикулярами найдем ряд точек $1_0, 2_0, 3_0$. которые лежат на периферии искомого эллипса.

Исходя из указанного выше свойства эллипса, что сумма расстояний

На полуосях эллипса (рис. 182б) откладывают: $ae = r$, $af = p$, $cg = R$ и $ch = p$, затем засекают дужки k и k' из точки e — радиусом $p - r = ef$ и из точки g радиусом $p = gh$; полученные точки k и k' соединяют с точками e и g и получают линии km и gl , ограничивающие сопрягающими дугами очертания верхней половины эллипса. То же построение повторяют в нижней половине чертежа.

Более точным методом является построение эллипса по точкам, из которых чаще всего применяются на практике следующие.

Способ 4. Если рассматривать круг как частный случай эллипса (у которого большая и малая оси равны), то естественным является построение эллипса следующим методом.

Приняв произвольную () C (рис. 183) на продолжении большой оси

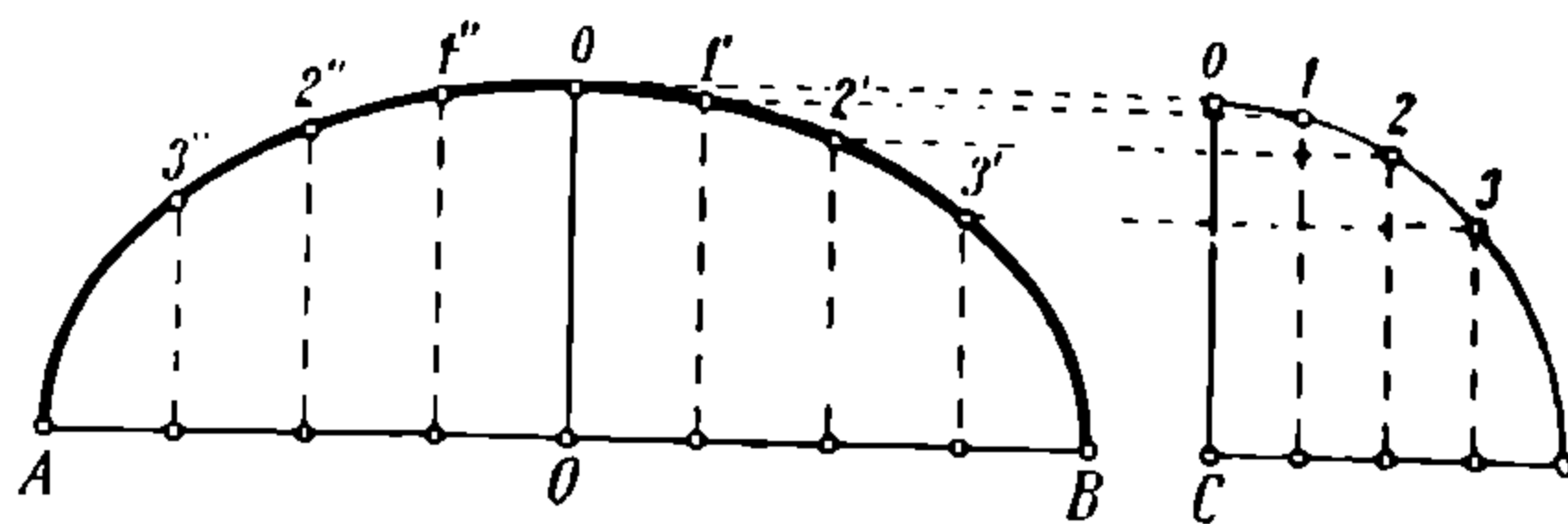


Рис. 183.

от любой точки его очертания до фокусов равна большой полуоси, применяют следующие способы получения совершенно точного очертания эллипса.

Способ 6. Строят оси эллипса AB и DE , находят положение фокусов F и F' (рис. 185) и делят большую ось AB на произвольное число равных частей (на рис. 185 — на 10). Затем из обоих фокусов засекают дужки радиусами $A1, A2, A3...$ и соответственно $B1, B2, B3...$. Точки пересечения этих дужек являются точками очертания эллипса.

На этом же свойстве эллипса основан следующий простой, но, вместе с тем, теоретически совершенно точный способ вычерчивания эллипса, особенно пригодный при черчении на бумаге или на деревянной доске.

Способ 7. Начертив оси эллипса и найдя фокусы, берут крученный английский шнур (или струну) и делают на нем две петли таким образом чтобы длина шнура была равна длине большой оси (для этого удобнее всего забить две чертилки остриями в точках A и B) (рис. 186) и связать их струною. Затем переносят чертилки в фокусы F, G , а третьей чертилкой очерчивают эллипс, как указано на рисунке.

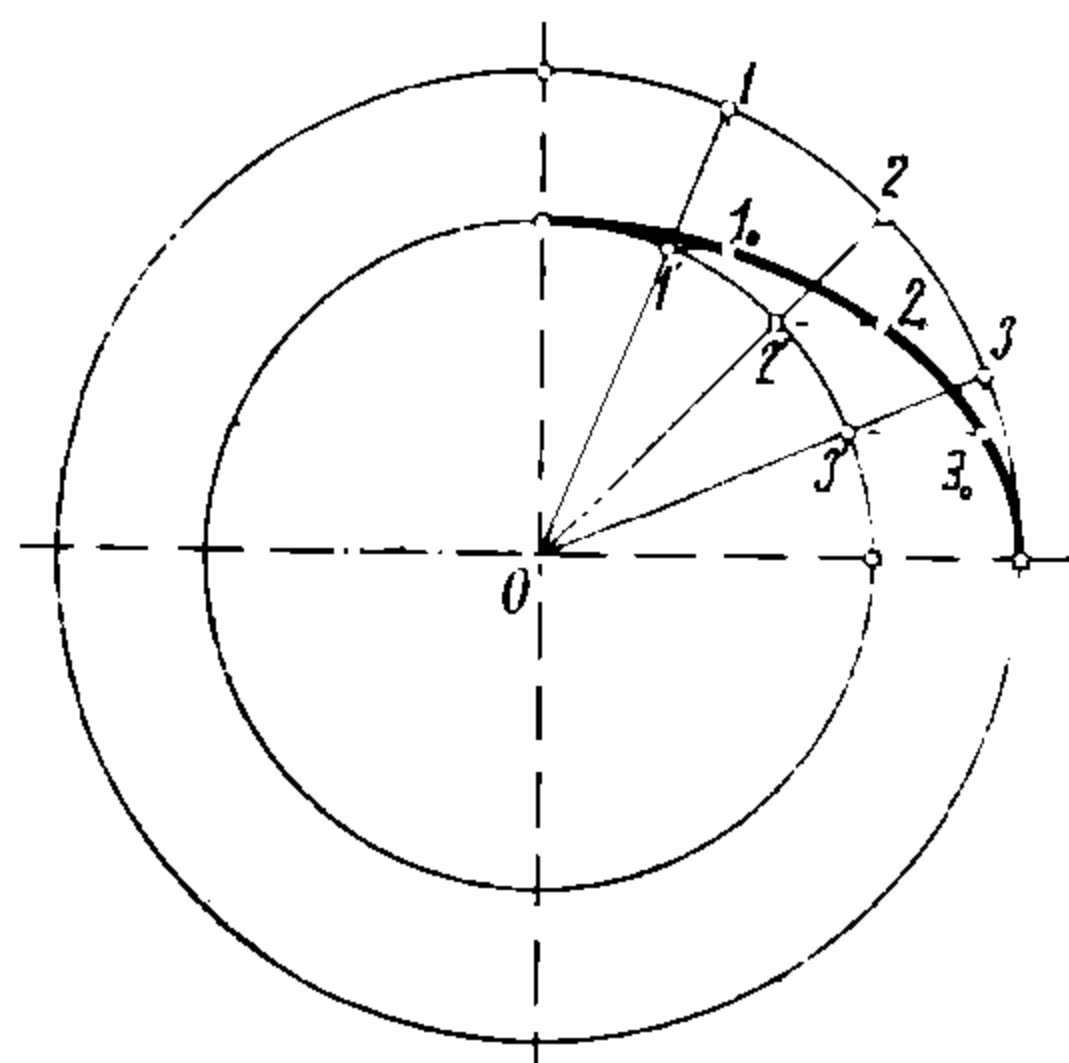


Рис. 184.

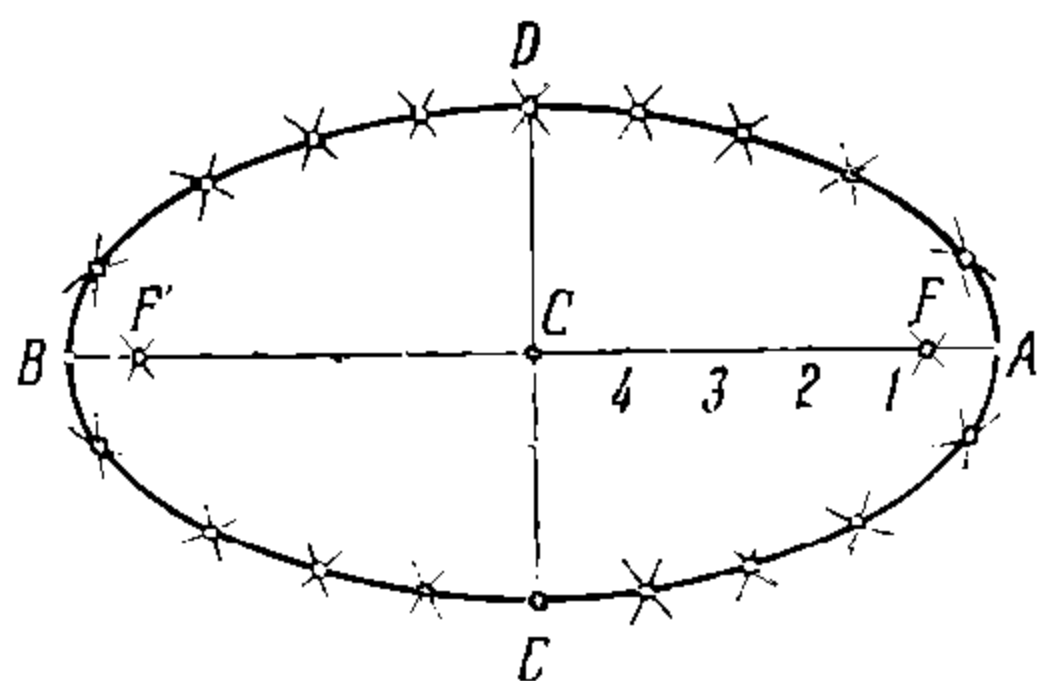


Рис. 185.

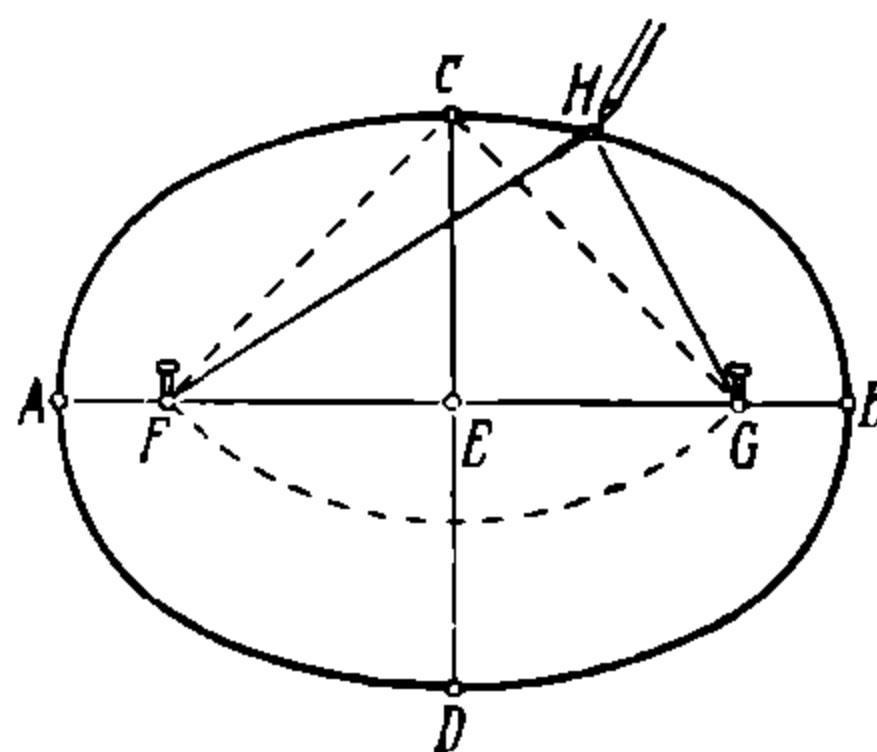


Рис. 186.

Способ 8. Другой точный способ состоит в том, что если из произвольных точек (рис. 187) $1, 2, 3...$ малой оси, как из центров, засекают большую ось радиусом, равным разности полуосей, и эти точки соединить с засечками $1', 2', 3'$. то, засекая продолжения линий $1-1', 2-2', 3-3'$ радиусом, равным малой полуоси, мы получим ряд точек $1_0, 2_0, 3_0...$, принадлежащих кривой эллипса.

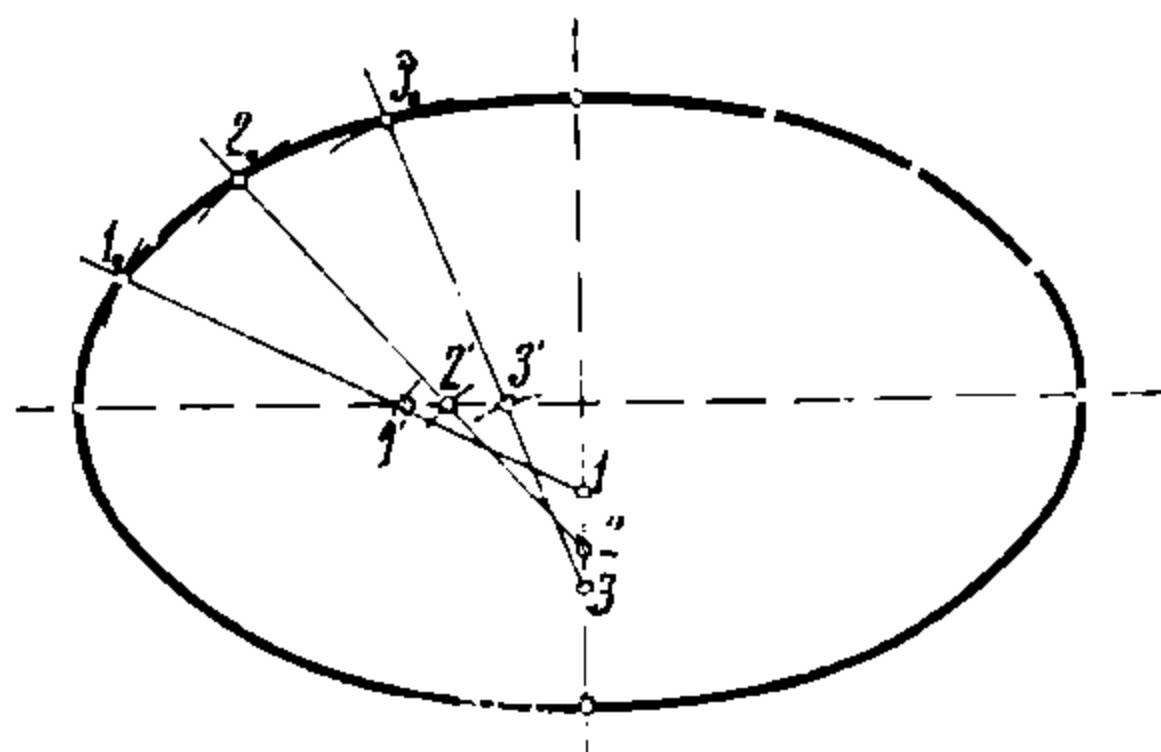


Рис. 187.

Способ 9. Только что описанный способ привел к идее простой конструкции прибора для вычерчивания эллипсов, встречающегося кое-где на американских заводах.

В крестообразных салазках $EFGK$ (рис. 188) перемещаются ползунки k и l с поворотными головками, в которые вставляется стержень mn , снабженный в точке m вставочкой для карандаша или чертилки. Стержень mn

закрепляется в ползунках при помощи барашков таким образом, чтобы расстояние lm было равно малой полуоси, а km — большой (таким образом kl равняется разности полуосей). Если теперь уложить салазки $EFGK$ таким образом, чтобы пересечение салазок совпало с центром эллипса и салазки EG были расположены по большой оси, и затем двигать ползунки k и l так, чтобы k перемещался по салазкам BK , а l — по EG , то чертилка m опишет правильный эллипс.

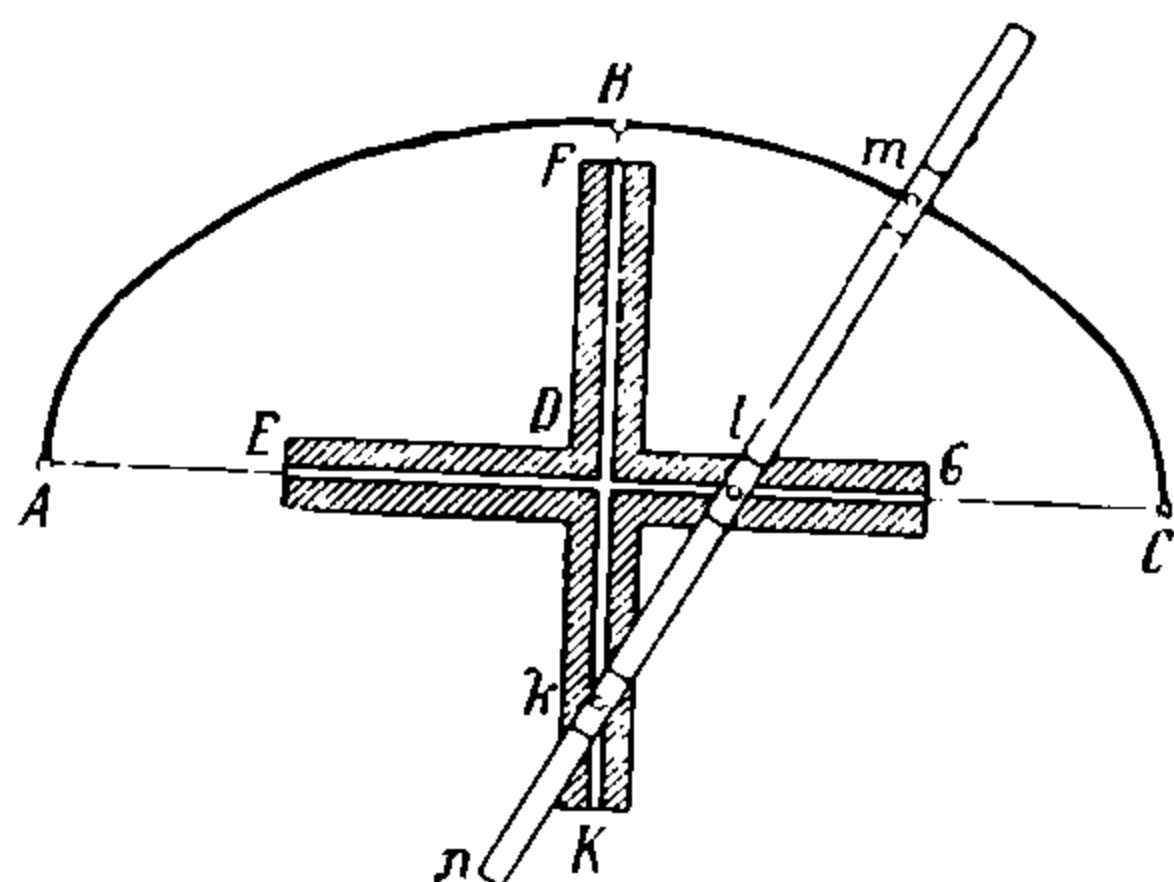


Рис. 188.

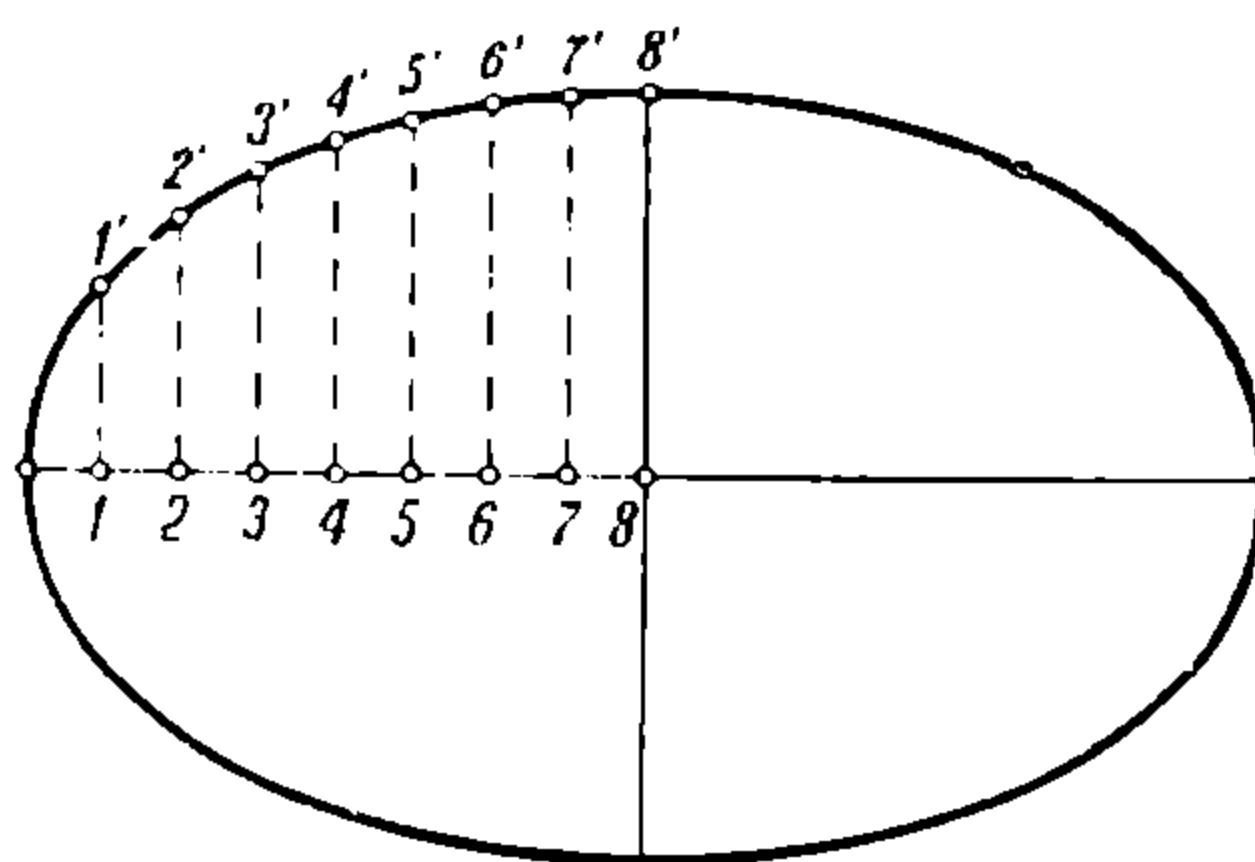


Рис. 189.

Способ 10. Еще один удобный для практики способ построения эллипса заключается в том, что большую полуось эллипса разбивают на 4, 5, 9 или 10 равных частей (рис. 189) и на перпендикулярах, восстановленных из точек деления, откладывают следующие длины.

При делении на:	4	5	8	10 частей
Длина ординаты				
1—1'	0,661 b	0,600 b	0,484 b	0,454 b
2—2'	0,806 b	0,800 b	0,661 b	0,600 b
3—3'	0,968 b	0,916 b	0,782 b	0,714 b
4—4'	1,000 b	0,995 b	0,806 b	0,800 b
5—5'	—	1,000 b	0,927 b	0,866 b
6—6'	—	—	0,968 b	0,916 b
7—7'	—	—	0,992 b	0,994 b
8—8'	—	—	1,000 b	0,995 b
9—9'	—	—	—	0,998 b
10—10'	—	—	—	0,000 b

где b — малая полуось эллипса.

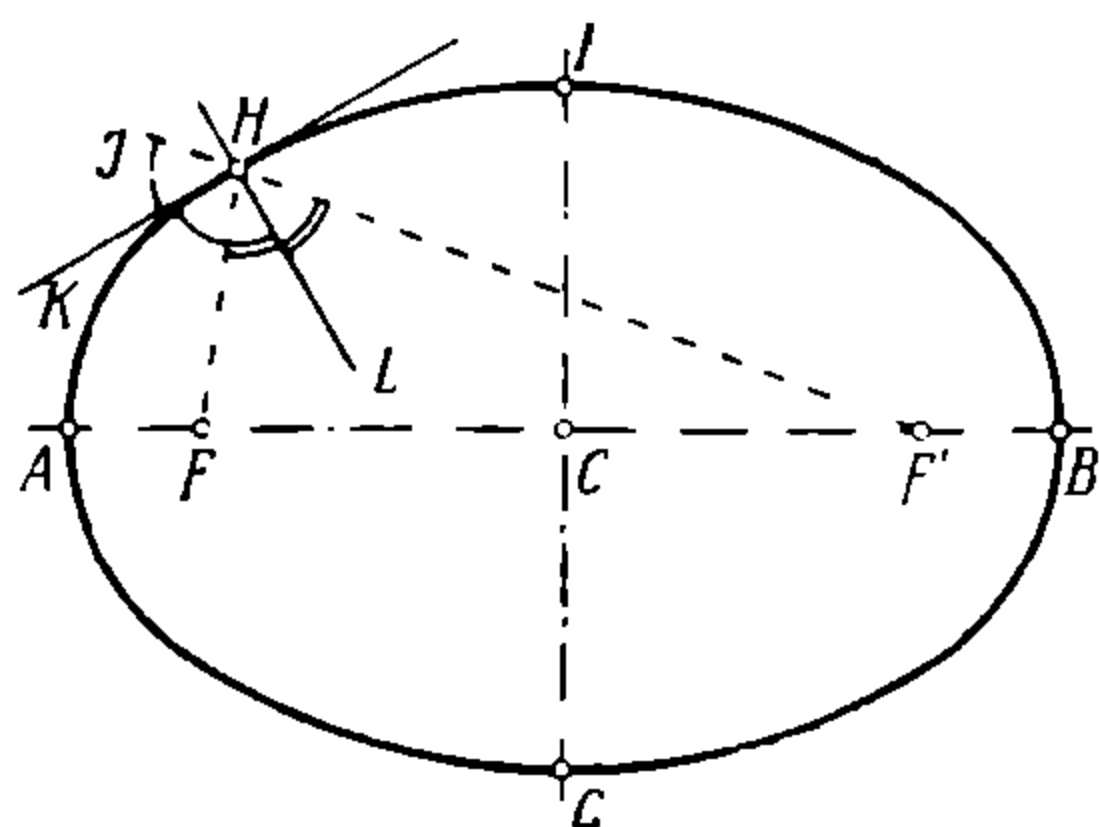


Рис. 190.

Проведение касательных и нормалей к эллипсу (рис. 190). Данную точку H соединяют с фокусами эллипса F и F' (линии HF и HF' называются векторами) и продолжают их за очертание эллипса. Если теперь разделить пополам угол FHH' , то биссектриса его будет касательной к эллипсу в точке H , а биссектриса угла FHF' будет нормалью к эллипсу (перпендикуляром к касательной).

Определение периметра наиболее часто встречающихся овалов

Пример 1. Овал составлен из двух полуокружностей одинакового ради-

уса, сопряженных двумя прямыми (рис. 191). Длина периметра такого овала будет:

$$S = 2\pi r + 2l.$$

Пример 2. Овал составлен из двух дуг круга разных радиусов, сопряженных двумя прямыми (рис. 192). Длина периметра такого овала может быть вычислена по формуле:

$$S = \frac{2\pi R(360 - \alpha)}{360} + \frac{2\pi r\alpha}{360} - 2ab.$$

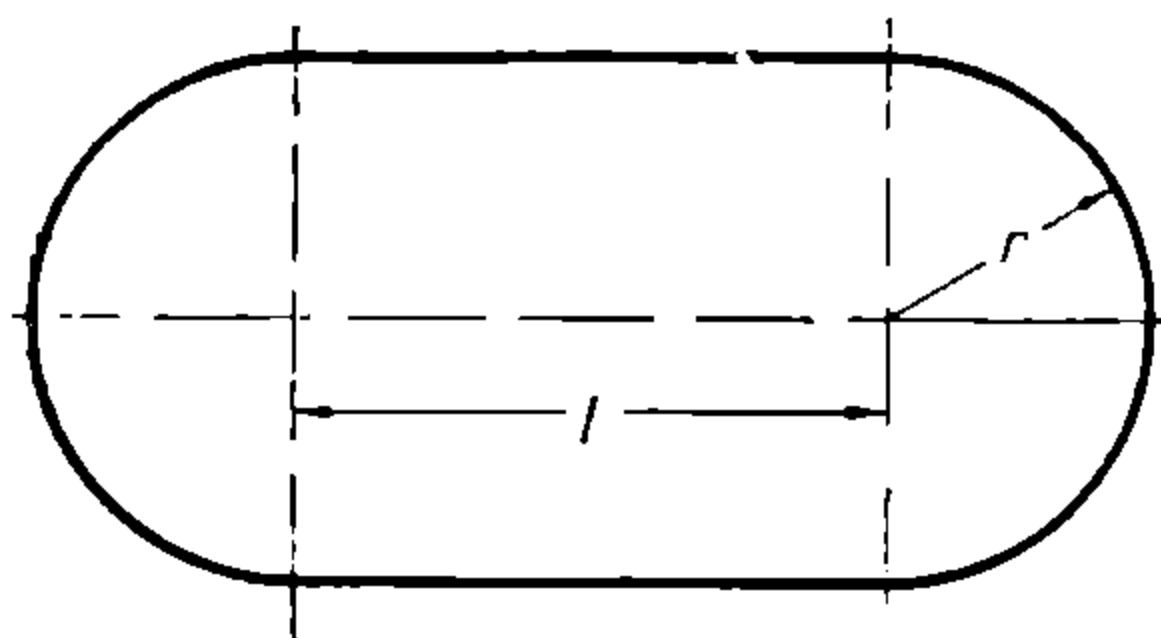


Рис. 191.

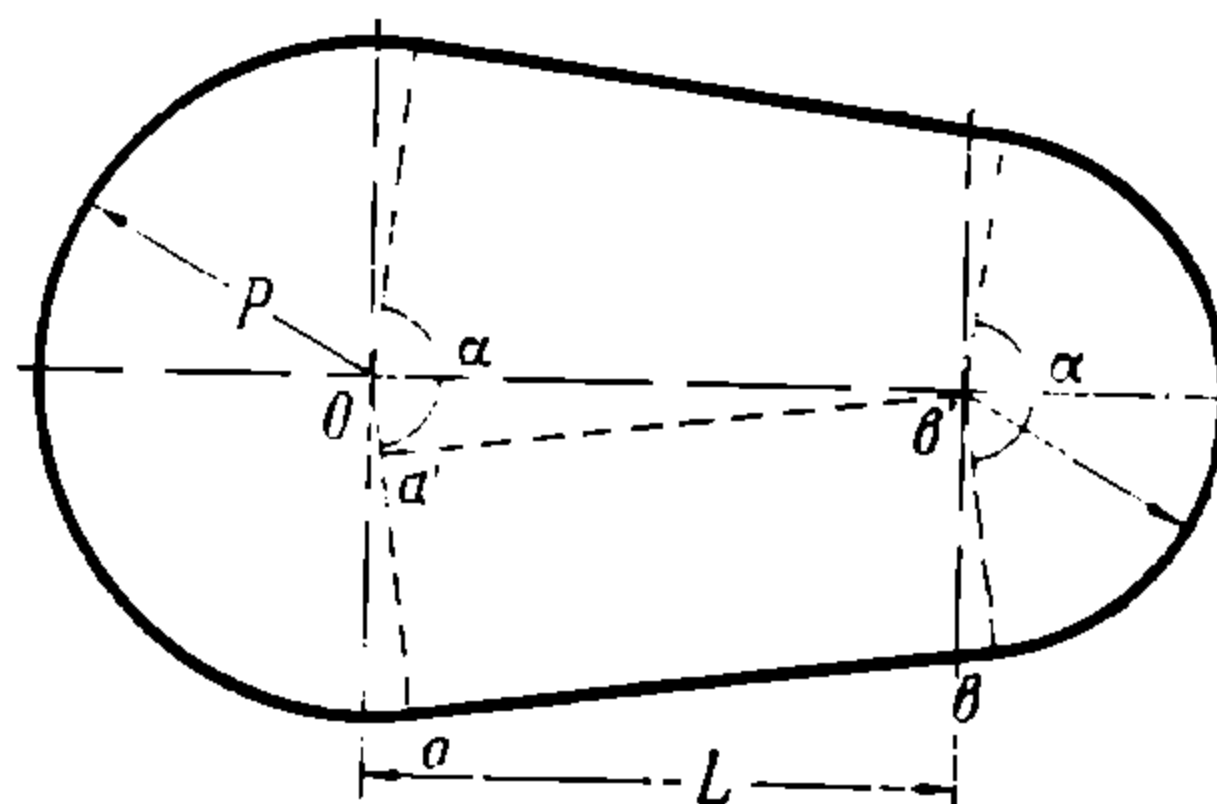


Рис. 192.

Из треугольника $Oa'b'$ находим: $a'b' = ab = \sqrt{L^2 - (R - r)^2}$, следовательно:

$$S = 2\pi \left[R - \frac{\alpha}{360} (R - r) \right] + 2\sqrt{L^2 - (R - r)^2}.$$

Угол α может быть определен или непосредственным измерением при помощи транспортира, или вычислен из того же треугольника $Oa'b'$, где $Ob' = L$, $Oa' = R - r$:

$$Oa' = Ob' \cos \frac{\alpha}{2}, \quad \text{откуда} \quad \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{Oa'}{Ob'} = \frac{R - r}{L}.$$

Зная численное выражение $\cos \frac{\alpha}{2}$, по таблицам справочника легко найти величину $\frac{\alpha}{2}$, а следовательно и α .

Периметр эллипса. Длина периметра эллипса может быть вычислена по следующей формуле: $L = al$, где a — большая полуось, l — длина периметра эллипса, у которого $a = 1$.

Если отношение малой полуоси эллипса к большой обозначить через $n = \frac{b}{a}$ (где b — малая полуось), то, зная n , можно по нижеследующей таблице найти соответственную длину l , а умножив ее на a — и величину L .

n	l	n	l	n	l	n	l	n	l
0,00	4,0000	0,20	4,2020	0,40	4,6026	0,60	5,1054	0,80	5,6723
01	0011	21	2186	41	6258	61	1324	81	7020
02	0038	22	2356	42	6492	62	1596	82	7317
03	0078	23	2531	43	6728	63	1870	83	7615
04	0131	24	2710	44	6966	64	2145	84	7915
05	0194	25	2892	45	7207	65	2421	85	8215
06	0267	26	3078	46	7450	66	2699	86	8516
07	0348	27	3268	47	7695	67	2978	87	8819
08	0438	28	3462	48	7942	68	3259	88	9122
09	0535	29	3659	49	8191	69	3541	89	9426
0,10	4,0640	0,30	4,3859	0,50	4,8442	0,70	5,3824	0,90	5,9732
11	0752	31	4062	51	8695	71	4108	91	6,0038
12	0870	32	4269	52	8950	72	4394	92	0345
13	0994	33	4478	53	9207	73	4681	93	0653
14	1125	34	4692	54	9466	74	4969	94	0962
15	1261	35	4908	55	9726	75	5258	95	1271
16	1403	36	5126	56	9988	76	5549	96	1582
17	1550	37	5347	57	5,0252	77	5841	97	1893
18	1702	38	5571	58	0518	78	6134	98	2205
19	1859	39	5797	59	0785	79	6428	99	2518

Если значение n получается более чем с двумя десятичными знаками, то значение l определяется путем интерполяции.

Так, например, пусть дан эллипс с полуосями $a = 320$ и $b = 270$; тогда $n_x = \frac{b}{a} = \frac{27}{32} = 0,84375$.

По таблице находим: для $n_1 = 0,85$, $l_1 = 5,8215$

$$\begin{array}{r} n_2 = 0,84 \quad l_2 = 5,7915 \\ \text{разность:} \quad \frac{0,01}{0,03} \end{array}$$

Дальше рассуждаем так: если при разнице между n_1 и n_2 , равной 0,01, разность $l_1 - l_2 = 0,03$, то при разности $n_1 - n_x = 0,00625$, будем иметь:

$$\frac{n_1 - n_2}{l_1 - l_2} = \frac{n_1 - n_x}{l_1 - l_x}$$

или

$$\frac{0,01}{0,03} = \frac{0,00625}{l_1 - l_x},$$

откуда

$$l_x = l_1 - \frac{0,03 \cdot 0,00625}{0,01} = 5,8215 - 0,01875 = 5,80275.$$

В разметочной практике котельно-мостовых цехов приходится иногда строить очертания парабол, гипербол и винтовых линий, но, правда, гораздо реже, чем эллипсов; поэтому вкратце остановимся и на этих построениях.

Парабола. Парабола обладает тем характерным свойством, что каждая точка на ее очертании равно удалена как от постоянной прямой, перпен-

дикулярной к оси параболы и называемой директриссой, так и от фокуса параболы. На рис. 193 линия KL представляет собою директриссу, eb — ось параболы, точка F — фокус. Понятно, что вершина параболы (точка A), благодаря вышеприведенному свойству параболы, как равно удаленная от директриссы и фокуса, делит расстояние eF пополам; ордината, проведенная через фокус F (отрезок $FG = FE$), называется параметром параболы.

Второе характерное свойство параболы состоит в том, что абсцисса каждой точки, умноженная на двойной параметр, равняется квадрату ординаты. Алгебраически это выражается так:

$$y^2 = 2px,$$

где p — параметр, x — абсцисса и y — ордината. Это выражение называется уравнением параболы и, пользуясь им, можно, задаваясь различными числовыми значениями x , находить величины ординат y по формуле:

$$y = \sqrt{2px}.$$

Так например, если параметр $p = 2$ см и если задаться значениями абсциссы 2, 3, 4, 5... см, то соответствующие ординаты будут 2,83; 3,46;

4,0; 4,47. Отложив по выбранной оси абсцисс отрезки $AO = 2$, $AO' = 4$, $AO'' = 6$ и $AB = 8$, восстановив перпендикуляры к оси в точках O , O' , O'' , B и отложив на них соответствующие значения ординат $y = 2,83$, $y' = 3,46$; $y'' = 4,0$; $y''' = 4,47$. ., получают ряд точек n , n' , n'' , C , которые принадлежат очертанию параболы.

Перейдем теперь к построению параболы по данным координатам одной из ее точек.

1-й способ. Пусть даны абсцисса AB и ордината BC (рис. 193); делим BC пополам в () a , которую соединим с вершиной A . Затем из () a проводим $ab \perp Aa$. Отложив затем отрезок bB по оси абсцисс в обе стороны от A , найдем точку F — фокус кривой и точку e , через которую проходит директрисса KL . Выбрав теперь на оси параболы ряд произвольных точек (лучше на равных расстояниях) O , O' , O'' ., восстановим в них перпендикуляры, которые засечем

из точки F дужками, с радиусами, соответственно равными eo , eo' , eo'' . Точки n , n' , n'' несомненно принадлежат параболе, как равноудаленные от фокуса и директриссы ($nL = eo = Fn \dots$).

2-й способ. Иногда приходится строить параболу по данному ее отверстию CD (рис. 194) и стрелке AB . Легко видеть, что эта задача есть, собственно, та же, что и только что рассмотренная, так как CD равно двойной ординате точки D (или C), а AB есть ее абсцисса.

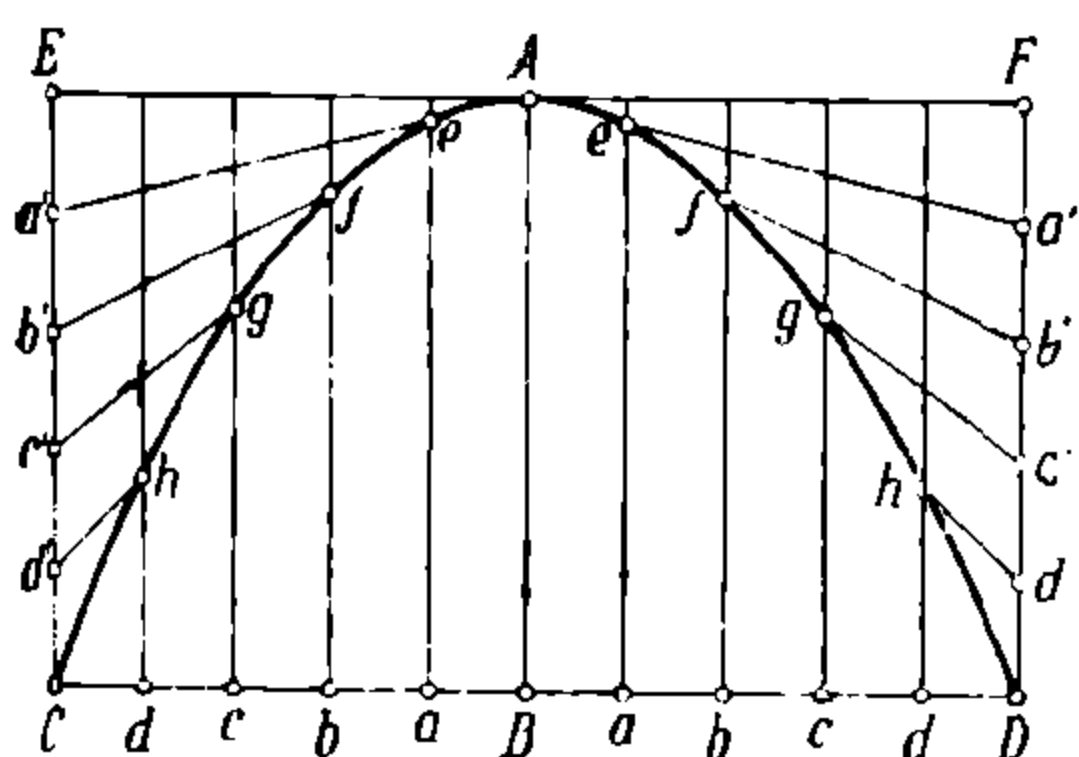


Рис. 194.

Парабола может быть построена в этом случае приблизительно следующим образом: проведя $CE \parallel AB$ и $DF \parallel AB$, а $EF \perp AB$, делим обе половины CD , т. е. CB и BD , а также CE и DF на одинаковое число

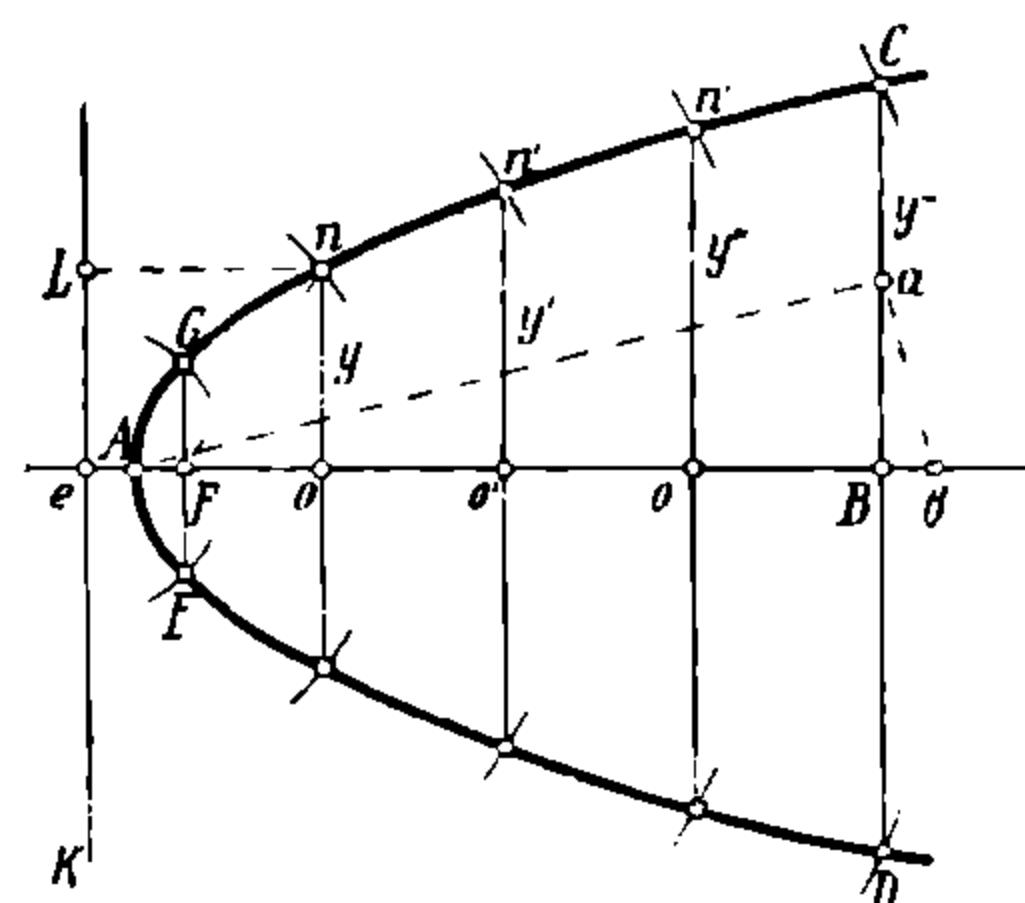


Рис. 193.

равных частей в точках a, b, c, d и a', b', c', d' , проведя затем из точек a, b, c, d перпендикуляры к CD , а из точек a', b', c' и d' лучи, сходящиеся в A , получим точки попарного пересечения h, g, f, e , соединив которые плавной кривою, найдем искомую параболу с достаточной для практики точностью.

3-й способ. Наиболее простым и вполне точным является следующий способ построения параболы при помощи угольника и струны (или шнура).

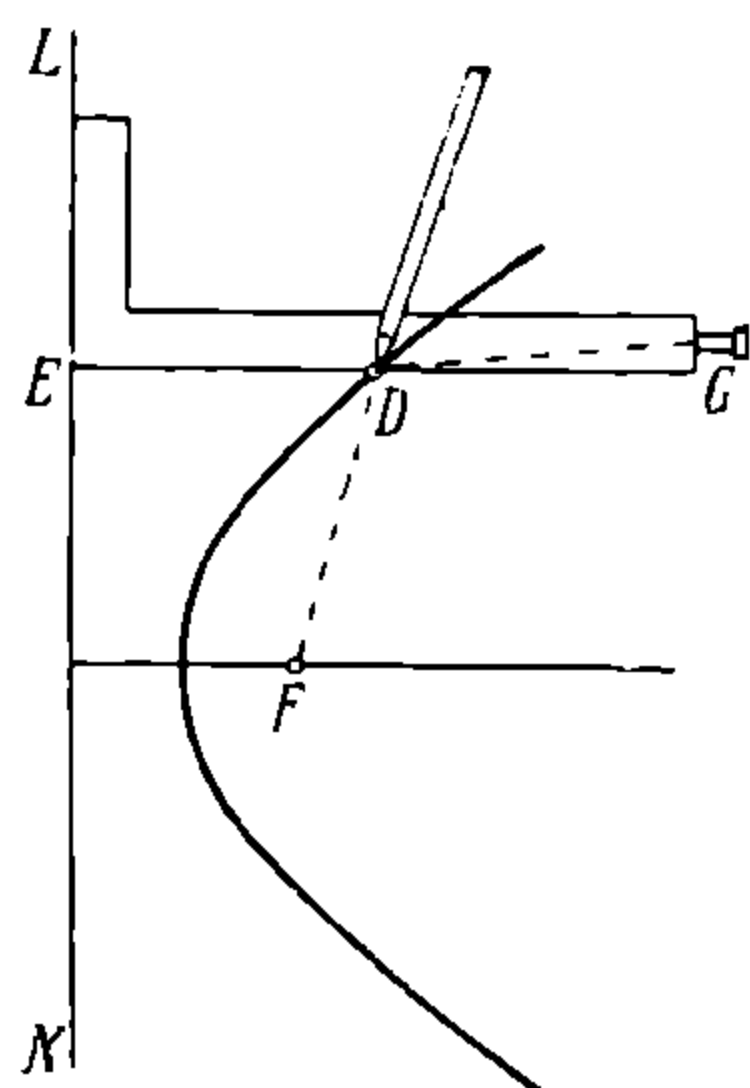


Рис. 195.

Отыскав, как было указано при описании первого способа, директрису NL и фокус F (рис. 195), укрепляют вдоль директрисы линейку, к которой прикладывают угольник, с прикрепленной на его конце G струной длиной, равной длине его полки EG . Провев в петлю на другом конце шнура чертилку, укрепляют этот конец в фокусе F . Тогда, прижимая другой чертилкой струну к полке EG угольника, описывают при передвижении угольника по линейке LN кривую, которая и будет искомой параболой, так как каждая ее точка D будет находиться на равном расстоянии от фокуса и директрисы ($ED = DF$, так как $DF + DG = ED + DF$).

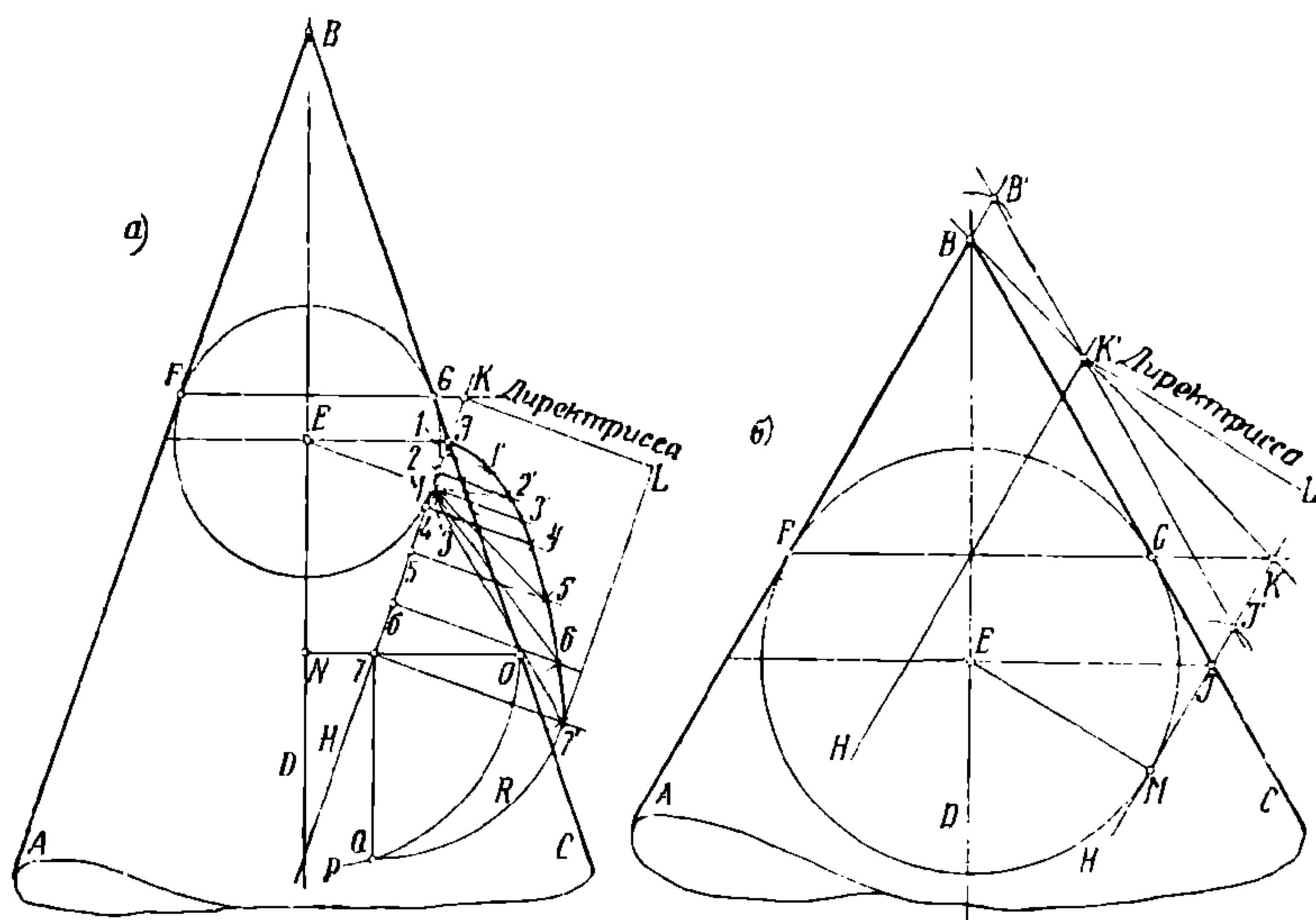


Рис. 196.

Нанесение данной параболы на любой конус. Берут произвольный конус ABC (рис. 196а) и наносят его ось BD ; затем из произвольной () E на оси BD описывают окружность, которая касалась бы сторон конуса, и полученные точки касания F и G соединяют прямою FG . Если теперь провести линию HK параллельно стороне AB конуса и касательно к только что проведенной окружности, то эта линия пересечет конус в () J , а линию FG в () K .

Восстановив в () K к линии HK перпендикуляр KL , а из центра круга E опустив перпендикуляр на линию KH , легко усмотреть, что отрезки KJ , GJ и MJ между собою равны. Чтобы вычертить параболу, принимают KL за ее директрису, а () M за фокус и восстанавливают из произвольных точек $1, 2, 3 \dots$ несколько перпендикуляров к линии KH , как $1—1', 2—2', 3—3'$. Засекая теперь из () M , как из центра, перпендикуляр $1—1'$ радиусом $K—1$, находят точку $1'$, затем из той же точки M радиусом $K—2$ засекают перпендикуляр $2—2'$ и находят точку $2'$; таким способом получают и точки $3', 4', 5', 6',$ и $7'$. Линия, соединяющая точки $1', 2', 3'$ представляет собою половину параболы, которая может быть точно совмещена с конусом, что вытекает из следующих соображений.

Проведем через () 7 линию $NO \perp BD$, причем NO будет представлять собою вертикальную проекцию сечения конуса, т. е. проекцию четверти окружности OP (радиуса NO). Восстановленный в () 7 перпендикуляр к линии NO пересекает окружность OP в точке Q , которая может быть рассматриваема как горизонтальная проекция точки $7'$ построенной ранее параболы. В самом деле, расстояние $7—Q$ равно расстоянию $7—7'$ и, следовательно, обе точки Q и $7'$ лежат на одной окружности R , описанной радиусом $7—7'$ из () 7 , как из центра. Таким же образом можно доказать, что и все другие точки параболы как $6', 5', 4'$ лежат на поверхности конуса.

Предположим теперь, что имеется конус ABC с другим вершинным углом. Требуется пересечь этот конус плоскостью так, чтобы линия пересечения представила собою параболу такого же размера, как построенная на фиг. а, рис. 196.

Проведя ось конуса BD (рис. 196б), опишем, как и на фиг. а, из произвольной () E на оси BD окружность, касающуюся конуса в точках F и G . Соединив затем полученные точки F и G и проведя линию HK касательно к кругу и параллельно к линии AB , пересечем ею конус в () J , а линию FG в () K , и найдем точку касания M , причем $MJ=KJ=KG$. Продолжив сторону конуса AB , отложим на ней, а также на линии HK , расстояния BB' и IJ' , равные отрезку JK , взятому из фиг. а, и полученные точки B' и J' соединим прямою $B'J'$. Проведя теперь линию KB , которая пересечет линию $B'J'$ в () K' , а через () K' линию $K'H' \parallel AB$, находим, что $K'H'$ представляет собою проекцию плоскости, отсекающей на поверхности конуса параболу, изображенную на фиг. а. Остается дополнить фиг. б построениями, показанными на фиг. а.

Приведенным способом всегда можно найти плоскость, которая в сечении с конусом даст любую заданную параболу на его поверхности.

Гипербола характеризуется тем, что она состоит из двух ветвей, причем разность расстояний любой из ее точек до двух определенных точек, называемых фокусами, есть величина постоянная. На этом свойстве гиперболы основаны способы ее построения, из которых приведем два наиболее распространенных.

Линия, соединяющая оба фокуса, называется главной или поперечной осью гиперболы. Продольная ось (ось симметрии) перпендикулярна к главной и делит расстояние между фокусами пополам. Если на продольной оси гиперболы нанести длины фокусного расстояния (по $\frac{FF'}{2}$ в обе стороны от поперечной оси) и построить прямоугольник, как указано на рис. 197, то диагонали этого прямоугольника будут асимптотами

гиперболы, т. е. линиями, к которым ветви гиперболы постепенно приближаются, но сливаются с ними лишь в бесконечности. Если эти асимптоты взаимно перпендикулярны, то гипербола называется прямоугольной, и она удовлетворяет условию $x \cdot y = \text{const}$, т. е. произведение из абсцисс и ординат для всех ее точек является величиной постоянной.

1-й способ (графический). Пусть даны фокусы гиперболы F и F' (рис. 198) и размер ее горловины $AB = a$. Берут линейку, длиною несколько большую, чем фокусное расстояние FF' , и укрепляют один ее конец, при помощи гвоздя или чертилки, в одном из фокусов F' , а к другому концу линейки H прикрепляют кнопкой или гвоздиком шнур или струну такой длины, чтобы шнур не доходил до закрепленного конца линейки F' на величину горловины a ; этот свободный конец шнура укрепляют в другом

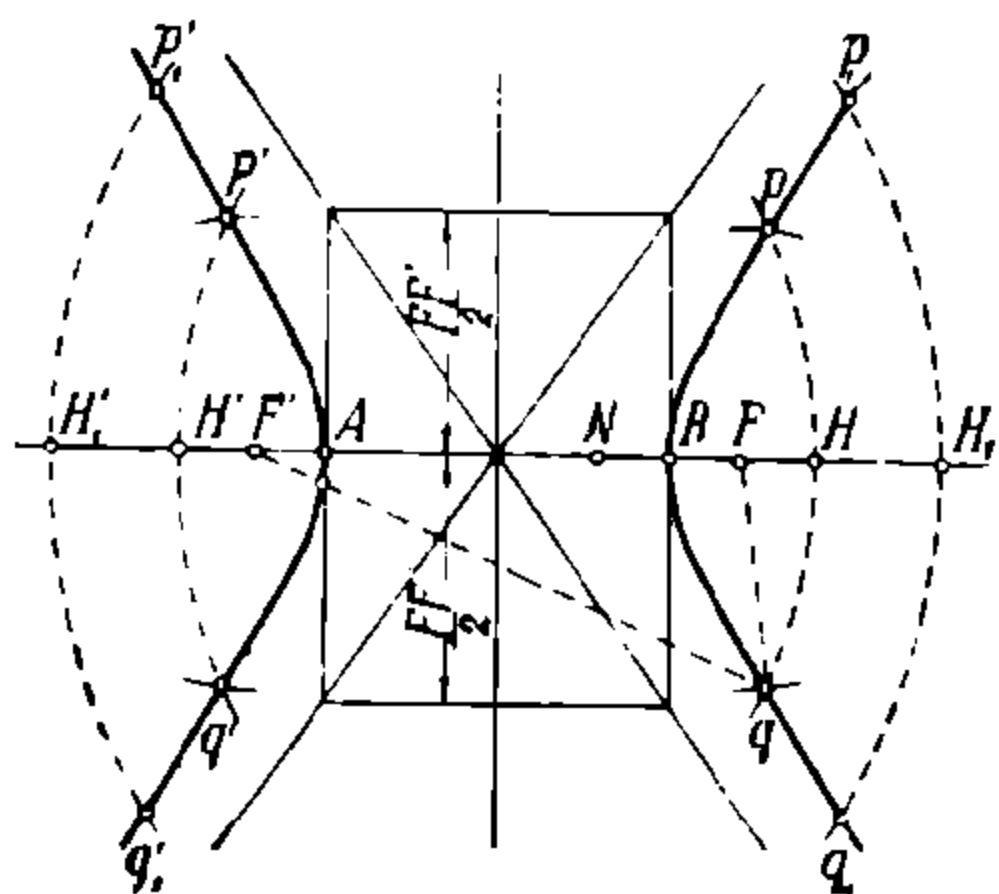


Рис. 197.

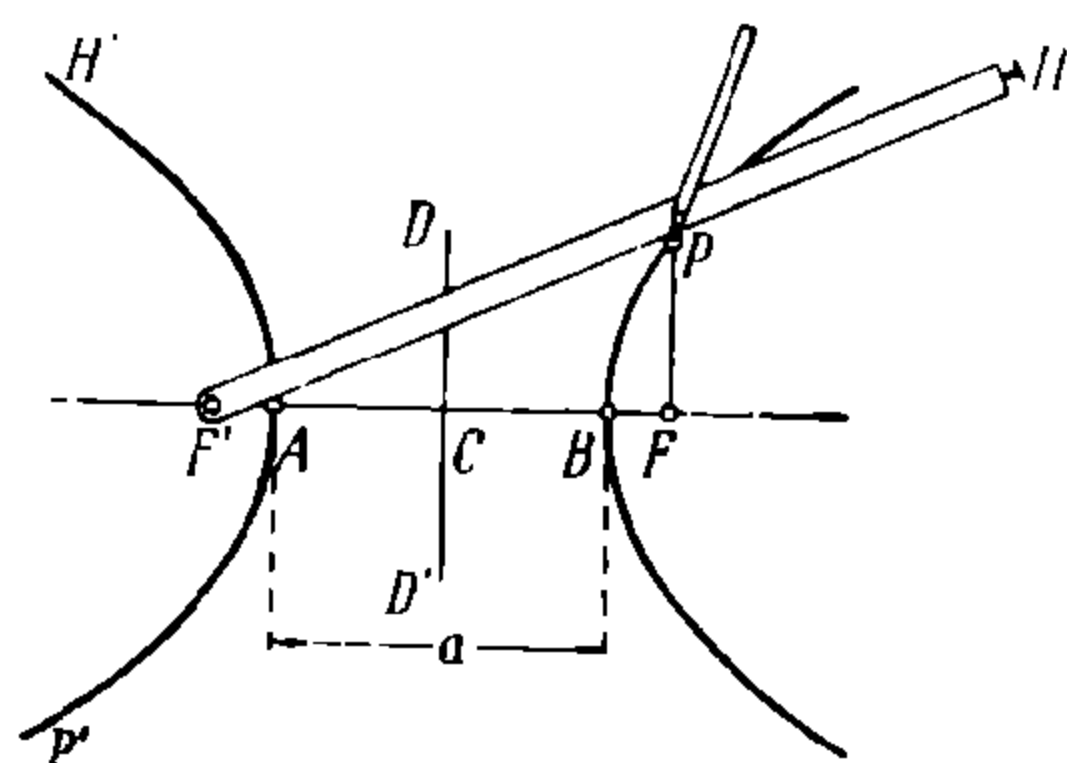


Рис. 198.

фокусе F . Если теперь прижать струну с помощью карандаша или чертилки к линейке и вращать линейку вокруг фокуса F' , то карандаш опишет одну из ветвей гиперболы. Закрепив затем конец линейки в точке F , а конец шнура в F' , тем же приемом очерчивают и вторую ее ветвь.

2-й способ (построение по точкам). От фокуса F по главной оси HH' (рис. 197) откладывают отрезок $F'N = a$ (горловине) и из него же описывают дугу pNq произвольным радиусом $F'H > FN$. Затем из фокуса F , как из центра, засекают эту дугу дужками p и q радиусом, равным NH ; ясно, что точки p и q принадлежат гиперболе, так как $F'q - Fq = F'H - NH = a$. Если же такое построение проделать у фокуса F' , то находят две точки другой ветви гиперболы $|p'$ и $q'|$. Таким образом, засекая двумя радиусами ряд дужек, можно находить каждый раз 4 точки гиперболы (по две на каждой ветви).

Винтовая линия. Для построения винтовой линии на цилиндре, необходимо, кроме диаметра и высоты последнего, иметь еще так называемый шаг винта, т. е. расстояние (по образующей цилиндра) между двумя соседними витками одной и той же винтовой линии.

В случае построения винтовой линии на конической поверхности необходимо иметь данные, определяющие размеры конуса, т. е. его высоту и диаметр основания (для прямого кругового конуса), а также величину шага винта, измеренного по образующей конуса.

Построение винтовой линии производится в обоих случаях сходными приемами, а именно: делят как окружность основания, так и величину шага, отложенного по образующей, на одинаковое число равных делений (рис. 199), а затем строят на вертикальной плоскости проекции образующие, проходящие через точки деления оснований.

Через точки делений шага проводят горизонтальные плоскости сечений, которые проектируются на вертикальную плоскость проекции в виде горизонтальных прямых.

Точки пересечения этих последних с одноименными образующими a' , b' , c' принадлежат искомой винтовой линии и их остается соединить плавной кривою.

Спрямление кривых. В разметочной практике довольно часто приходится определять длину кривых линий произвольного очертания (например, очертания дымников, вентиляторов и т. п.). Это производится или мерительным колесом, или рулеткой, поставленной на ребро, или, наконец, в случаях, требующих большой точности, — путем геометрического построения. Рассмотрим несколько примеров последнего способа, известного под названием „спрямление кривых“.

Пример 1. Требуется определить длину кривой $AB...OP$ произвольного вида (рис. 200).

Делят данную кривую на части, которые с достаточной для практики точностью могут быть приняты за отрезки прямых; затем проводят прямую, на которой последовательно откладывают деления, нанесенные на кривую, т. е. $ab = AB$, $bc = BC$, .

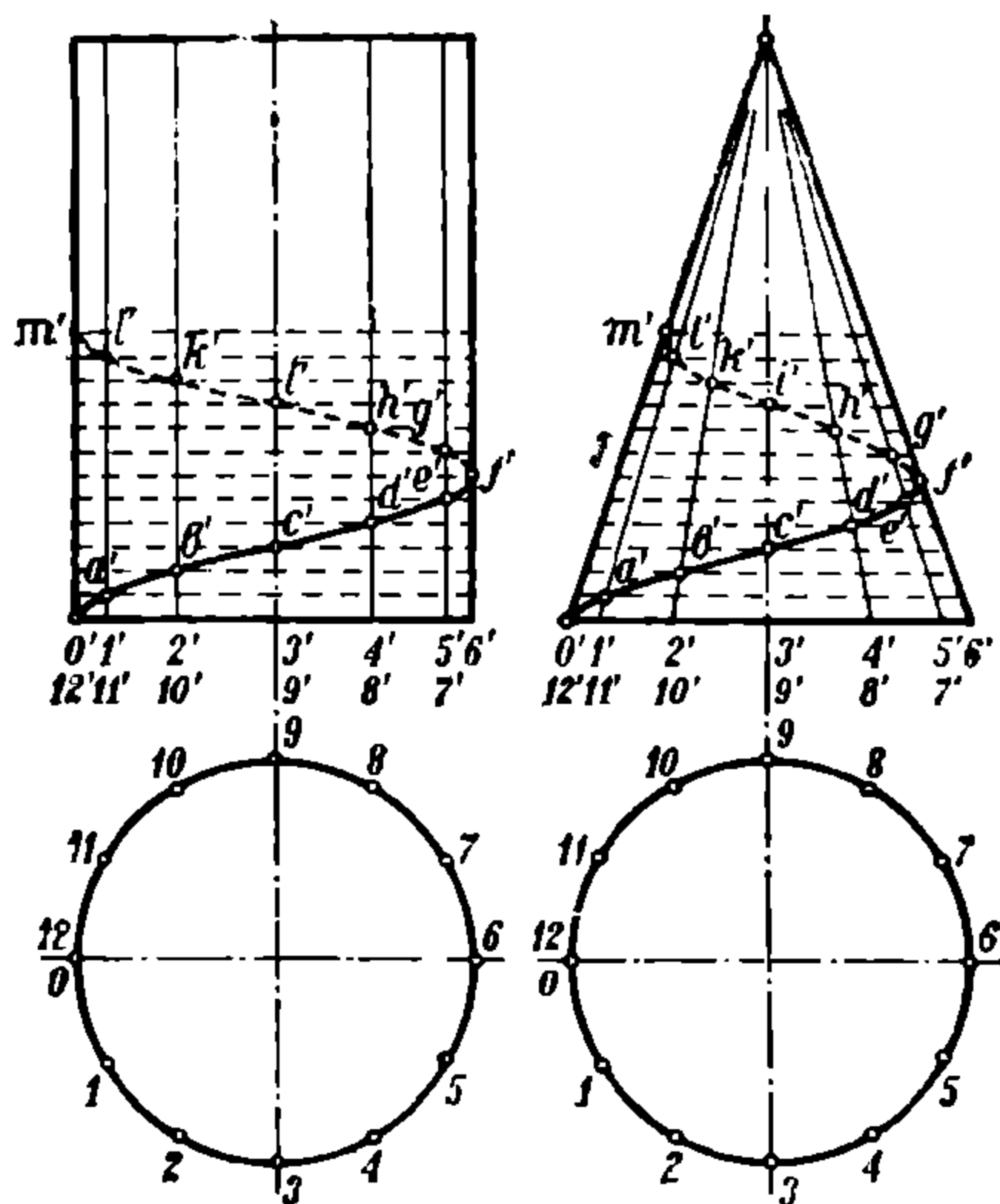


Рис. 199.

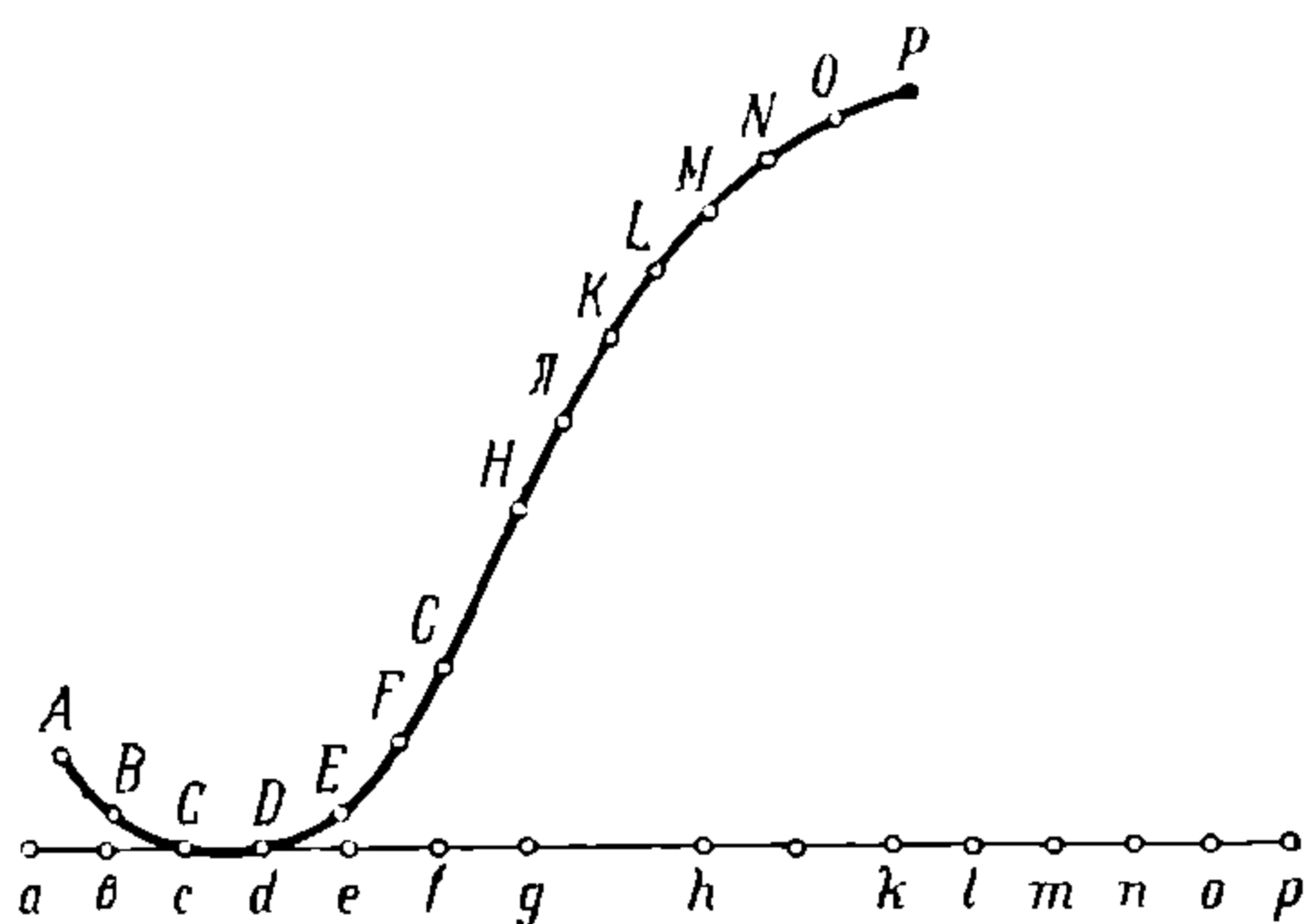


Рис. 200.

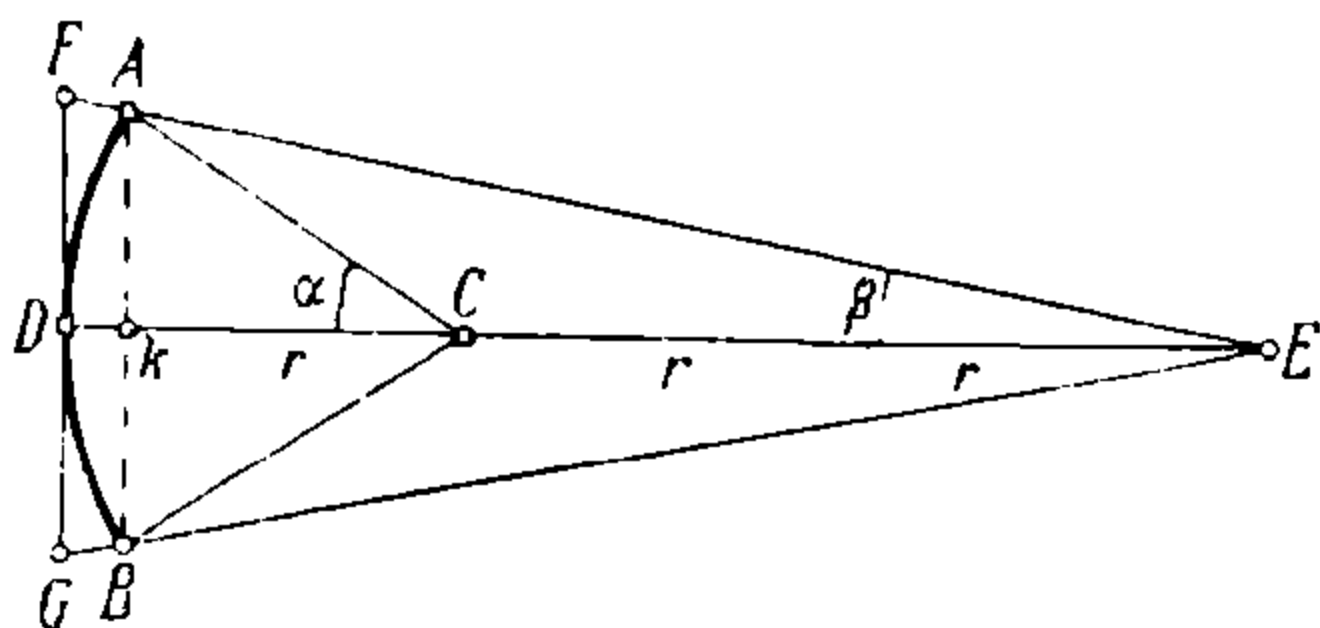


Рис. 201.

но $no = NO$ и $op = OP$. Сумму всех этих отложенных отрезков и принимают за приближенную длину данной кривой.

Если кривая, подлежащая спрямлению, представляет собою дугу круга, то ее длина может быть найдена уже с большею точностью способом, указанным в следующем примере.

Пример 2. Требуется определить длину кривой ADB (рис. 201) если известно, что она представляет собою дугу круга.

Находим центр круга и из него опускаем перпендикуляр $СК$ на предварительно проведенную хорду AB . От () D — пересечения этого перпендикуляра с дугою, отложим отрезок $DE = 3r$ и соединим () E с точками A и B . Затем в () D проводим $FG \perp DE$

(касательную к дуге AB в $(\cdot)D$) и продолжим FG до пересечения с продолжениями линий EA и EB в точках F и G .

Отрезок FG с достаточной точностью может быть принят за спрямленную дугу AB и в пределах угла $\alpha = 60^\circ$ ошибка не превышает 1% от радиуса r : при больших углах неточность сильно возрастает и при $\alpha = 90^\circ$ достигает уже 7% . Этот способ спрямле-

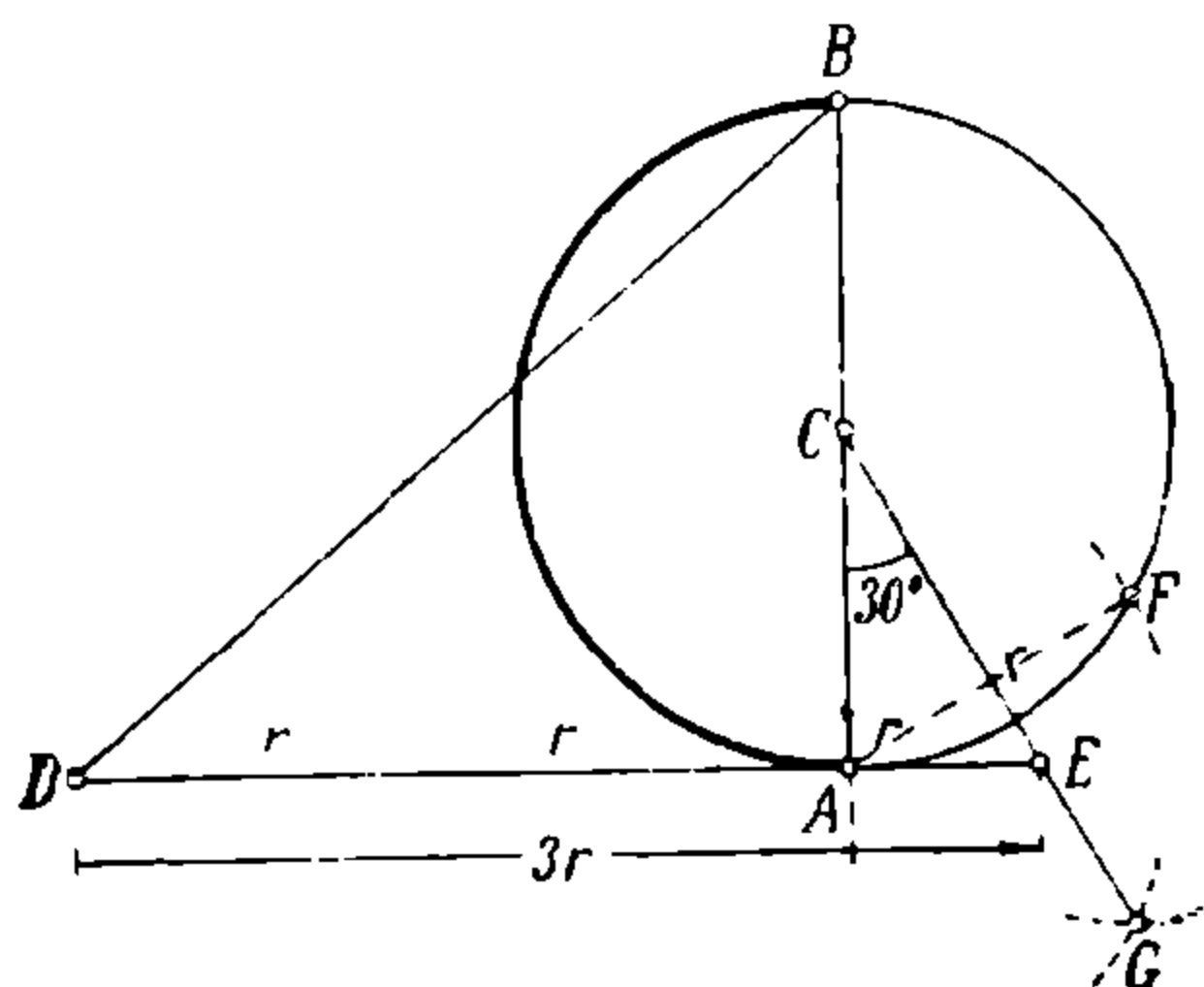


Рис. 202.

достигает уже 70%. Этот способ спрямления дуг известен под названием способа Куза.

Для спрямления дуг в 180° можно пользоваться следующим способом (рис. 202), предложенным Коханским.

Пример 3. Спрямить дугу полуокружности AB .

Из центра C описывают вторую половину окружности BFA , затем через () A проводят касательную DE к окружности и из той же точки радиусом $r = AC$ засекают две дужки F и G ; из () F тем же радиусом засекают вторую G . Тогда линия CG

образует с диаметром AB угол $\alpha = 30^\circ$. От $(\quad)E$ — пересечения CG с касательной, откладывают отрезок $ED = 3r$. Прямая BD и будет довольно точным спрямлением полуокружности.

ГЛАВА III.

РАЗВЕРТКА В ПЛОСКОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ.

§ 16. ПОНЯТИЕ О РАЗВЕРТКЕ.

Так как все изделия котельного производства, какую бы сложную форму они ни имели, изготавливаются из плоских листов и прямых полос профильного железа путем той или иной обработки, то разметчику необходимо уметь придавать плоским листам такие размеры и очертания, из которых можно было бы получать изделия требуемой формы.

Отыскание таких размеров и очертаний плоского листа достигается путем так называемой развертки поверхностей в плоскость.

Развертки поверхностей в плоскость являются наиболее сложными задачами, которые приходится разрешать разметчику, и поэтому настоящая и последующие главы заслуживают самого внимательного изучения лицами, желающими получить квалификацию разметчика.

Здесь необходимо подчеркнуть, что все построения, приводимые ниже, относятся к так называемому нейтральному слою и к основным и центровым линиям. Поэтому в случае применения того или иного построения на практике, необходимо установить предварительно разметочные (геометрические) размеры данного изделия (тела) и, проделав построение, внести в развертку для получения обработочных размеров соответствующие прибавки, как то: на перекрышку заклепочных швов, на обработку кромок, на усадку или вытяжку (при обработке с формоизменением — давлением). Для определения разметочных размеров, которые не могут быть сняты непосредственно с чертежа, чаще всего пользуются особым приемом, известным под названием метода триангуляции.

Метод триангуляции. Прямая, находящаяся в пространстве, проектируется на плоскость проекции: а) в натуральную величину, если она ей параллельна, б) укороченной, если она наклонна к плоскости проекции, и, наконец, в) в виде точки, если линия перпендикулярна к плоскости проекций.

Плоская кривая, находящаяся в пространстве, проектируется на плоскость проекций: а) в натуральную величину, если плоскость кривой параллельна плоскости проекций, б) в виде укороченной кривой, если плоскость кривой наклонна к плоскости проекций, или, наконец в) в виде прямой линии, если ее плоскость перпендикулярна к плоскости проекций.

Поэтому при построении разверток приходится весьма часто определять истинные длины отрезков прямых линий, лежащих произвольно в простран-

стве, размеры которых нельзя получить непосредственно из чертежа, а иногда невозможно и вычислить. В этом случае обычно прибегают к построению вспомогательного треугольника, одной из сторон которого и является искомый отрезок прямой. Этот прием носит название метода триангуляции (от французского triangle — треугольник).

Пусть мы имеем какой-нибудь произвольно лежащий в пространстве отрезок прямой, горизонтальной проекцией которого является линия ab (рис. 203), а вертикальной — $a'b'$. Чтобы найти истинную длину прямой, проще всего прибегнуть к известному из начертательной геометрии методу совмещения, т. е. повернуть отрезок так, чтобы он стал параллельным

одной из плоскостей проекции, на которую он и спроектируется тогда в натуральную величину.

Допустим, что мы желаем нашу прямую совместить с вертикальной плоскостью проекций. Для этого достаточно повернуть горизонтальную проекцию так, чтобы она стала параллельной оси проекции OO' , т. е. из $(\)b$ (рис. 203а) провести $ba \parallel OO'$ и из той же точки b засечь ее дугой aa_1 радиусом ab . Если теперь точку a_1 спроектировать на

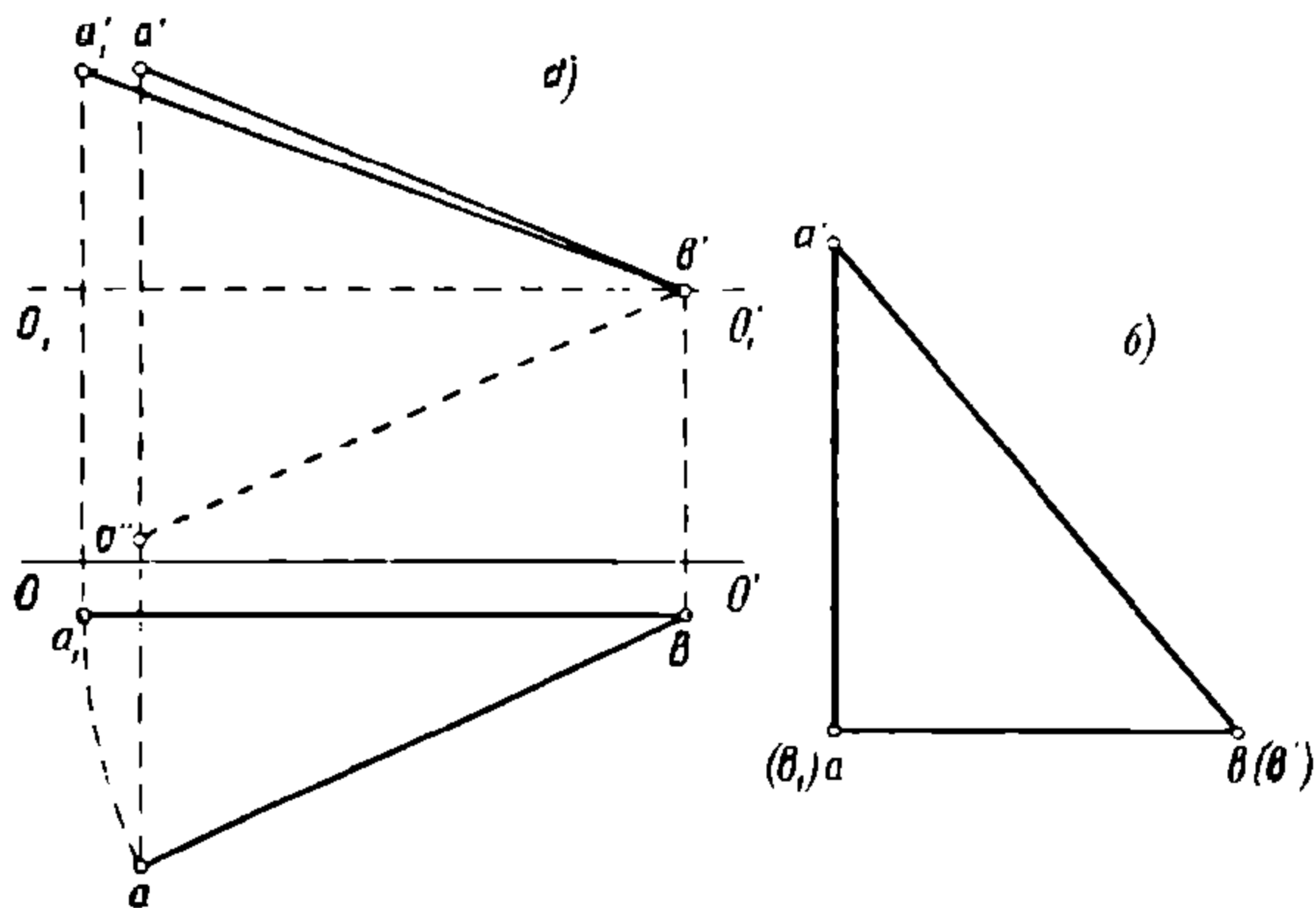


Рис. 203.

горизонтальную линию, проведенную через a' (путь перемещения a при вращении ab), то длина $a'b'$ будет искомой истинной длиной нашей прямой.

Однако в некоторых случаях, во избежание чаще всего затемнения чертежа, особенно в случае сложных разверток, приходится прибегать к более сложному способу триангуляции, который заключается в следующем.

Представим себе, что горизонтальная плоскость проекций проходит через нижний конец отрезка, т. е. через $(\)b'$. Тогда ось проекций переместится в O_1O_1' , а горизонтальная проекция нашей прямой займет положение $b'a''$. В пространстве мы получим прямоугольный треугольник с одним катетом, равным горизонтальной проекции $a''b'$ искомого отрезка, и с другим, равным расстоянию точки a' до горизонтальной плоскости проекций (O_1O_1'), другими словами, превышению точки a' над точкой b_1 , т. е. $a'b_1$, а гипотенузой будет истинная длина искомого отрезка AB . Так как длины катетов этого треугольника могут быть взяты прямо с чертежа, то, построив где-либо в стороне этот треугольник, мы получим возможность непосредственно измерить длину $a'b'$ гипотенузы и, таким образом, разрешим поставленную задачу.

§ 17. РАЗВЕРТКИ ПОЛЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ, ОГРАНИЧЕННЫХ ПЛОСКОСТЯМИ, Т. Е. МНОГОГРАННИКОВ.

Развертки многогранников встречаются в разметочной практике котельно-мостовых цехов сравнительно редко, так как такие тела состоят обычно из нескольких плоских листов, соединяемых заклепочными или сварочными швами. причем листы эти размечаются каждый отдельно.

Развертки же таких тел в буквальном смысле этого слова, т. е. нахождение очертания листа, который, будучи известным образом согнут, даст требуемой формы полое тело, весьма часто применяются в тонко-котельном или, как его чаще называют, в жестяницком производстве.

Полые тела, ограниченные плоскостями, встречаются в котельной практике в виде призм и пирамид и комбинаций из тех и других (например, бункеров и т. п.).

Развертка призм. 1) Пусть мы имеем прямую призму (рис. 204), т. е. такую, ребра которой перпендикулярны к основанию; пусть основание имеет форму пятиугольника со сторонами a, b, c, d, e ; высота призмы h . Ее развертка будет представлять собою прямоугольник, составленный из пяти прямоугольников с общей высотой h и с основанием, равным сумме сторон основания призмы, т. е. $l = a + b + c + d + e$. Если теперь прямоугольник $ABCD$ вырезать из картона или жести и согнуть его по линиям EF, GH, JK и LM , то кромки AB и CD совпадут, и мы получим нашу призму. Таким образом, прямоугольник $ABCD$ является развернутой в плоскость боковой поверхностью призмы и называется ее разверткой.

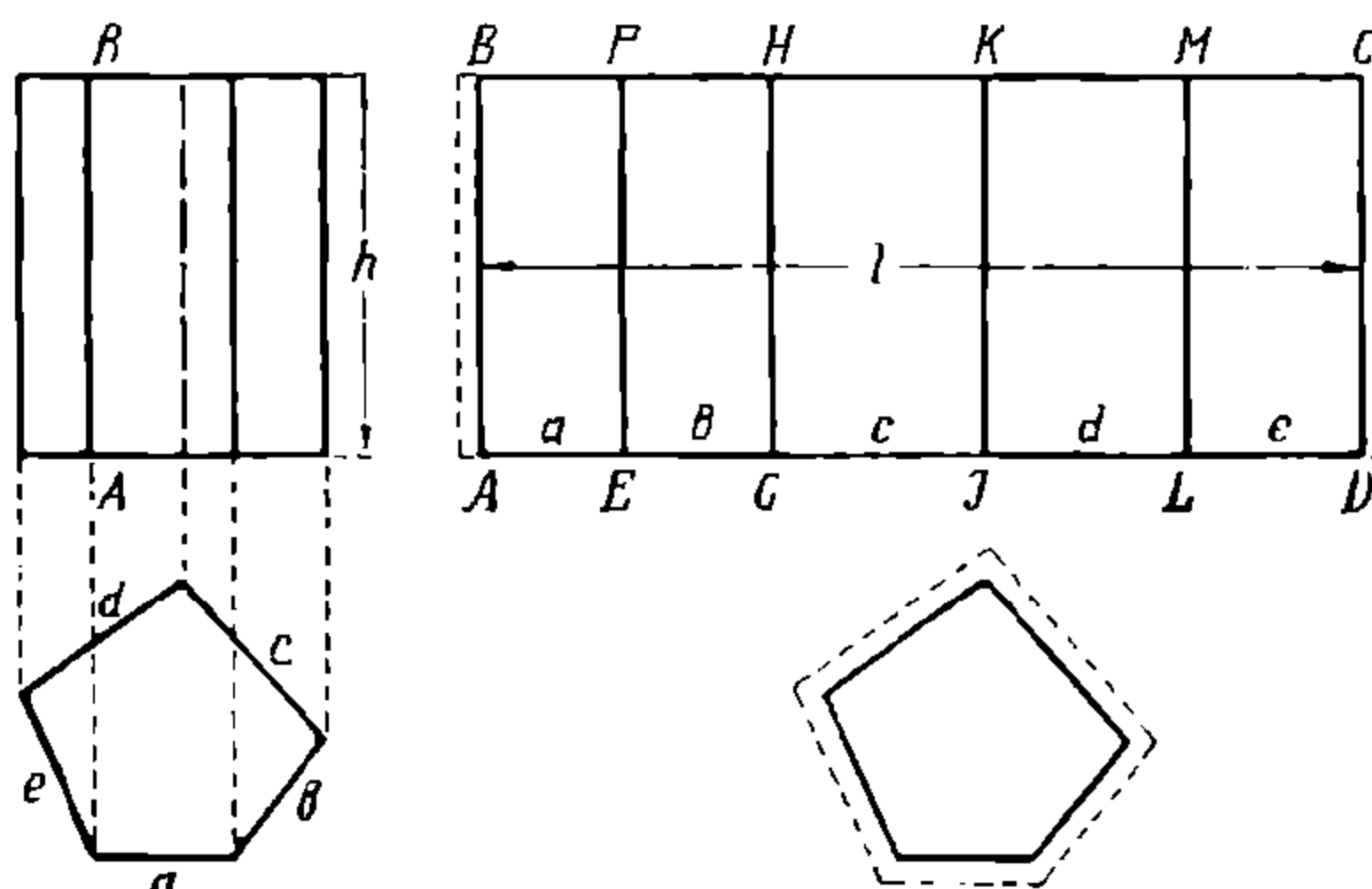


Рис. 204.

Практически, если стенки полрой призмы имеют толщину свыше $\frac{1}{2}$ мм, то острых граней (ребер) получить нельзя, они имеют закругления, и развертку приходится строить несколько сложнее, исчисляя ее периметр по нейтральному слою материала.

Если наша призма представляет собой отрезок многогранной запаянной трубы, то развертка вышеуказанным построением и заканчивается. Но если наша призма должна быть склепана по ребру AB и CD , то необходимо прибавить соответствующие плоскости материала, показанные на рис. 204 пунктиром, для получения так называемой перекрышки и шва. Если же наша призма представляет собой закрытый сосуд, то надо разметить еще днище и крышку, построение очертания которых не представляет никаких затруднений. Для приклепывания днище и крышку также надо будет вырезать большего размера, чтобы иметь возможность загнуть их края, в целях соединения их с боковой поверхностью призмы.

2) Пусть мы имеем теперь косо срезанную (наклонную или косую) призму (рис. 205). Развертка такой призмы легко получается, если представить ее себе разрезанной по ребру $a-l$ и затем разогнутой в плоскость. Ясно, что если мы представим себе нашу призму пересеченной плоскостью AB перпендикулярно к ее ребрам, то развертка ее получится подобно тому, как в предыдущем примере, но только она будет состоять не из прямоугольников одинаковой высоты, а из ряда трапеций с высотами, соответственно равными ширинам граней призмы, и с параллельными сторонами, равными отрезкам ребер призмы.

Практически развертка получается следующим образом: проводят линию AB (рис. 205б); в произвольной () l' восстанавливают перпендикуляр

($l—a$) к ней и на нем откладывают $l—l'$ и $a—l'$, равные соответственным отрезкам $a'l$ и $a'a$ ребра al (рис. 205а) нашей призмы. Теперь нам нужно построить грань призмы $a—e—5—l$ (рис. 205а); для этого на тот же перпендикуляр спроектируем точки e и 5 (рис. 205а) и из полученных точек e'' и $5''$ проведем $5—5'' \parallel AB$ и $ee'' \parallel AB$ (рис. 205б), а из точек l и a засечем эти параллели дужками 5 и e радиуса ae (взятого с рис. 205в). Получим точки 5 и e (рис. 205б), соединив которые между собой и соответственно с точками l и a , получим грань $a—e—5—l$ нашей призмы, причем линия $5—e$ должна получиться перпендикулярной к AB .

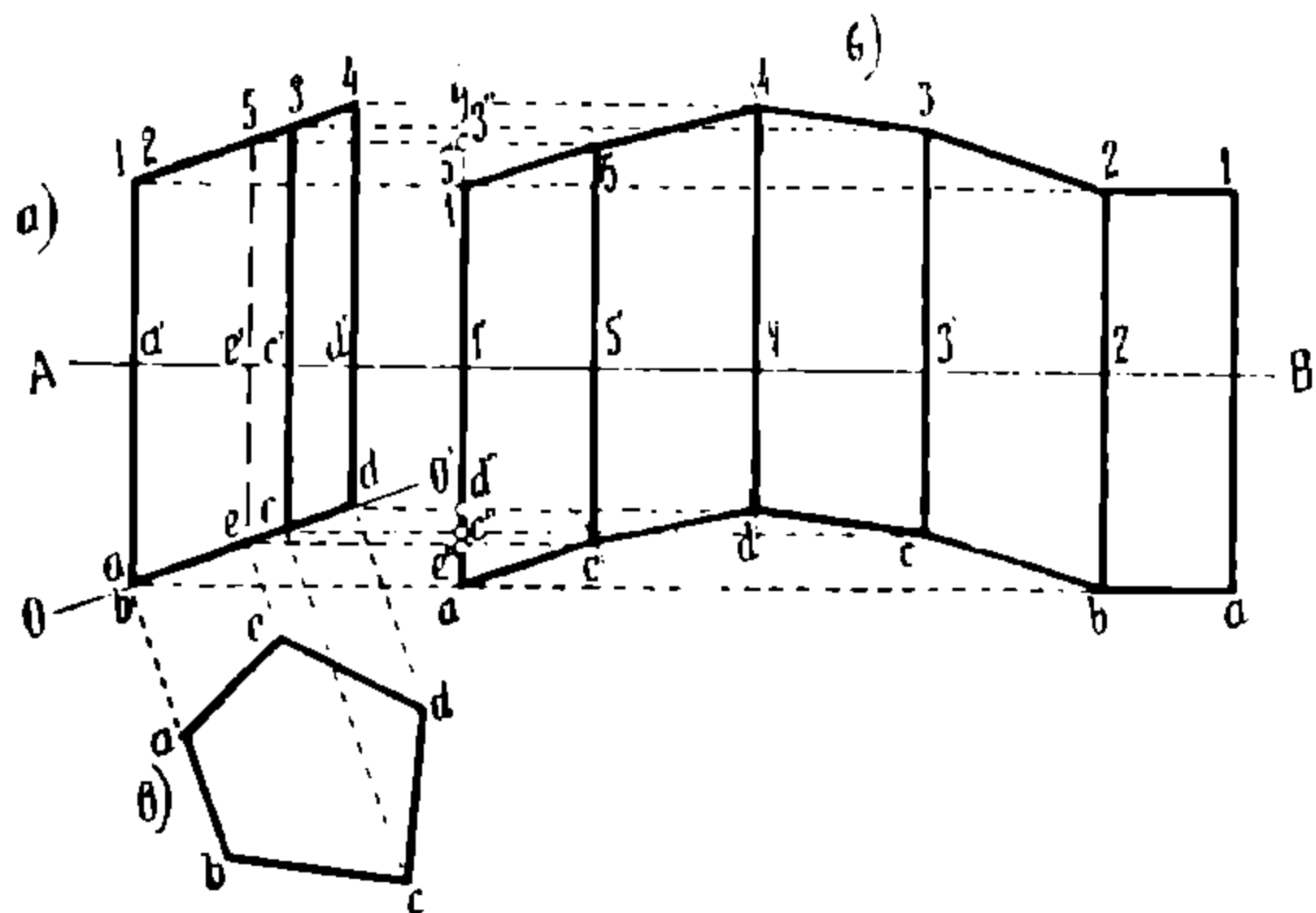


Рис. 205.

Затем на линию $l—a$ (рис. 205б) проектируем таким же образом отрезки грани $e—5—4—d$ и получаем точки $4''$ и d'' . Из них проводим dd'' и $44'' \parallel AB$, которые из точек 5 и e засекаем дужками 4 и d радиусом, равным ed (рис. 205в).

Продолжая аналогичные построения дальше, мы придем к замыкающей развертку линии $l—a$, равной и параллельной исходной линии $l—a$.

Развертка пирамид. 1) Пусть мы имеем прямую правильную пирамиду (рис. 206), т. е. такую, высота которой проходит через центр круга, описанного вокруг ее основания. В этом случае все грани пирамиды

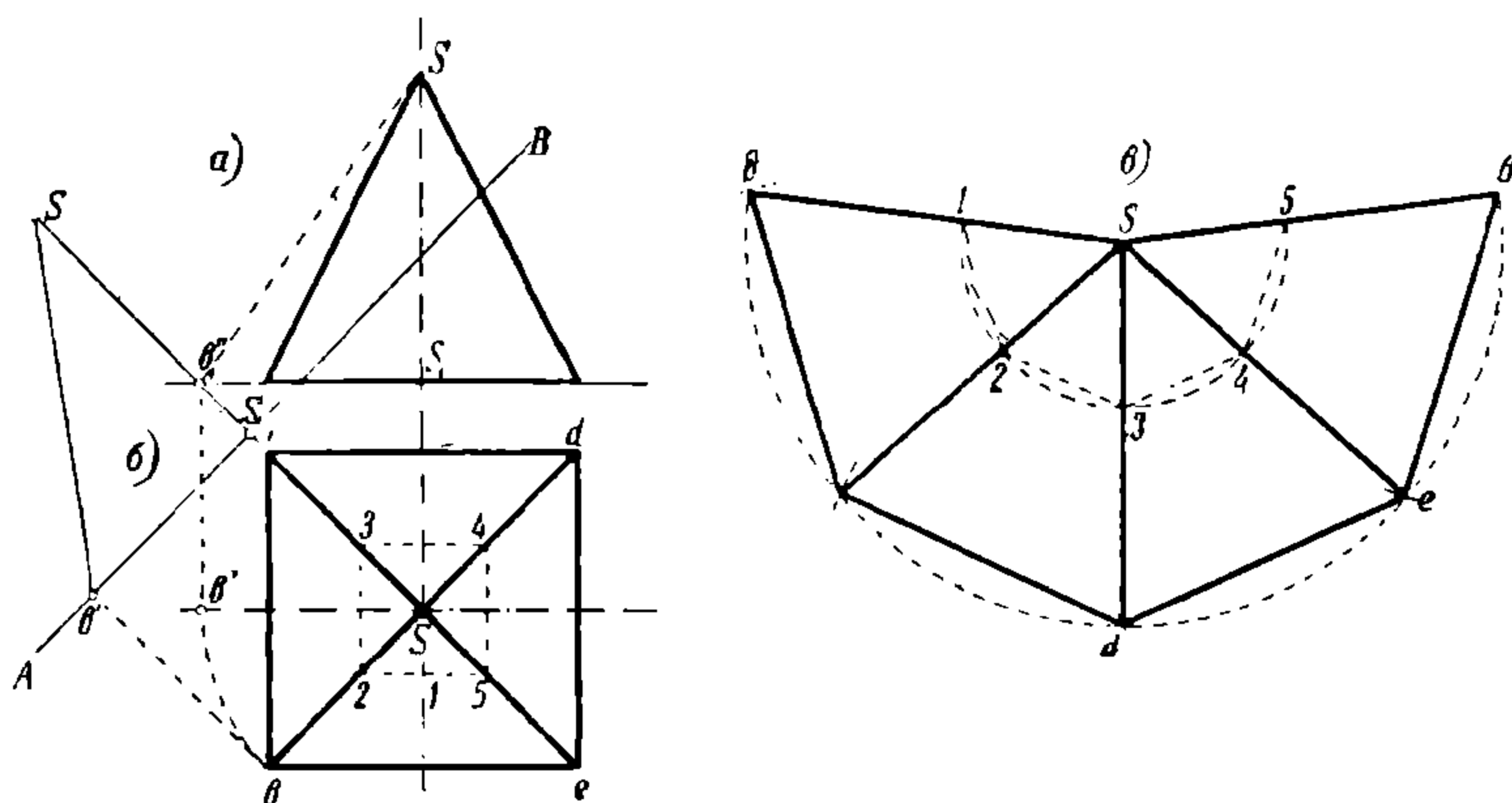


Рис. 206.

сходятся в ее вершине S , и точки ее основания b, c, d, e равно удалены от вершины и лежат, следовательно, на одной окружности, очерченной из вершины радиусом, равным ребру пирамиды. При том изображении пирамиды, которое дано на рис. 206а, ни вертикальная, ни горизонтальная проекции ребер не дают истинных их длин (так как ребра не параллельны плоскостям проекций) и их нужно найти. Это легко сделать, проведя новую вспомогательную ось проекций параллельно одному из ребер пирамиды

(рис. 206б), например, линию $AB \parallel BS$. Остается спроектировать на линию AB точку b (получим b') и точку S (получим S_1'), на продолжении линии SS_1' , перпендикулярной AB , отложить высоту пирамиды $S'S_1' = SS_1$ и, соединив $(\cdot)S'$ с $(b) \cdot b'$, получить истинную длину ребра пирамиды.

Того же результата можно достигнуть и другим построением, совместив ребро bS пирамиды (фиг. б) с плоскостью, параллельной плоскости проекций. Для этого из $(\cdot)S$ (рис. 206б) радиусом Sb проводят $\cup bb''$ до пересечения в $(\cdot)b''$ с прямой Sb'' , параллельной оси проекций. Спроектировав $(\cdot)b''$ на вертикальную проекцию (точка b_1'') и соединив последнюю с вершиной S (рис. 206а), получим линию Sb_1'' , равную истинной длине ребра пирамиды.

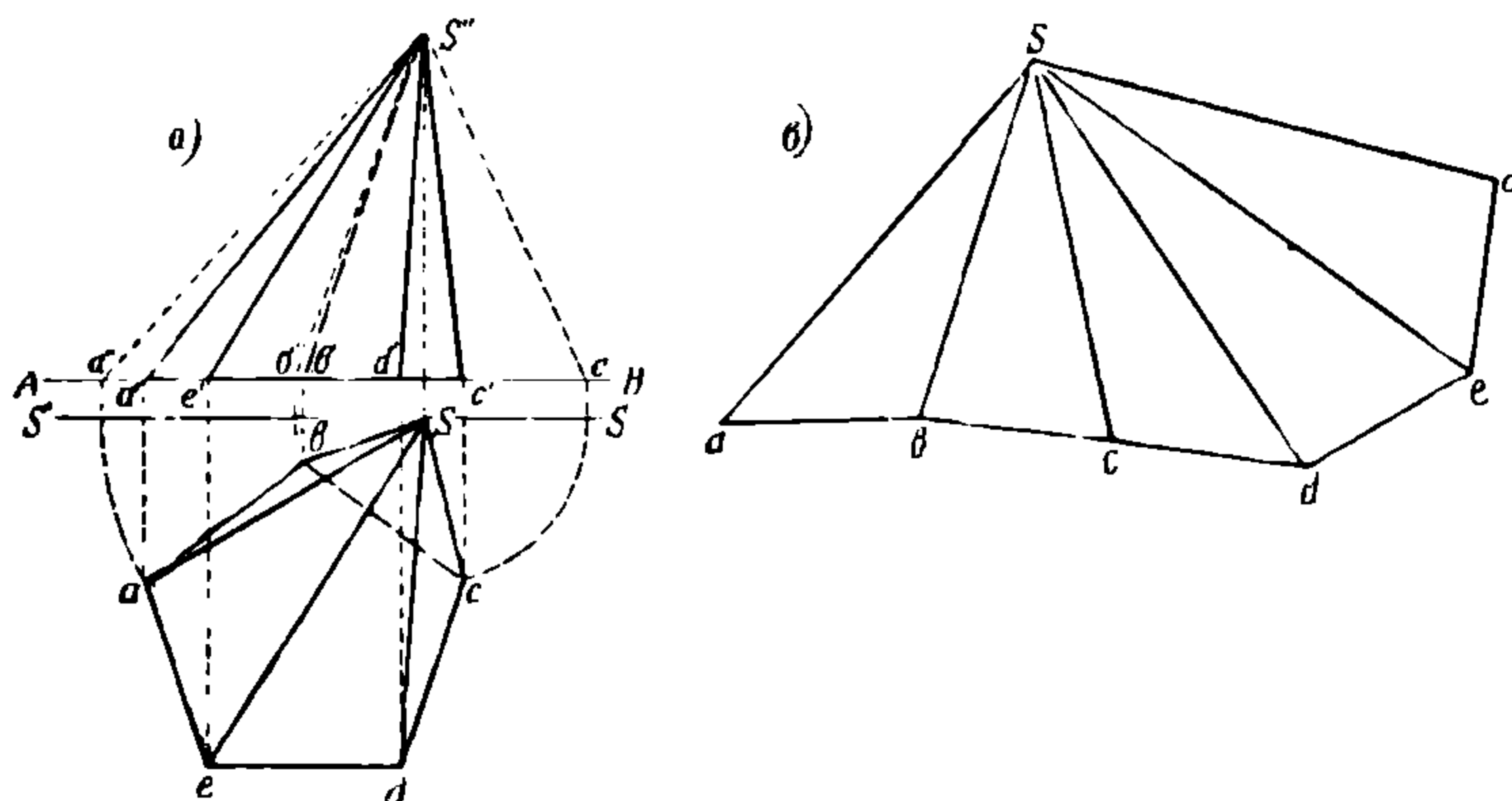


Рис. 207.

Взяв теперь лист железа или бумаги, проведем на нем из произвольной $(\cdot)S$ (рис. 206в) дугу круга $b—e—d—c—b$ радиусом $Sb_1'' = S'b'$. Остается на этой дуге выбрать $(\cdot)b$ и засечь точки c, d, e, b радиусами, равными соответственным сторонам основания пирамиды (хорды eb, bc, cd и de), чтобы получить развертку боковой поверхности нашей пирамиды.

2) Если бы наша пирамида была усечена плоскостью, параллельной основанию, то, проведя окружность, описанную из вершины пирамиды вокруг ее верхнего основания, мы из того же построения получим развертку усеченной правильной пирамиды (показана на рис. 206б пунктиром 5—2—3—4—5).

3) Гораздо сложнее развертка косою (наклонной) правильной пирамиды (рис. 207), т. е. такой, у которой основанием служит правильный многоугольник, а высота (другими словами—перпендикуляр, опущенный из вершины на основание) не проходит через центр описанного вокруг основания круга.

Если мы имеем дело с полной пирамидой, с доступной вершиной, то развертка ее боковой поверхности сводится к построению ряда треугольников с общей вершиной S и сторонами основания ab, bc, cd, de, ea' . Однако для того, чтобы эти треугольники построить, необходимо знать истинные длины их сторон, что легко достижимо путем уже применявшегося метода совмещения с плоскостью, параллельной вертикальной плоскости проекций.

Так, если мы хотим построить грань Sab нашей пирамиды (рис. 207), то длину ребра ab мы имеем на горизонтальной проекции, а чтобы получить истинные длины ребер Sa и Sb , достаточно через точку S провести пря-

мую $S'S'' \parallel AB$ (вспомогательная ось проекций) и очертить до встречи с ней две дуги радиусами Sa' и Sb и полученные точки спроектировать на ось проекции AB (точки a'' и b'').

Соединив точки a'' и b'' с S'' , получим отрезки $S''a''$ и $S''b''$, равные соответственно истинным длинам ребер пирамиды Sa и Sb , которые, совместно с отрезком ab , дают нам возможность вычертить на листе железа треугольник Sab (рис. 207) в натуральную величину. Переходя к разметке соседней грани Sbc , мы видим, что: а) ребро Sb является общим для граней Sab и Sbc , б) ребро основания bc мы имеем в натуральную величину на горизонтальной проекции, и таким образом для построения грани Sbc нам недостает только истинной длины ребра Sc . Применяя вновь метод совмещения, мы найдем искомую длину ребра Sc в виде отрезка $S''c''$ и строим $\triangle Sbc$

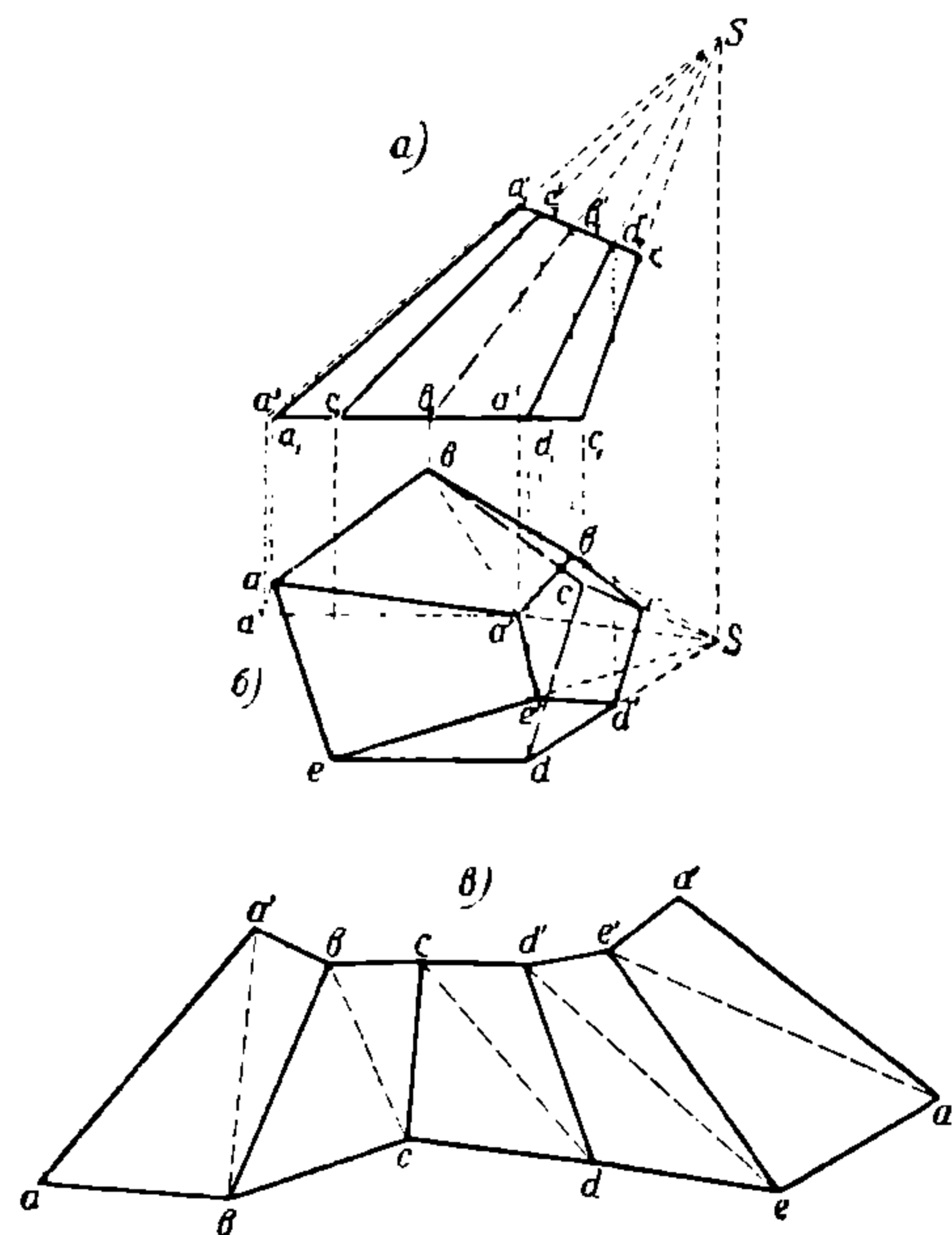


Рис. 208.

Продолжая такие же построения дальше, мы приходим к замыкающей стороне $Sa' = Sa$. Согнув выкройку по ребрам Sb , Sc , Sd , Se , мы получим пирамиду, построение развертки которой было нашей целью.

4) Развертка наклонной усеченной пирамиды (рис. 208) несколько сложнее уже потому, что грани ее представляют собой четырехугольники (если пирамида усечена параллельно основанию, то — трапеции, рис. 209).

Рассмотрим сначала более сложный случай, когда пирамида усечена плоскостью, не параллельной основанию (рис. 208).

Для построения развертки такой пирамиды приходится совмещать ее грани приемами начертательной геометрии с плоскостями проекций, что является, вообще говоря, довольно сложной задачей. При вычерчивании такой эпюры на железе (или на плазу) трудно достигнуть большой точности вследствие указанных в своем месте особенностей черчения на поверхности металла и получающейся запутанности чертежа, который состоит из массы прямых — параллельных и пересекающихся — линий. Поэтому чаще прибегают к методу триангуляции, разбивая каждую грань пирамиды на два треугольника, и постепенно, один за другим, переносят их на лист, из которого предполагается выкроить развертку пирамиды.

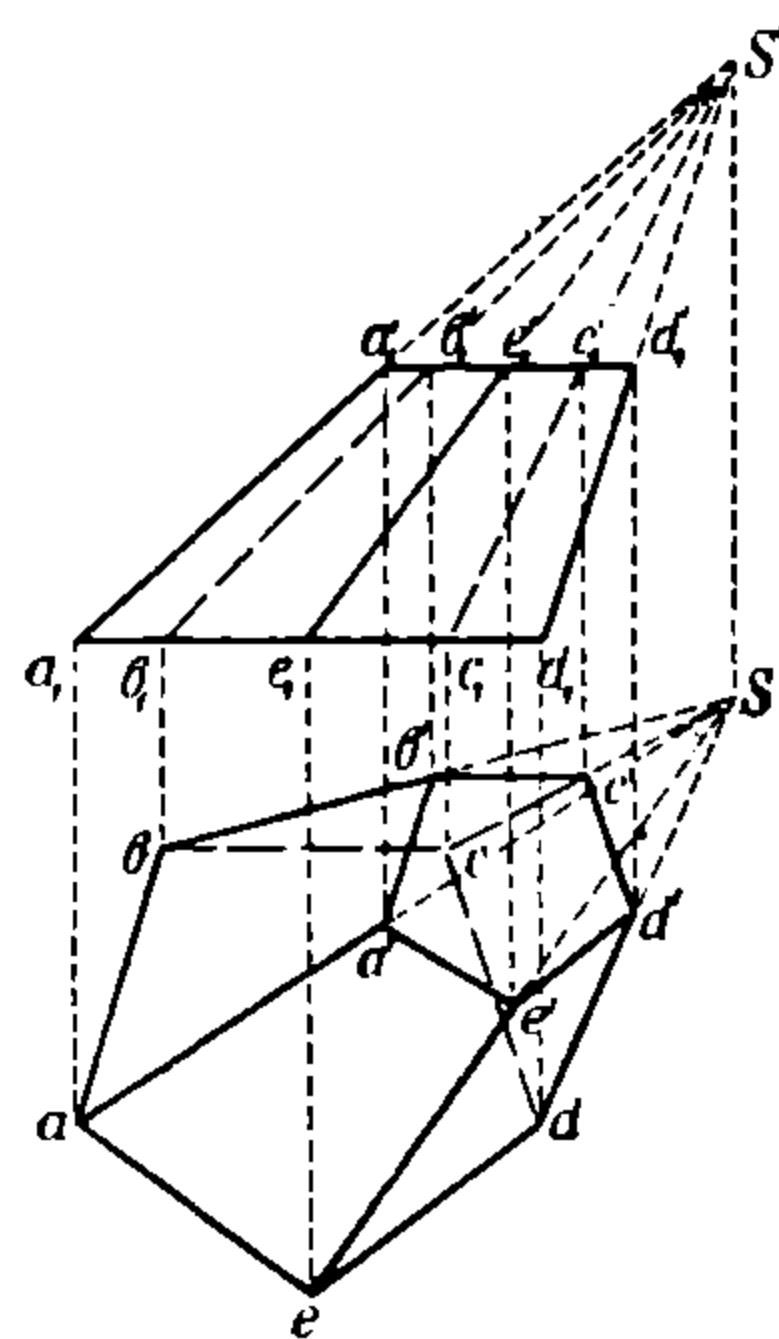


Рис. 209.

Так, например, грань $abb'a$ разбивают на два треугольника $aa'b$ и $ba'b'$ (рис. 208) и наносят на лист отрезок ab (фиг. в), имеющий в плане натуральную величину. Затем совмещают с вертикальной плоскостью ребро a_1a_1' (рис. 208а) $= aa'$ (фиг. б) и находят истинную его длину a^3a_1' (фиг. а) и, наконец, находят истинную длину диагонали $a'b$ (фиг. б), как гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами ba' (фиг. б) и $a_1'a''$ (фиг. а). Конечно, если не бояться сильного затемнения чертежа дальнейшими построениями, возможно было бы и длину $a'b$ найти по методу совмещения.

По трем найденным сторонам строим треугольник $aa'b$ (фиг. в). Для построения смежного треугольника $a'bb'$ необходимо отыскать истинные длины двух его сторон $a'b'$ и bb' , так как третья сторона ba' — общая с только что построенным треугольником — уже имеется. Для третьего треугольника $bb'c$ задача упрощается тем, что надо отыскать длину только стороны $b'c$, так как длины остальных двух уже имеются: bb' — на развертке (фиг. в), а bc — на горизонтальной проекции (фиг. б) в натуральную величину. Продолжая это построение далее, мы постепенно построим всю развертку, причем, для уверенности в точности всего построения, замыкающую сторону выкройки следует не брать с чертежа, а получить построением и проверить, получится ли она равной по длине с исходной линией aa' .

В случае, когда наклонная пирамида усечена плоскостью, параллельной основанию (рис. 209), построение развертки идет примерно таким же путем, но значительно упрощается и ускоряется, благодаря тому, что верхнее и нижнее ребра каждой грани между собой параллельны и, кроме того, истинные длины верхних ребер могут так же, как и нижних, быть взяты прямо с горизонтальной проекции.

Надо отметить, что такие сложные развертки встречаются в котельной разметочной практике довольно редко и что чаще приходится иметь дело с четырехгранными пирамидами, представляющими собою обычную форму зонтов, загрузочных воронок, бункеров и т. п.

Повторяем, что в случае клепаных пирамид (из железа толще 1 мм) разверток описанным выше способом строить не приходится, и обычно дело сводится к разметке отдельных листов, составляющих боковые поверхности таких ящиков.

Вместе с тем довольно часто встречаются такого рода изделия из относительно тонкого железа, у которых точность размеров особой роли не играет (например, зонты над горнами). В этих случаях, особенно если изготовлению подлежат несколько одинаковых изделий, выгоднее выкраивать их развертки из целого листа, затем, загнув их должным образом, склепывать или сваривать один только замыкающий шов.

Следует еще отметить, что весьма часто, чтобы избежать клепки или сварки по ребру пирамиды, что представляет известные трудности, замыкающий шов располагают посередине одной из граней пирамиды.

Развертка правильных четырехгранных пирамидальных ящиков во многих случаях может быть значительно упрощена.

Возьмем, например, усеченную четырехгранную пирамиду с параллельными основаниями, боковые грани которой, однако, имеют попарно разные наклоны к основанию (рис. 210) с замыкающим швом, расположенным на грани 1 — 2 — 6 — 5 по линии ab и на грани 4 — 3 — 7 — 8 по линии ef .

Для построения развертки необходимо и достаточно найти истинную длину только линий cd , так как длина ef (или, что то же, ab) может быть

взята непосредственно с вертикальной проекции. Истинная длина cd легко определяется совмещением ее с вертикальной плоскостью, как это показано

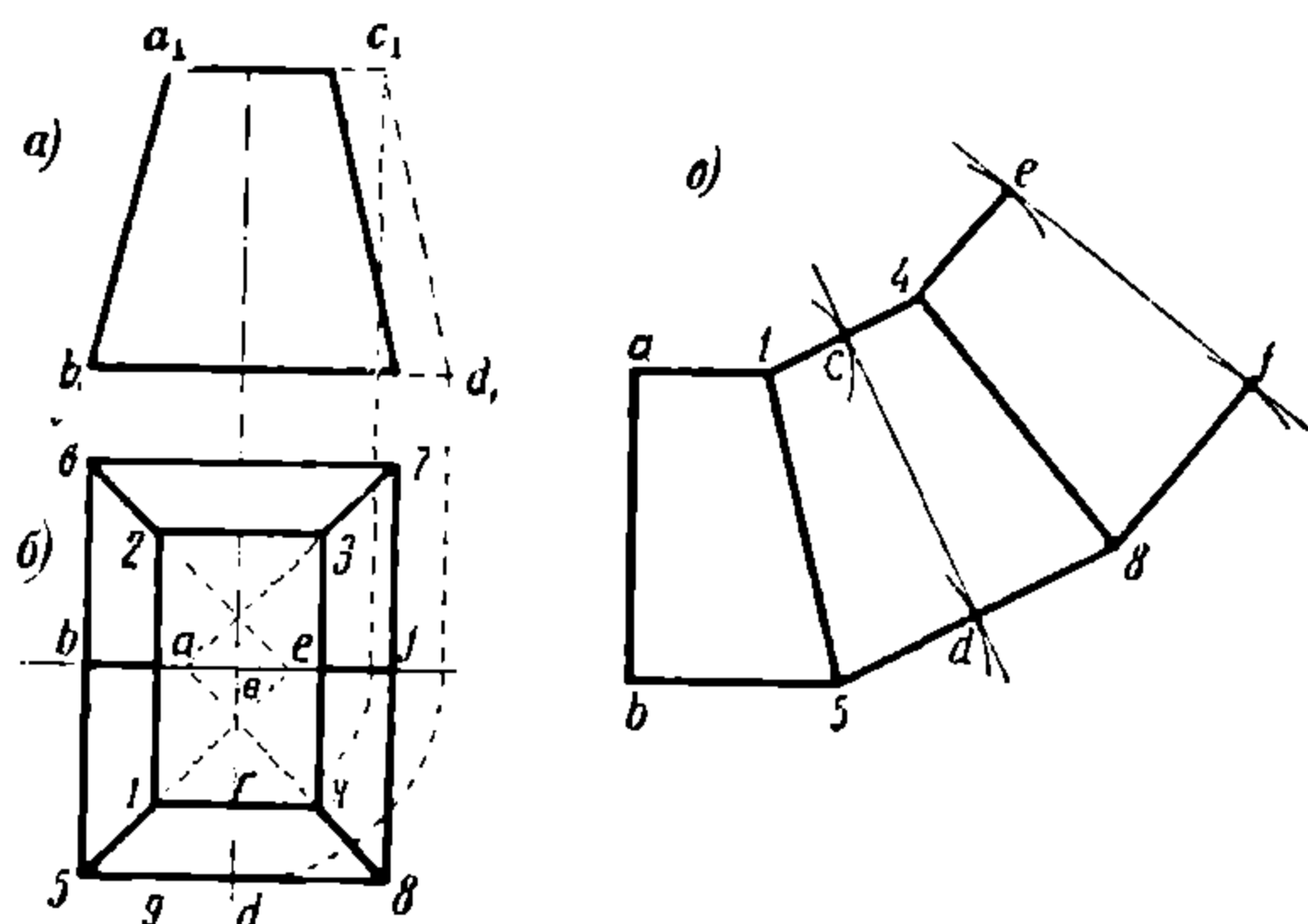


Рис. 210.

среднюю линию грани $5-1-4-8$. Всю грань $5-1-4-8$ легко построить, опустив на эту касательную (cd) из точек 1 и 5 развертки перпендикуляры и отложив на последних длину $1-4$ и $5-8$, взятые с рис. 210б. При этом должно получиться: $1-c=c-4$ и $5-d=d-8$ и $cd=c_1d_1$ (см. фиг. 210а). Таким же способом ведется построение до конца.

Если бы нашу пирамиду мы продолжили вверх до пересечения ее граней, мы получили бы тело, изображенное на рис. 211а и 211б и представляющее собой две половинки четырехгранной пирамиды, соединенные между собой трехгранной призмой $abdc$. Развертка этого тела имеет вид, изображенный на рис. 211в.

Подобная же комбинация из трехгранной призмы и трехгранной пирамиды представлена на рис. 212а (перспективный вид) и 212б (развертка), которая также может быть выкроена из одного листа, причем, конечно, не должны быть забыты припуски на образование замыкающих швов.

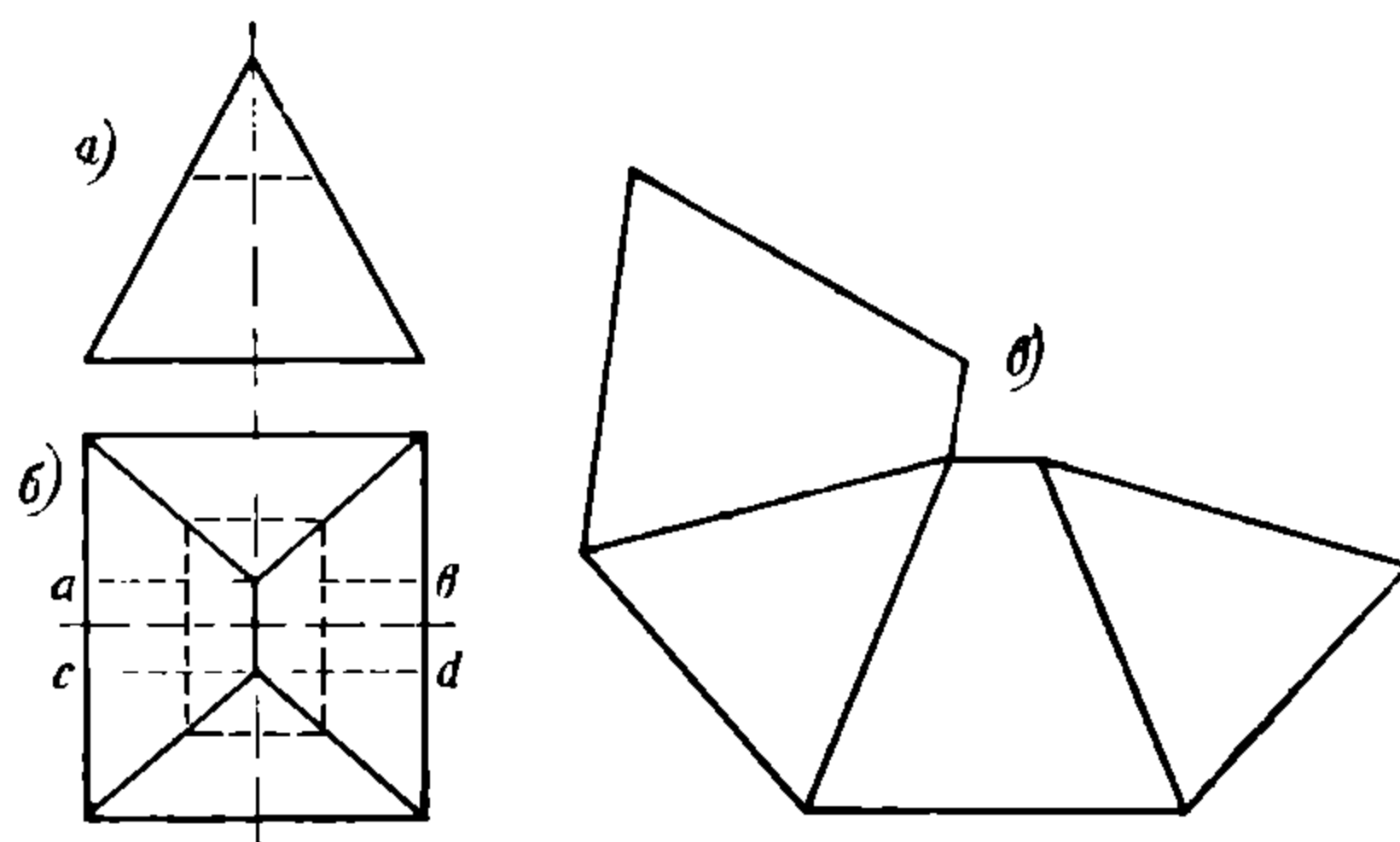


Рис. 211.

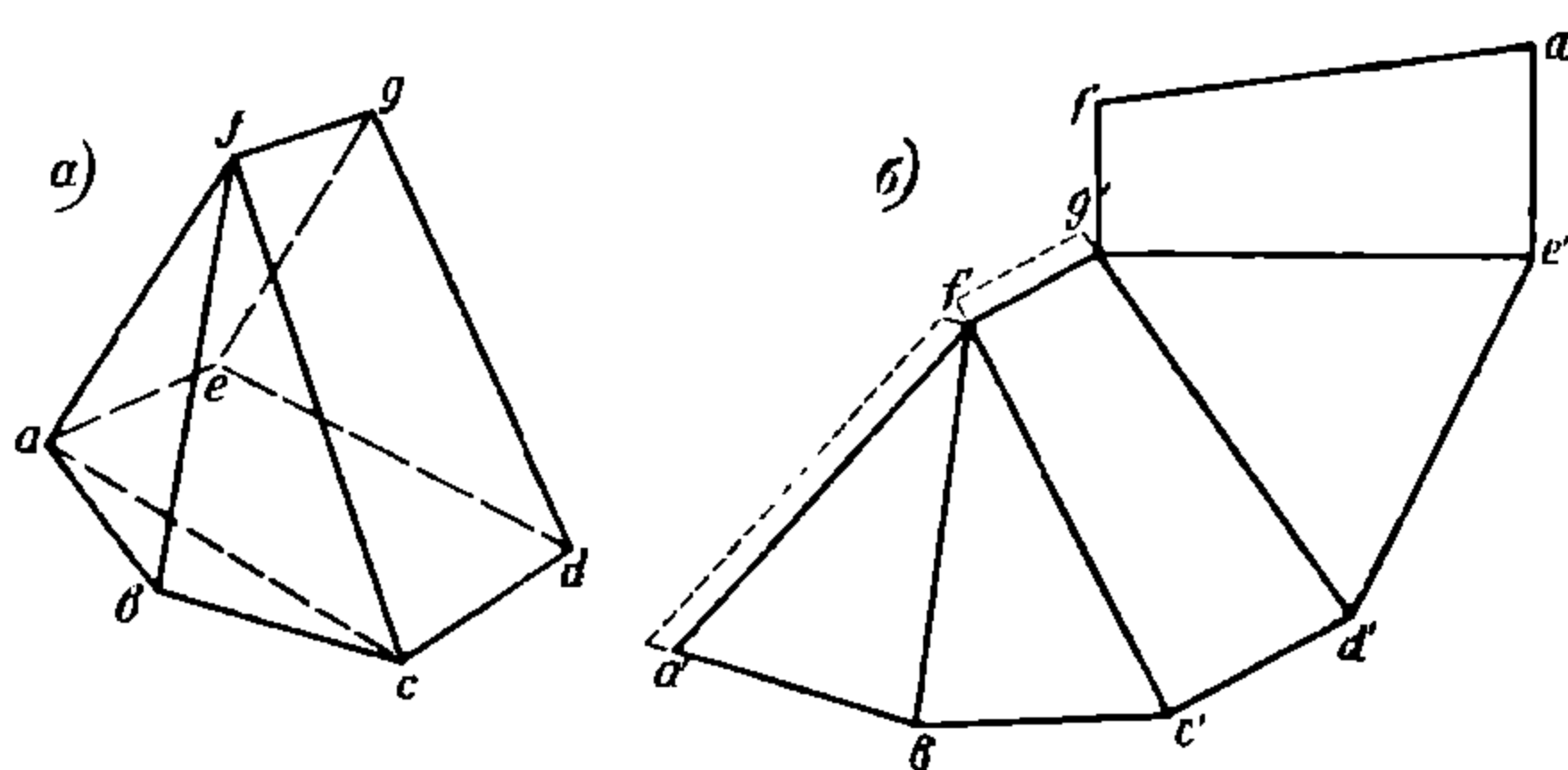


Рис. 212.

§ 18. РАЗВЕРТКА КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.

Классификация кривых поверхностей. Перечисленные в § 9 поверхности, с точки зрения разметочных работ, могут быть разделены на две группы:

- а) развертывающиеся в плоскость (разверзаемые) и
- б) неразвертывающиеся в плоскость (неразверзаемые).

К второй группе относятся все поверхности, образуемые перемещением в пространстве кривых линий, например: сфера (шар), параболоиды, эллипсоиды и т. п.

Поверхности же, образуемые перемещением прямых линий или так называемые линейные поверхности, как например, винтовые, гиперболоиды, коноиды, цилиндры, конусы и т. д., могут быть развертываемы лишь в том случае, если смежные образующие данной поверхности параллельны друг другу или пересекаются друг с другом. Развертки этого рода получаются проще всего путем вращения плоских элементов такой поверхности (на которые ее можно мысленно разделить), один за другим вокруг последовательных образующих. Все остальные линейные поверхности (например, гиперболоид, коноид или винтовая поверхность) в плоскость развернуть невозможно.

Таким образом, все кривые поверхности могут быть разбиты следующим образом:

Линейные поверхности				Кривые поверхности
Разверзаемые			Неразверзаемые	
<p>Цилиндры:</p> <p>Круговые</p> <p>Эллиптические</p> <p>Параболические</p> <p>Произвольного вида</p>	<p>Конусы:</p> <p>Круговые</p> <p>Эллиптические</p> <p>Параболические</p> <p>Произвольного вида</p>	<p>Поверхности с ребром возврата:</p> <p>Разверзаемый гелисоид</p> <p>Поверхность с одинаковыми скатами</p>	<p>Гиперболоид вращения</p> <p>Косая плоскость</p> <p>Неразверзаемый гелисоид</p>	<p>Сфера (шар)</p> <p>Кольцо с криволинейным поперечным сечением</p> <p>Параболоид</p> <p>Эллипсоид</p> <p>Гиперболоид</p> <p>Криволинейный цилиндр и кольцо</p> <p>Конноид</p>

Примечание 1. Разверзаемый гелисоид (рис. 213) образуется скольжением прямой линии по кривой двойной кривизны, причем прямая в каждый момент остается касательной к данной кривой.

Примечание 2. Поверхность с одинаковыми скатами (рис. 214) образуется скольжением двух прямых линий по двум плоским кривым, при-

чем прямые образуют в каждый момент с плоскостью кривых один и тот же постоянный угол (например, эстокада на склоне горы).

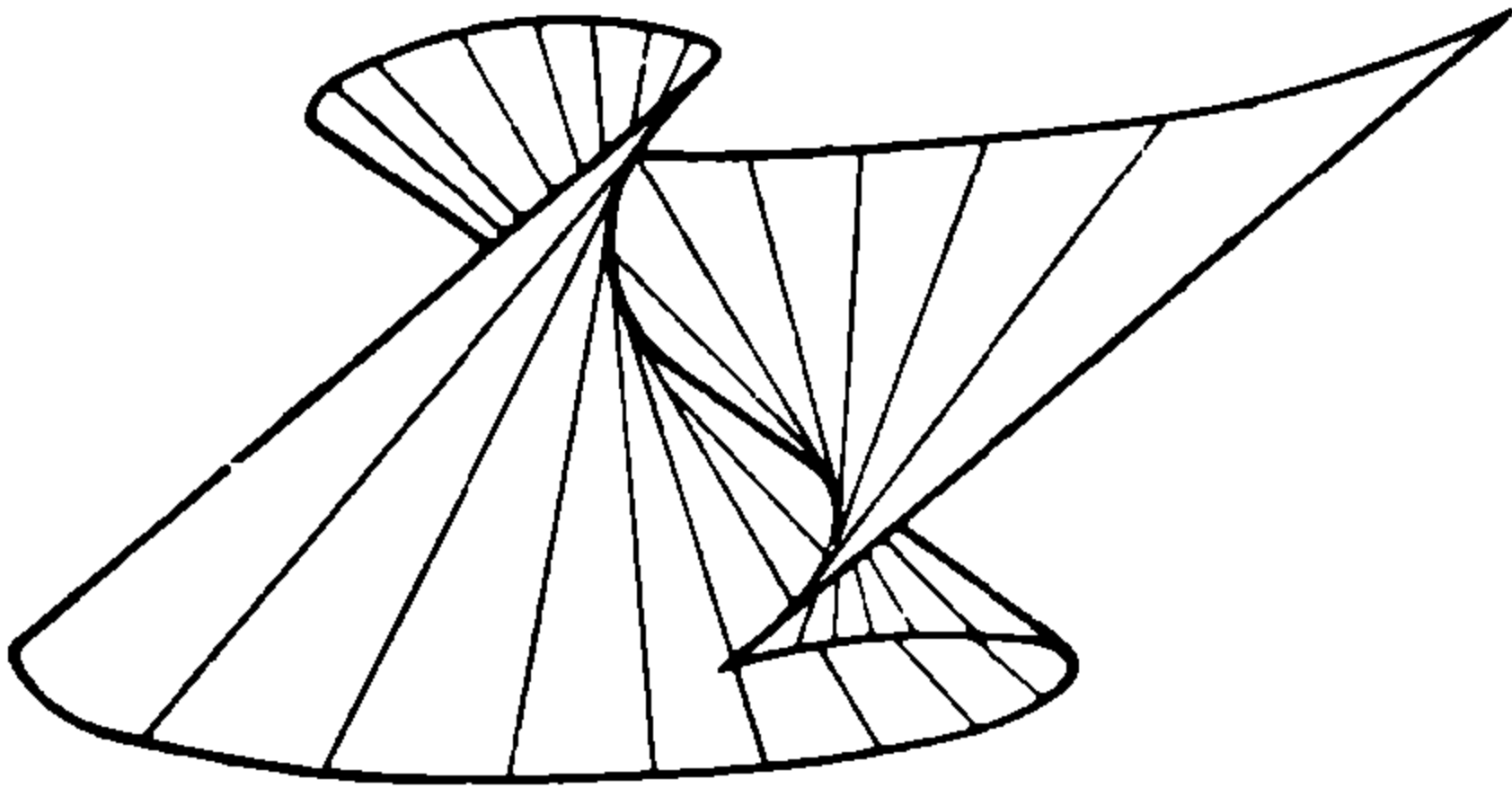


Рис. 213.

зом: пусть мы имеем две прямых AB и CD , не лежащих в одной плоскости, и соединим их концы линиями AD и BC , которые также не лежат в одной плоскости.

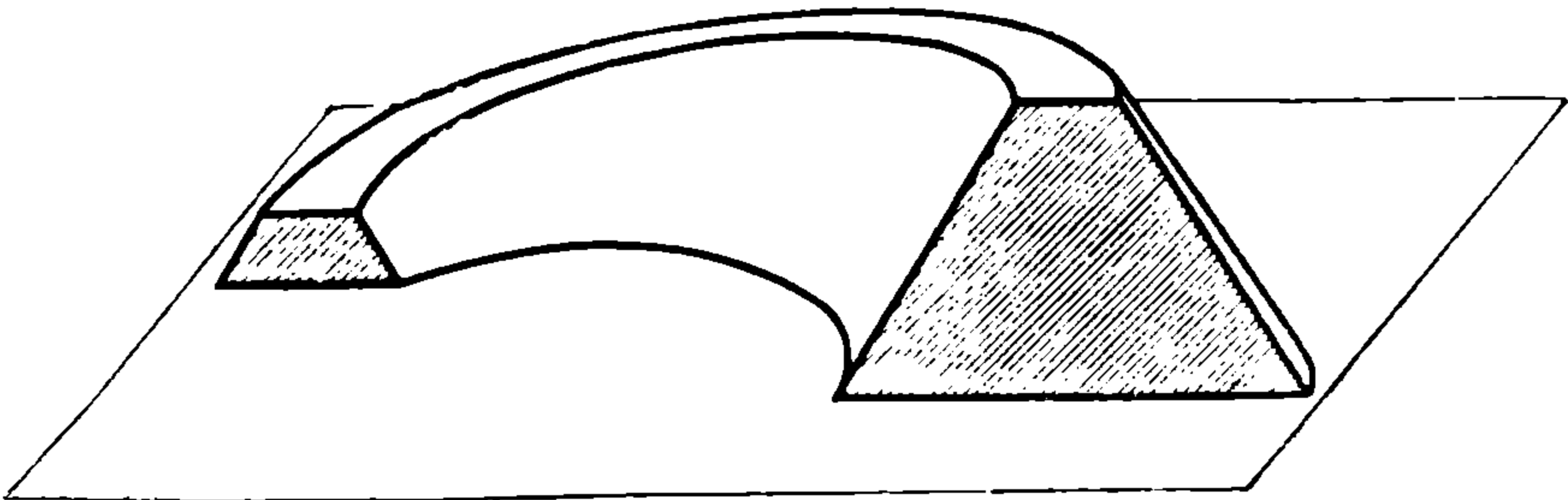


Рис. 214.

Проведем через CD плоскость $Q \parallel AB$, а через BC плоскость $P \parallel AD$ и разрежем линии AB и CD рядом плоскостей $\parallel P$, а линии AD и BC — плоскостями $\parallel Q$. Если точки пересечений названных линий с секущими плоскостями соединить между собою прямыми, то эти последние образуют поверхность, называемую косою плоскостью.

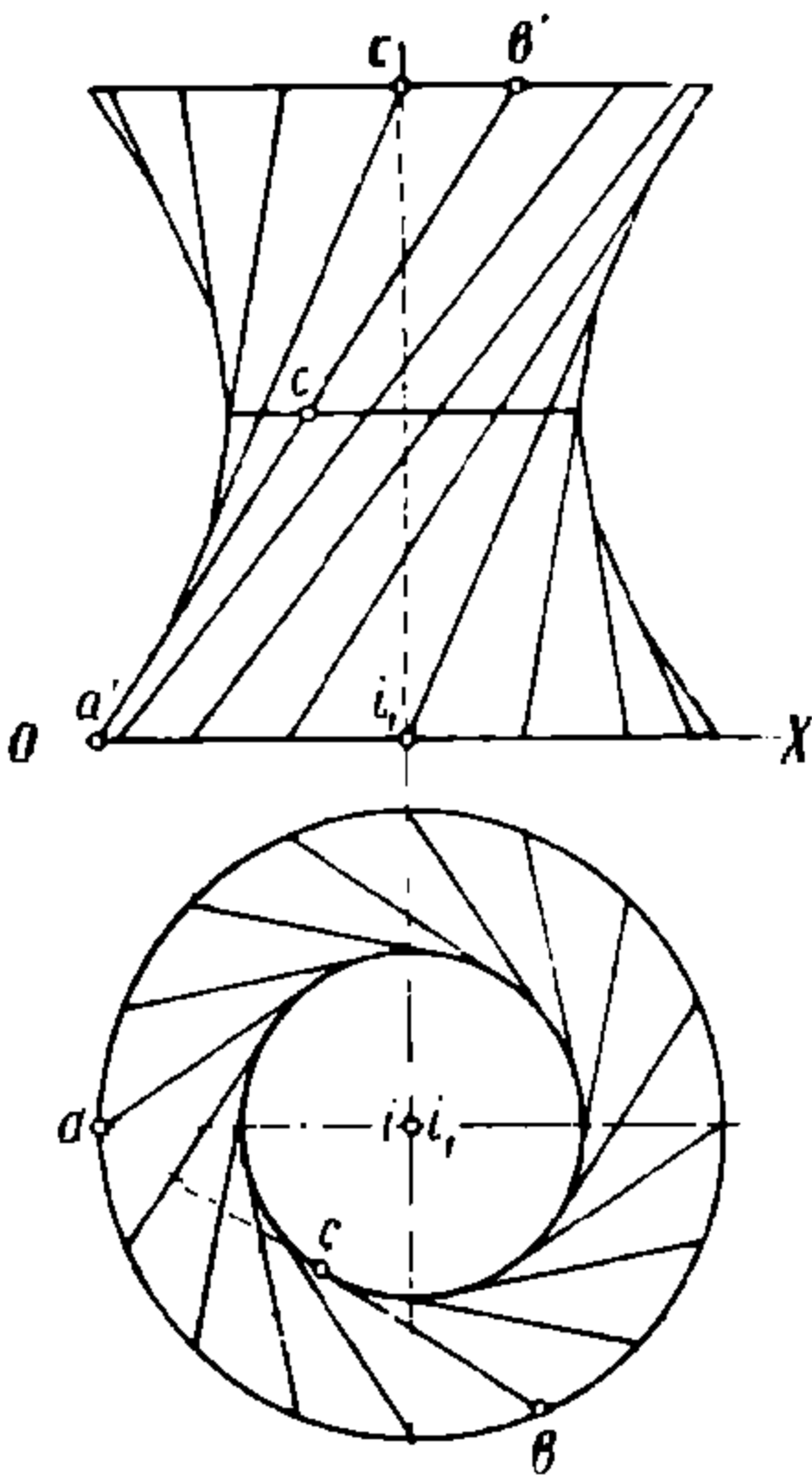


Рис. 215.

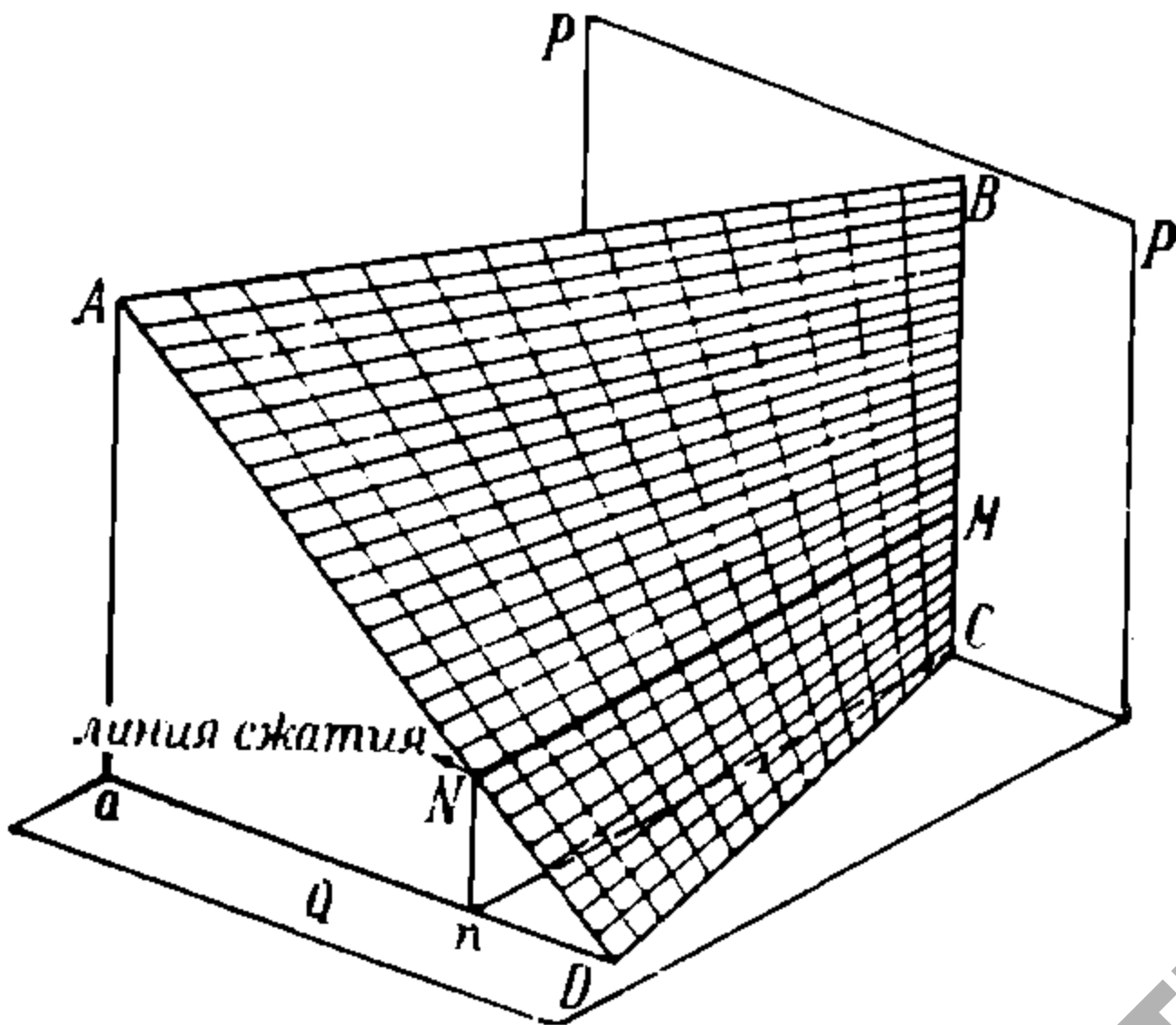


Рис. 216.

Примечание 5. Коноид представляет собою поверхность, образуемую скольжением линии AD (рис. 217) параллельно некоторой плоскости H по двум направляющим — прямой AB и кривой DC . Плоскость H называется плоскостью параллелизма. Частным случаем коноида является неразверзаемый гелисоид (винтовой коноид) (рис. 218), образуемый скольжением прямой nm ($n'm'$) — одним концом по винтовой линии, а другим — по оси $a'b'$, оставаясь параллельной плоскости OX .

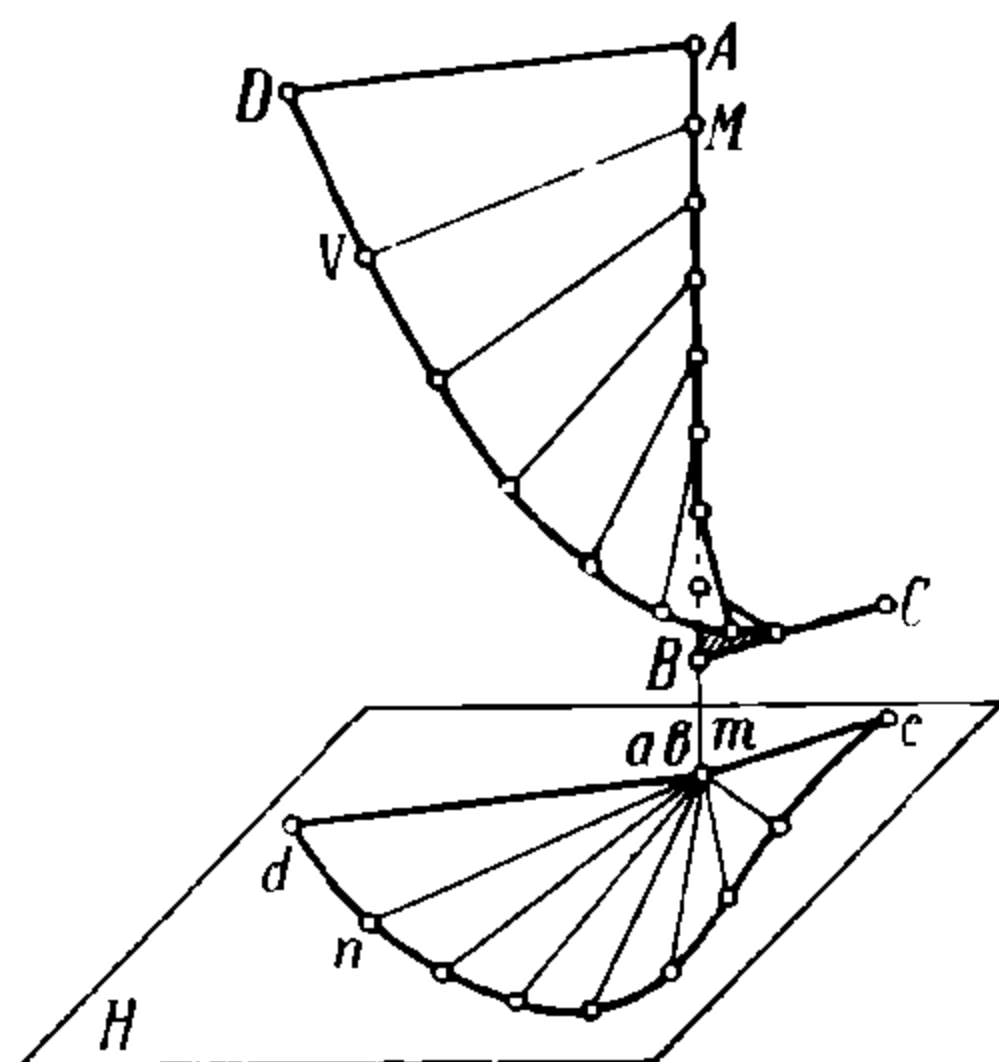


Рис 217.

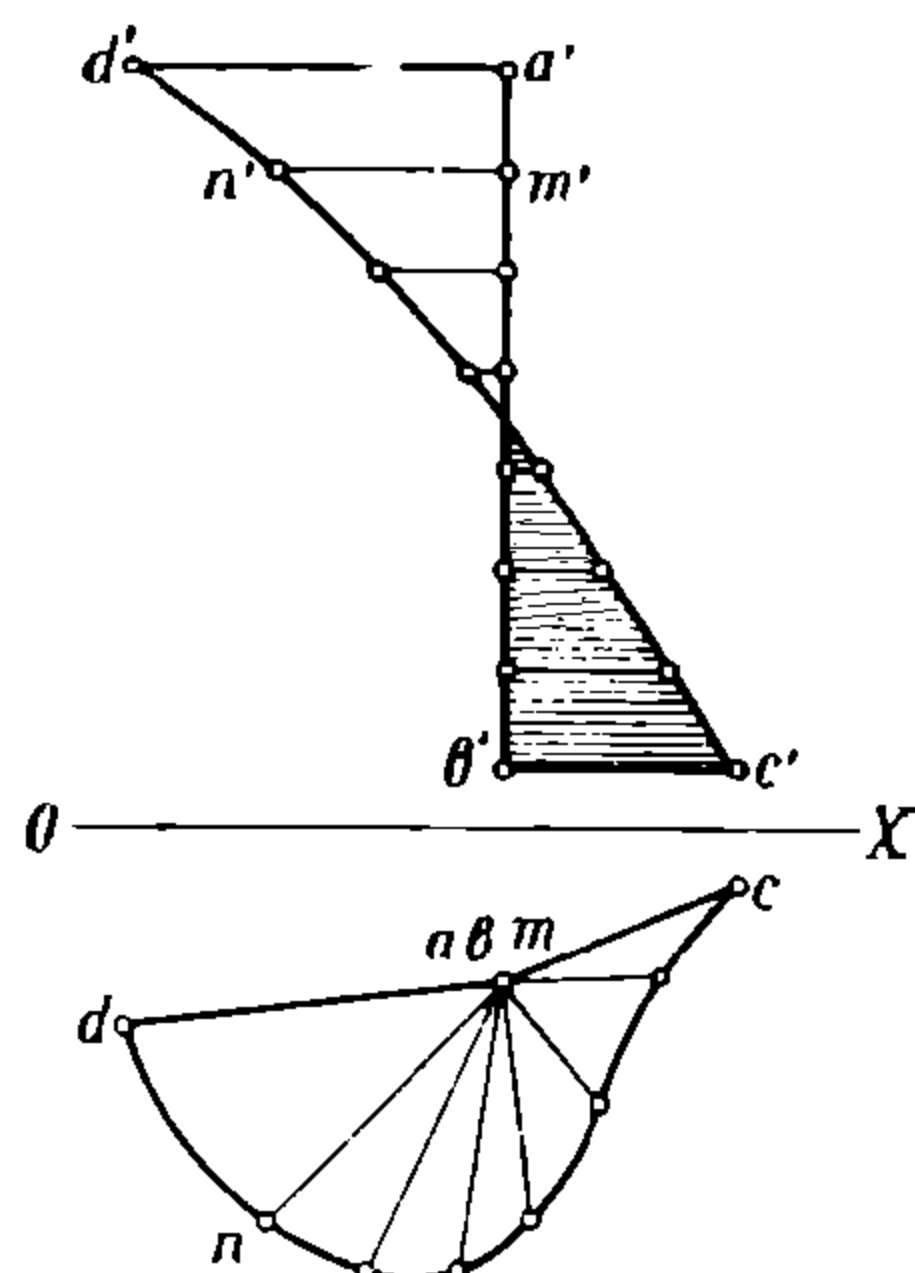


Рис. 218.

Примечание 6. Кольцевой винтовой коноид (рис. 219), известный под названием Архимедова винта, имеет широкое применение в транспортных устройствах для подъема и перемещения сыпучих тел и жидкостей.

Развертка цилиндров. Пример 1. Развертка прямого кругового цилиндра. Так как геометрически цилиндр может быть рассматриваем как частный случай призмы, имеющей бесконечно большое число граней, то становится

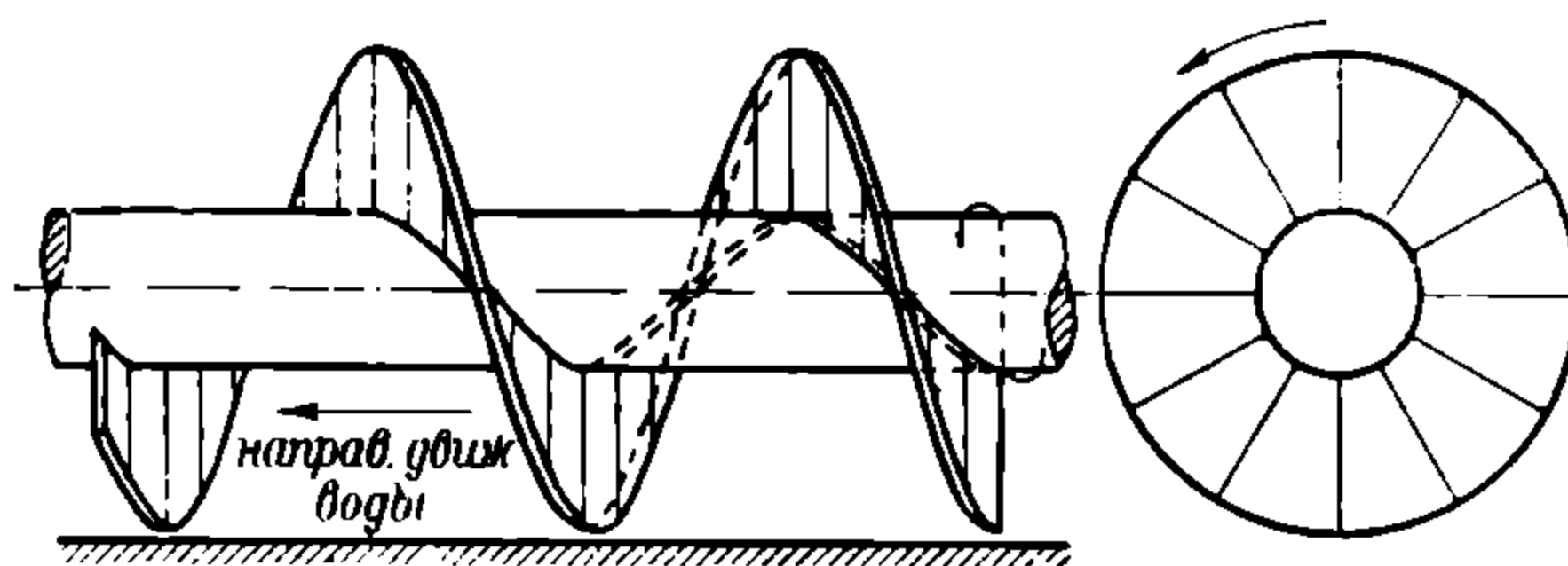


Рис. 219.

понятным, что между развертками призм и цилиндров имеется большая аналогия и построение разверток цилиндров, как увидим дальше, сводится по существу как бы к развертке многогранных призм.

Простейшим случаем развертки цилиндра является тот, когда мы имеем круговой прямой цилиндр, т. е. описанный перемещением параллельно самой себе прямой линии, перпендикулярной к основанию, по окружности, лежащей в плоскости основания (рис. 220).

Развертка такого цилиндра представляет собой прямоугольник, высота которого равна высоте цилиндра, а длина (основание) равна длине окружности цилиндра. Высота цилиндра может быть взята непосредственно из

чертежа, а длина окружности должна быть вычислена по известной формуле

$$L = D \cdot \pi,$$

где L — искомая длина окружности,
 D — ее диаметр,
 π — 3,1415926 — отношение длины окружности к диаметру.

Обычно для определения длины окружности данного диаметра пользуются готовыми таблицами, имеющимися в любом справочнике (Нütte, Справочник металлиста, Инженерный календарь и т. п.), и только в тех случаях,

когда в таблицах нет соответственного числа, прибегают к вычислению L по приведенной выше формуле, причем число π берут обычно только с двумя десятичными знаками ($\pi = 3,14$), что в большинстве случаев дает достаточную для практики точность вычислений.

Но и в том случае, когда в таблицах справочника не оказывается числа, соответствующего имеющемуся диаметру, то и тогда можно обойтись без вычислений, пользуясь только таблицей.

Так, например, пусть надо найти длину окружности с диаметром 2384 мм. Так как в справочнике содержатся размеры диаметров только до 1000, то поступают следующим образом.

Так как $2384 = 2380 + 4$ и, следовательно, $2384 \cdot \pi = 2380 \cdot \pi + 4 \cdot \pi$, то отыскивают в таблице длину окружности для диаметра 238, т. е. в 10 раз меньшего, чем нужно, вследствие чего, найдя длину окружности для 238, равную 747,741, это число надо увеличить в 10 раз, т. е. берут 7477,41 и к нему прибавляют длину окружности, соответствующей диаметру 4, т. е. 12,56, получая таким образом длину окружности для диаметра 2384, равную 7489,97.

Таким образом, действия сводятся к следующим:

Для 238 длина окружности (по справочнику).	747,741
2380	+ 7477,41
4	+ 12,56
2384	<hr/> 7489,97

Вообще всякий прямой цилиндр, какое бы очертание ни имело его основание (даже и многоугольное, как мы видели при рассмотрении развертки призм), всегда разворачивается на плоскости в прямоугольник — с высотой, равной высоте цилиндра, и с основанием, равным периметру основания цилиндра.

Чаще других встречаются цилиндры с основанием в виде круга, эллипса или овала.

Примечание. Во избежание недоразумений необходимо всегда иметь в виду, что как только что описанная развертка прямого цилиндра, так и последующие, относятся к цилиндрам, поверхность которых проходит по нейтральному слою листа, из которого цилиндр согнут, т. е. как бы к бестелесным цилиндрам, стенки которых не имеют толщины, или (для удобства представления себе такого тела) имеют бесконечно малую толщину.

Если основанием цилиндра является какая-либо другая кривая, кроме вышеперечисленных, то, вместо обычно весьма сложного, а иногда и невозможного вычисления длины дуги кривой, ее вычерчивают на плазу в натуральную величину, обмеряют мерительным диском и принимают полученную длину за основание прямоугольника развертки.

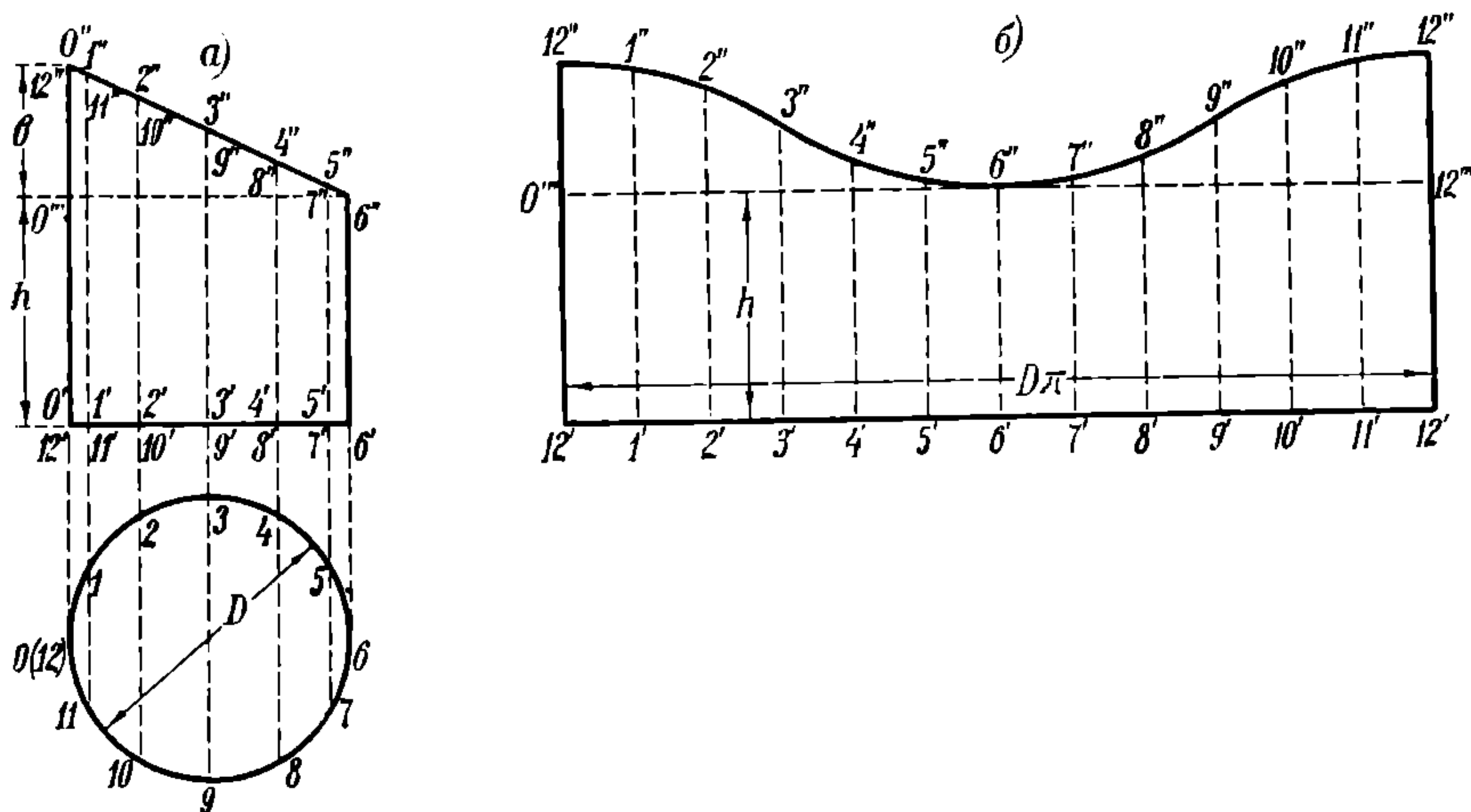


Рис. 221.

Пример 2. Развертка прямого кругового цилиндра, срезанного наклонной плоскостью, перпендикулярной к плоскости чертежа.

Значительно сложнее получение развертки цилиндра, срезанного наклонной плоскостью (рис. 221). Если представить себе цилиндр, усеченный плоскостью $O''-6''$ (фиг. а), параллельной основанию и проходящей через низшую точку наклонного среза ($6''$), то нижняя часть нашего цилиндра $O'-O''-6''-6'-12'$ разворачивается, согласно вышесказанному, в прямоугольник $O''-12''-12'-12'$ (фиг. б), с высотой $h = 6'-6''$ (фиг. а и б) и с основанием $12'-12' = D \cdot \pi$.

Чтобы получить развертку верхней части цилиндра, поступают подобно тому, как при разворачивании срезанных призм, но вместо длин ребер призмы откладывают соответственные длины образующих. С этой целью разбивают окружность основания цилиндра на произвольное число равных частей (на чертеже — на 12), проектируют точки делений на вертикальную проекцию и проводят соответственные образующие цилиндра $O'-O''$, $1'-1''$

$11'-11''$ и $12'-12''$. Затем делят длину развернутой окружности основания на такое же число равных частей и из точек делений восстанавливают перпендикуляры, которые будут представлять собой те же образующие

цилиндра, на которых останется только отложить их длины, измеряя одинаковые отрезки на вертикальных проекциях (фиг. а). Таким образом полу-

чают на развертке ряд точек $12''$, $1''$, $2''$, $11''$ и $12''$, соединив которые плавной кривой, получим искомую развертку.

Пример 3. Развертка прямого кругового цилиндра, срезанного плоскостью, произвольно расположенной в пространстве (рис. 222).

Построение ведется подобно тому, как в предыдущем примере, но все образующие будут различной длины, и, например, образующая $1' - 1'' \neq 11' - 11''$, так что для каждой из них надо брать с вертикальной проекции их индивидуальные длины и откладывать на соответственных ординатах развертки.

Пример 4. Развертка прямого цилиндра, срезанного кривой поверхностью (рис. 223).

а) Если прямой цилиндр усечь кривой поверхностью, также цилиндрической, ось которой параллельна основанию, т. е. лежит в плоскости, перпендикулярной к оси срезанного цилиндра, и сама перпендикулярна к вертикальной

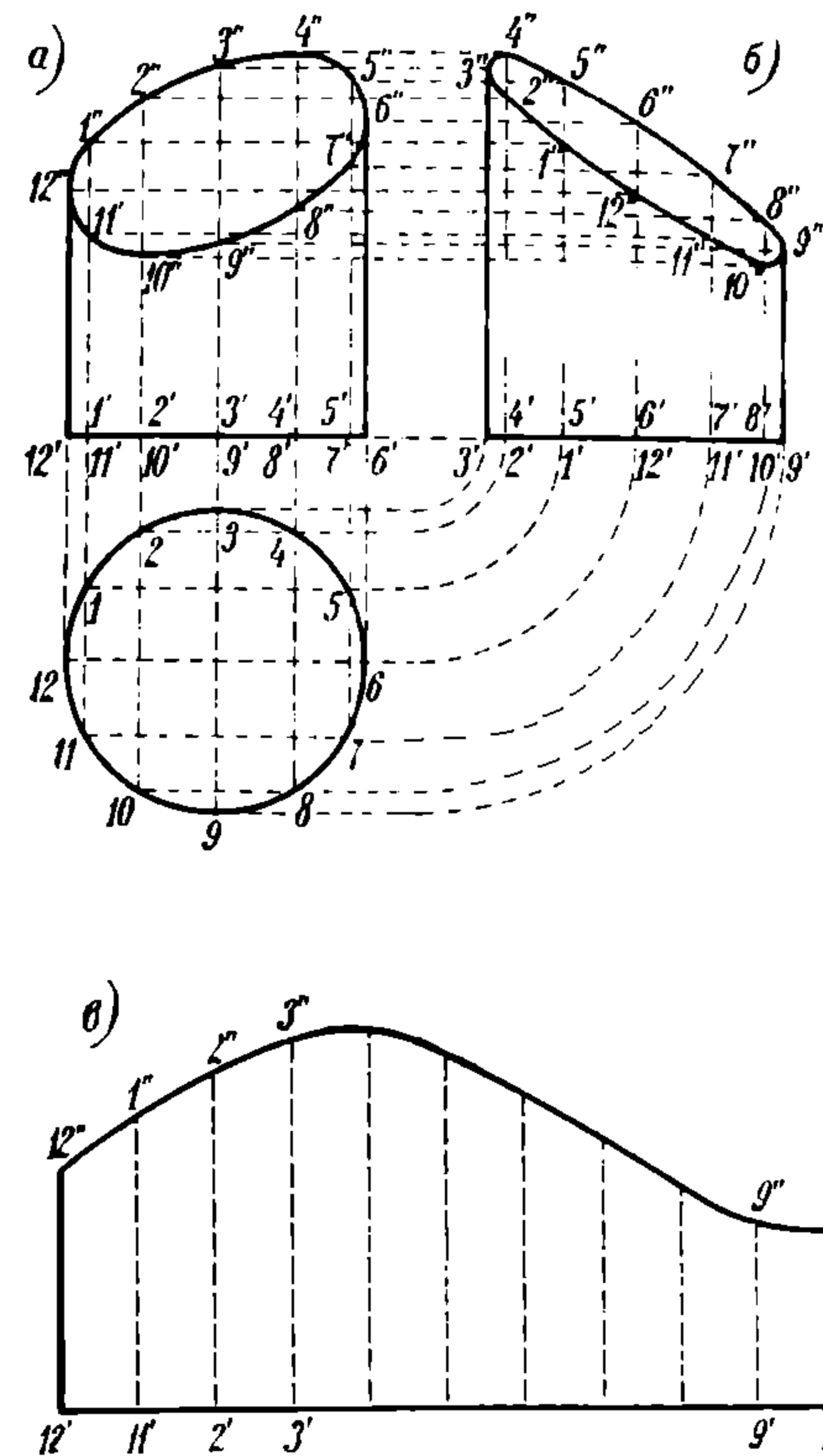


Рис. 222.

плоскости проекций, то построение развертки ничем не отличается от приема, описанного в примере 2 и понятно из рис. 223 без пояснений.

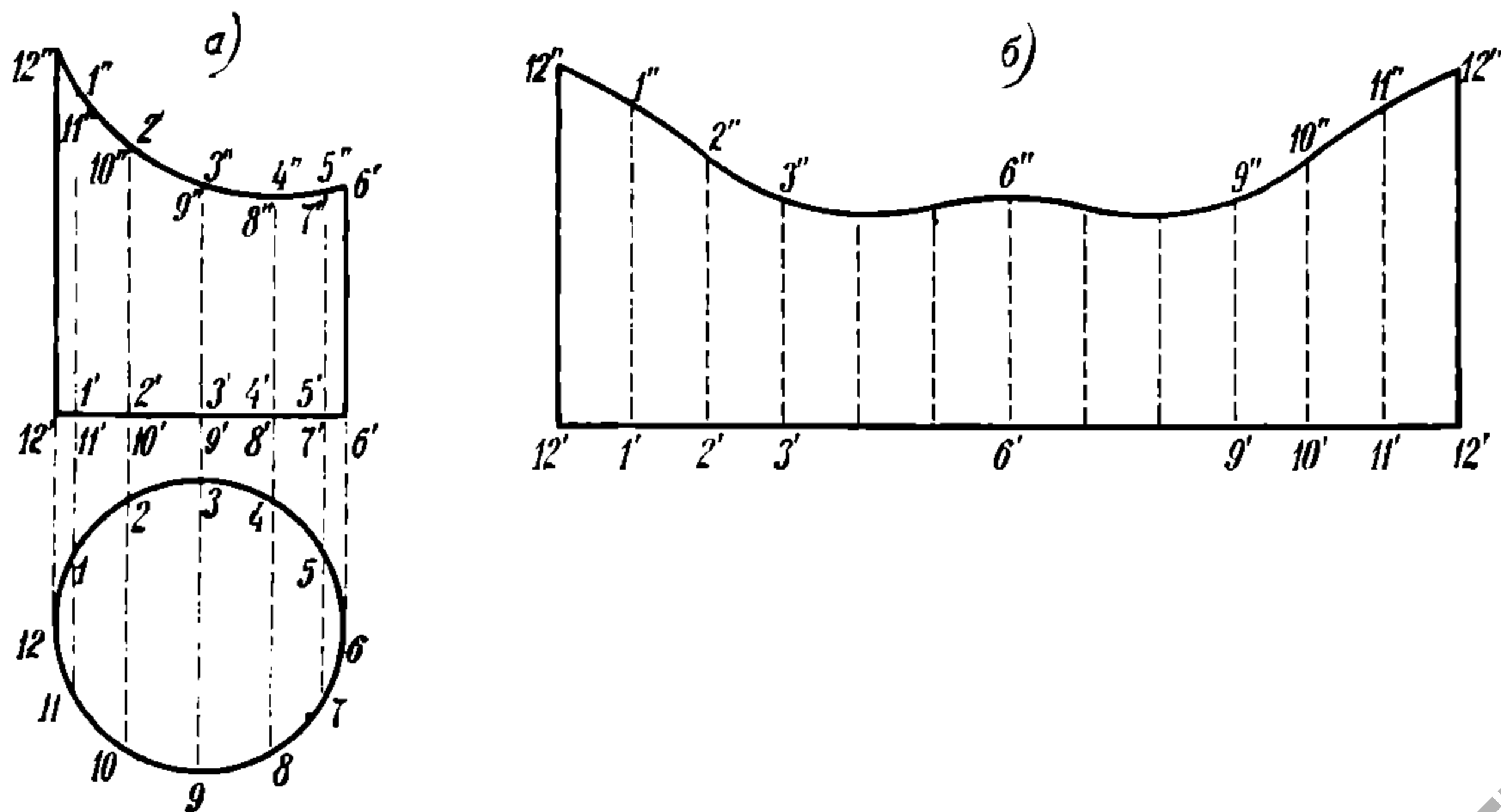


Рис. 223.

б) Если же цилиндр усечен цилиндром, ось которого также лежит в плоскости, перпендикулярной к оси нашего цилиндра, и сама параллельна вертикальной плоскости проекций (рис. 224), то хотя внешний вид развертки цилиндра получится несколько иным, но построение ее остается по существу тем же, т. е. основанным на отыскании длин образующих, пересеченных вторым цилиндром. Построение это показано на рис. 224 и

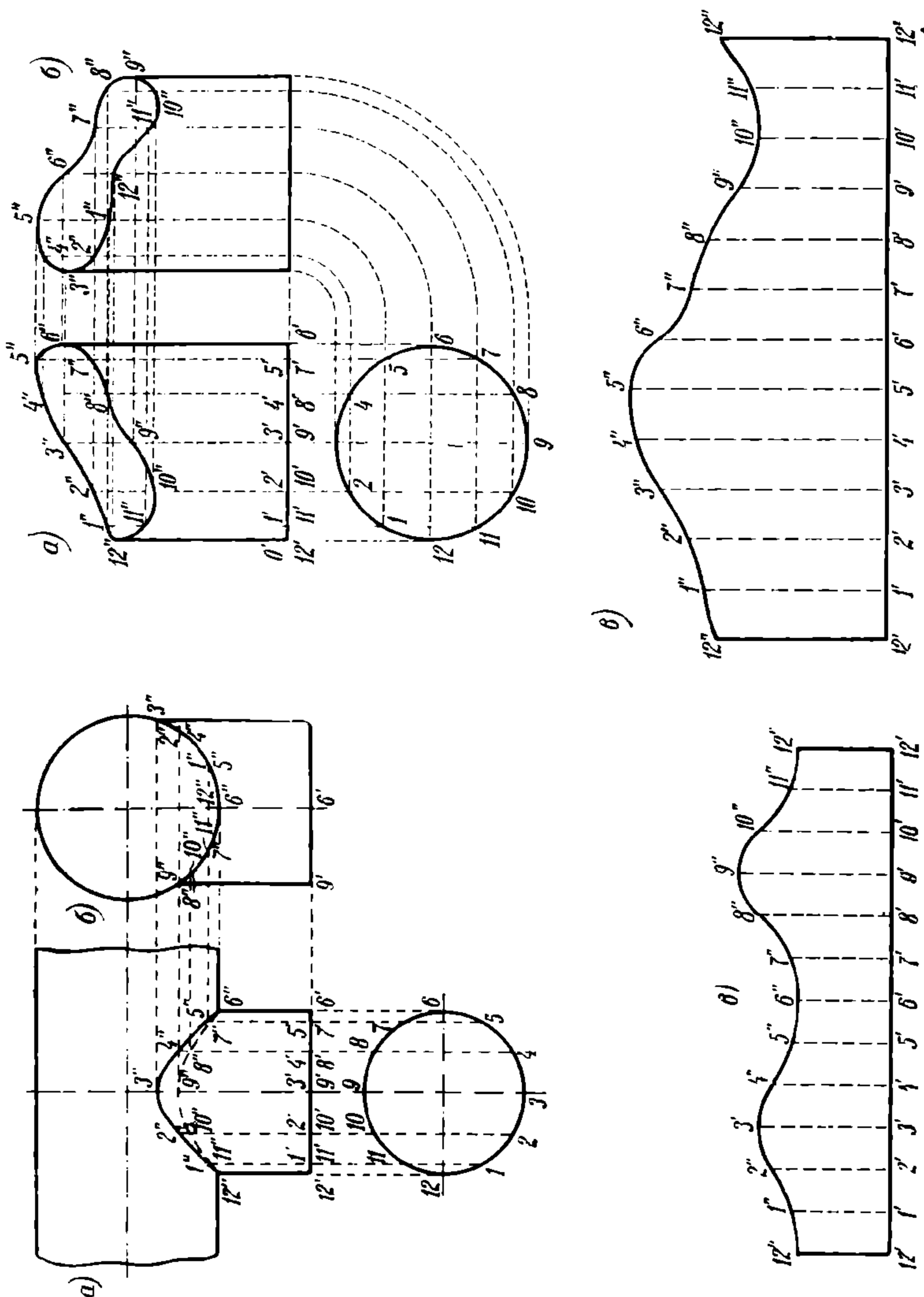


Рис. 225.

Рис. 224.

понятно без объяснений. Развертка цилиндра имеет, однако, вид, отличный от предыдущих, и образующие имеют все разные длины (например $1' - 1'' \neq 11' - 11''$, как это было и в примере 3.

в) Наконец, в общем случае, когда цилиндр срезан произвольного очертания кривой поверхностью и произвольно расположенной в пространстве (рис. 225), построение развертки цилиндра остается по существу опять таким же, как и в предыдущих примерах, и образующие будут все разной длины.

В некоторых частных случаях возможны упрощения построений. Рассмотрим некоторые из них.

Пример 5. Развертка косоугольного цилиндра с параллельными основаниями (рис. 226).

Пусть даны: высота цилиндра H , диаметр нормального сечения D , и смещение центров оснований a .

Рассечем наш цилиндр на три части двумя плоскостями (фиг. а), нормальными (перпендикулярными) к оси цилиндра (cd и ef), и повернем эти сечения в плоскость чертежа. Получим прямой цилиндр A с высотой l и два равновеликих отсека B и B' , с наибольшими образующими b .

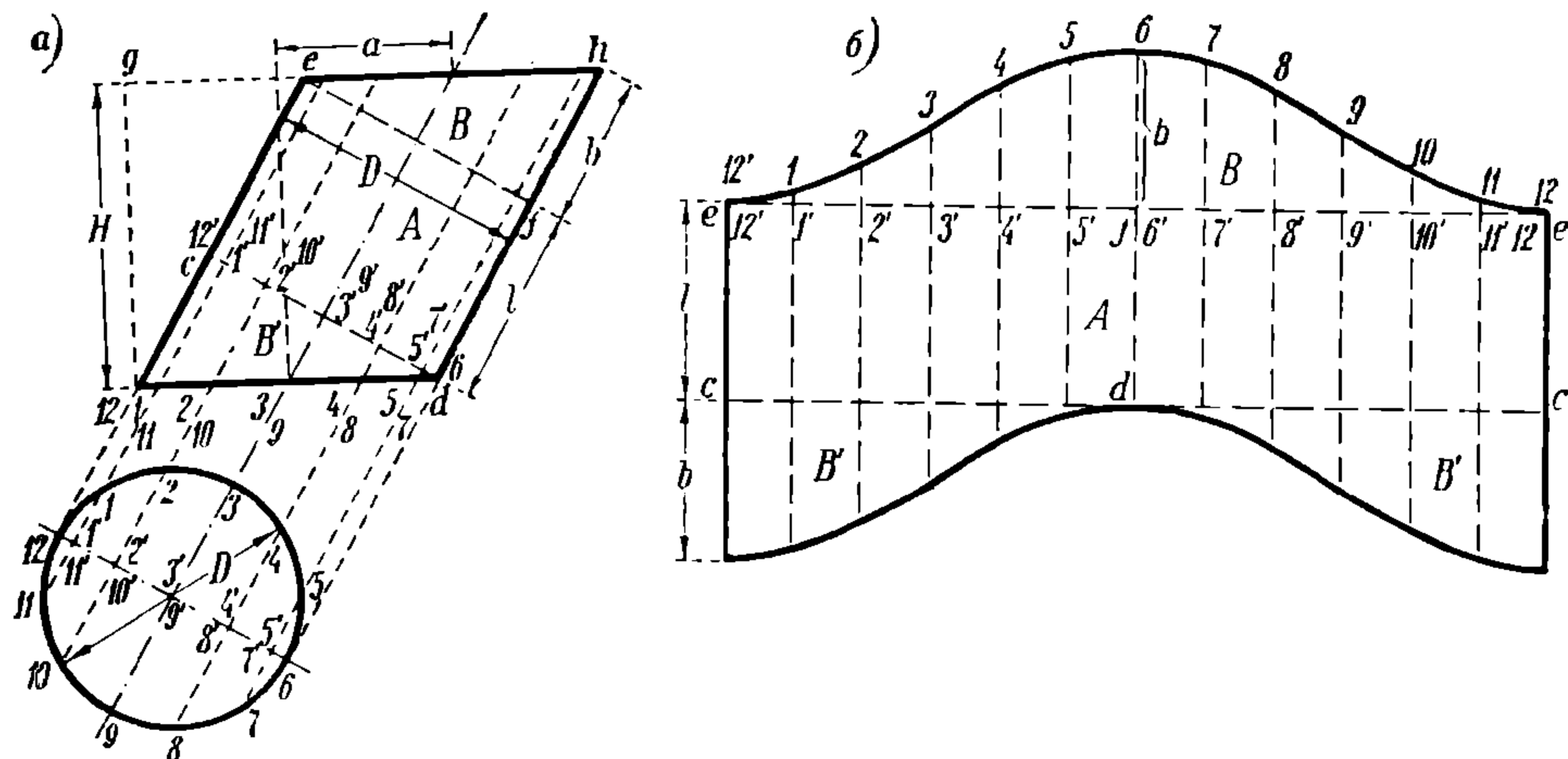


Рис. 226.

Нормальное сечение будет круг диаметра D , так как цилиндр, согласно заданию, круговой, хотя верхнее и нижнее основания его eh и $6-12$ — эллипсы.

Полученный прямой цилиндр разворачивается в прямоугольник A (фиг. б), а верхний отрезок — в фигуру B приемом, указанным выше, в примере 2.

Для получения развертки нижнего отсека достаточно, одновременно с нанесением ординат верхнего отсека, откладывать от линии cd вниз те же ординаты, но в обратном порядке, начиная с длины b на ординате ec и кончая 0 на ординате fd .

Нахождение развертки цилиндра в данном случае может быть еще более упрощено следующим образом (рис. 227).

Отложив на какой-либо прямой длину окружности нормального сечения цилиндра (отрезок $12'-12'$), делят ее на равное число частей и через точки деления проводят перпендикуляры (образующие цилиндра). На крайней образующей откладывают отрезок $6-12' = b$ и строят на нем полуокружность, которую делят на равные части с половинным числом (по сравнению с $12'-12'$) делений. Из точек делений этой полуокружности проводят параллели к линии $12'-12'$ до пересечения с крайней образующей (разметчик опустит перпендикуляры на $6-12'$). Затем на ординатах $1'$ и $11'$ откладывают отрезок $12'-1''$, на ординате $2'$ и $10'$ — отрезок $12'-2''$ и т. д. Соединив полученные точки плавною кривою, получим очертание развертки верхнего отсека нашего цилиндра.

Чтобы получить очертание развертки всего цилиндра, необходимо и достаточно отложить от всех точек верхнего очертания вниз по ординатам длину образующей цилиндра, т. е. $l + b$.

Надо заметить, что длины всех отрезков, которые послужили нам для построения данной развертки, могут быть получены и вычислением, а именно: величина $l + b$ легко определяется из $\triangle 12eg$ (рис. 226а), как его гипотенуза: $l + b = \sqrt{H^2 + a^2}$, а величина b — из подобия треугольника $12eg$ и efh , а именно:

$$H : a = D : b,$$

$$\text{откуда } b = \frac{aD}{H}$$

Равным образом и отрезки $1' - 1$, $2' - 2$ и т. д. (рис. 226а) могут быть вычислены следующим образом.

Из рисунка 226а (см. нижний отсек цилиндра) видно, что образующие цилиндра, будучи между собою параллельны, пересекают стороны треугольника $12 - 12' - 6$ в точках 1 и $1'$, 2 и $2'$ и т. д., вследствие чего мы можем написать:

$$12' - 12 : 1' - 1 = 12' - 6 : 1' - 6 \text{ или, так как}$$

$$12' - 12 = b, \text{ а } 12' - 6 = D,$$

то $b : 1' - 1 = D : 1' - 6$, а равным образом:

$$b : 2' - 2 = D : 2' - 6,$$

и т. д. до:

$$b : 5' - 5 = D : 5' - 6.$$

Остается определить величины $1' - 6$, $2' - 6 \dots 5' - 6$.

Как легко усмотреть из того же рис. 226а (проекция нормального сечения) отрезки $1' - 6$, $2' - 6 \dots 5' - 6$ являются стрелками сегментов нормального кругового сечения (например $5' - 6$ является стрелкою сегмента $5 - 6 - 7$), каковые легко определяются при помощи следующих соображений.

Так как окружность нормального сечения была нами разделена на 12 равных частей, то каждое ее деление соответствует в нашем случае:

$$\frac{360}{12} = 30^\circ \text{ (вообще же } \frac{360}{n}, \text{ где } n \text{ — число делений).}$$

Для стрелки $5' - 6$ (рис. 228) имеем из $\triangle 5 - 3' - 5'$ $5' - 6 = 3' - 6 - 3' - 5' = R - 3' - 5 \cos \alpha = R - R \cos \alpha = R (1 - \cos \alpha)$.

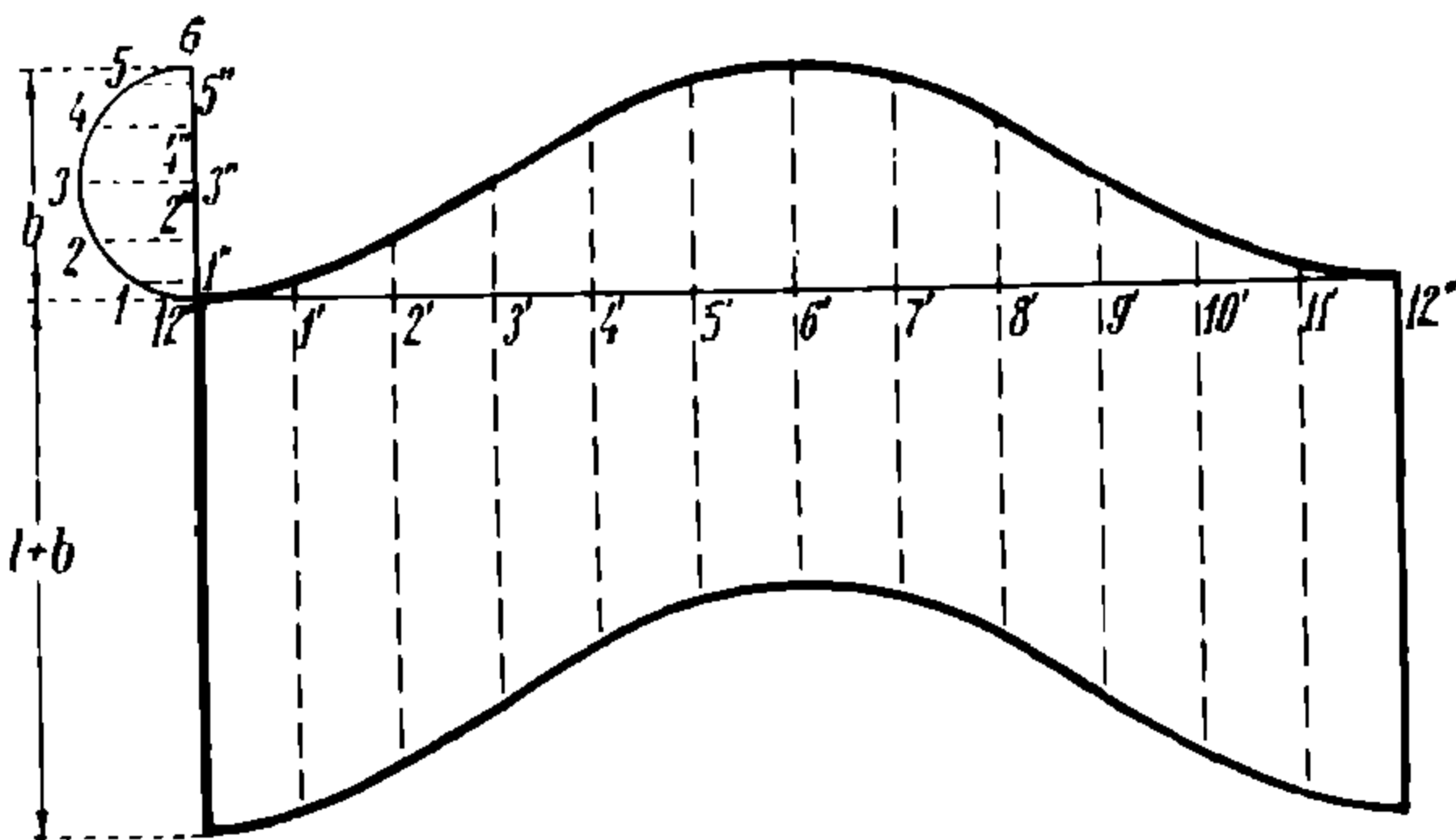


Рис. 227.

Равным образом: $4' - 6 = R (1 - \cos 2\alpha)$ из $\triangle 4 - 3' - 4'$

$$3' - 6 = R$$

$$2' - 6 = R (1 + \cos 2\alpha),$$

так как $2' - 6 = 2R - 2' - 0$ и $2' - 0 = 4' - 6$.

$$1' - 6 = R (1 + \cos \alpha),$$

так как $1' - 6 = 2R - 1' - 0$ и $1' - 0 = 5' - 6$.

Вычислив длины этих отрезков, уже легко найти и длины соответственных ординат развертки по приведенным выше формулам.

Так, например:

$$1' - 1 = \frac{b \cdot R (1 + \cos \alpha)}{D} = \frac{b (1 + \cos \alpha)}{2},$$

$$2' - 2 = \frac{b \cdot R (1 + \cos 2\alpha)}{D} = \frac{b (1 + \cos 2\alpha)}{2} \text{ и т. д.}$$

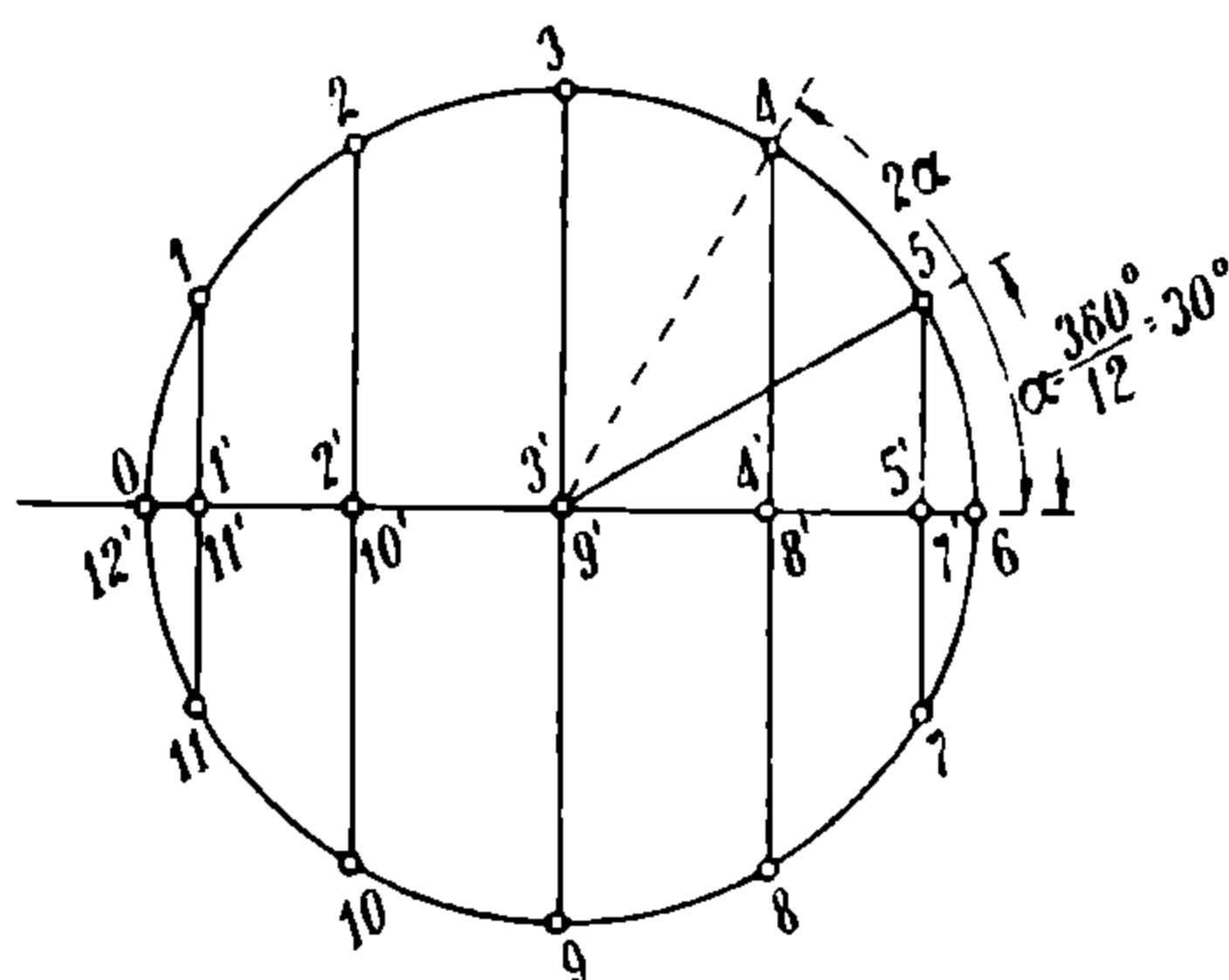


Рис. 228.

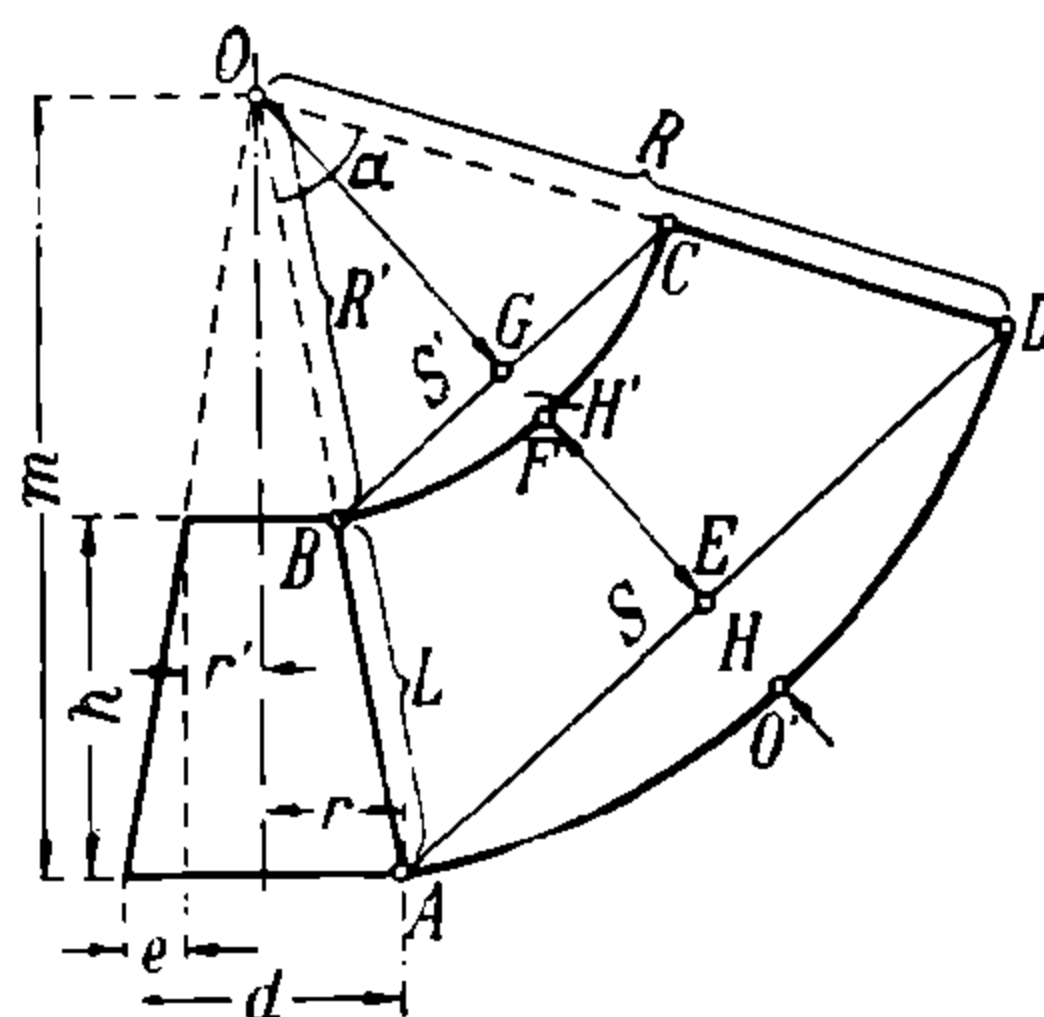


Рис. 229.

Как видно из изложенного, нахождение ординат развертки цилиндра с помощью вычислений довольно сложно и кропотливо. Поэтому обычно предпочитают находить их графическим путем, как это было описано выше.

Развертки конусов. Развертка конусов, и в особенности усеченных, представляет, по сравнению с цилиндрами, значительно большие трудности. Развертки пересечений конусов с разного рода другими геометрическими телами требуют для своего построения своеобразных приемов и получают подчас оригинальные и весьма интересные решения.

Развертки прямых конусов. Простейшим видом конуса является прямой круговой конус, для которого является характерным совпадение подошвы его высоты (перпендикуляра, опущенного из вершины на основание) с центром основного круга.

Разверткой такого конуса является круговой сектор OAD с радиусом, равным длине образующей конуса R (рис. 229) и с длиной дуги AD , равную длине окружности основания $2\pi r$.

Из рис. 229 следует также, что разверткой усеченного конуса будет зона $ABCD$ с шириной $AB = CD = L = R - R_1$ (т. е. равную разности длин образующих большого и малого конусов) и с длинами дуг, соответственно равными длинам окружностей верхнего и нижнего оснований ($2r'\pi$ и $2\pi r$).

В разметочной практике преобладающее большинство конических разверток составляют развертки усеченных конусов с недоступной вершиною, вследствие чего образующую нельзя взять циркулем с чертежа и ее приходится находить вычислением следующим образом.

Из прямоугольного треугольника (слева на рис. 229) мы находим, что $L = \sqrt{e^2 + h^2}$, где L — образующая усеченного конуса, h — его высота и $e = r - r'$ — разность радиусов нижнего и верхнего оснований. Так как h , r и r' даны, то L вполне определяется. Зная L , нетрудно уже найти и R из подобия треугольников: $L : R = e : r$, откуда:

$$R = \frac{Lr}{e}.$$

Далее, зная R и длину $\widehat{AD} = 2\pi r$, легко найти и $\angle \alpha$ развертки (рис. 229 справа):

$$2R\pi - 2\pi r = 360^\circ - \alpha,$$

откуда

$$\alpha = \frac{2\pi r \cdot 360}{2R\pi} = \frac{360r}{R}$$

Но так как для построения развертки усеченного конуса с недоступной вершиною нам нужно знать хорды S и S' и стрелки H и H' , то при помощи уже определенных величин L , α и R мы можем их также найти следующим образом.

Если на развертке провести осезую (равноделящую) линию OO' , то из $\triangle OAE$ мы можем написать

$$\frac{S}{2} = R \sin \frac{\alpha}{2} \text{ и } \frac{S'}{2} = (R - L) \sin \frac{\alpha}{2}$$

Наконец, стрелки H и H' определяются:

$$H = OO' - OE = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}$$

и

$$H_1 = OF - OG = (R - L) - \sqrt{(R - L)^2 - \left(\frac{S'}{2}\right)^2}$$

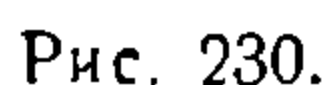
По данным 4 сторонам трапеции легко ее построить. Остается отложить по осевой линии стрелки H и H' и построить обе дуги AD и BC по данным хордам и стрелкам.

И здесь надо помнить, что все эти построения относятся к бестелесной конической поверхности, пролегающей по нейтральному слою конуса, свернутого из листа железа определенной толщины. За верхнее и нижнее основания конуса принимаются поперечные сечения его, лежащие в плоскостях центровых линий верхнего и нижнего поперечных заклепочных швов полого конуса. Кроме того, надо к развертке прибавить по всему ее очертанию полосы шириною, равную половине перекрыши заклепочного шва плюс припуск на обработку кромки, если таковая требуется.

Способов построения дуг круга с недоступным центром по хорде и стрелке приведено несколько (глава II), и можно пользоваться любым из

Пример 1. На английских заводах и у разметчиков СССР имеет наибольшее распространение следующий приближенный способ ¹⁾ построения развертки конуса (рис. 230).

швов. Взяв затем циркулем расстояние mn_1 (на рисунке r), засекают им вертикальную осевую линию mm , в () o , приняв () n за центр. Из точки m_1 как из центра описывают полуокружность ops радиусом m_1o и делят $1/4$ окружности op на 4 равные части. Точки деления 1, 2 и 3 соединяют прямыми с точкою s . Делят на 4 равные части каждый из отрезков mn и m_1n_1 и из точек деления восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают отрезки $1'a$, $2'b$, $3'c$, $1''d$, $2''e$, $3''f$, соответственно равные взятым с полуокружности отрезкам 1_1-1 , 2_1-2 , 3_1-3 . Точки 1_1 , 2_1 и 3_1 представляют пересечение с радиусом m_1p прямых, соединяющих



точки 1, 2 и 3 с точкою s . Соединив точки q, d, e, f и n плавной кривою, что может быть сделано при помощи лекального приспособления или гибкой линейки, получим линию центров заклепок верхнего поперечного шва, а проделав то же с точками o, a, b, c и n_1 , — линию центров заклепок большого поперечного шва. Для получения линии центров заклепок продольного шва нужно отложить по кривой qn длину $qg = mn$ и по кривой on_1 длину $oh = m_1n_1$. Прямая gh и будет линией центров продольного шва. Левая половина листа симметрична правой, поэтому ее разметка тождественна с описанной. Прибавив ко всем кромкам припуски на перекрышку, показанные пунктиром, получают очертание листа, по которому он должен быть обрезан перед загибом. Центры заклепочных отверстий размечаются на соответствующих линиях центров; шаг их делается согласно рабочему чертежу, с соответственным уточнением.

Пример 2. В американской практике часто применяются нижеследующие построения ²⁾.

На рис. 231 а и б изображены два вида усеченного конуса с диаметром нижнего основания D , верхнего d и высотой H . По известным уже правилам определяют длины окружностей: для верхнего основания πd , а для нижнего πD .

1) См. „Разметка в котельном деле“, изд. С.-З. Промбюро, перевод Войшвилло.

²⁾ См. Рожков „Котельное дело“, изд. „Техника на дому“, кн. 6, стр. 78, 79.

Образующая конуса может быть найдена из прямоугольного треугольника, катетами которого являются: высота конуса H и полуразность диаметров основания, т. е. $\frac{D-d}{2}$. Следовательно, гипотенуза (образующая конуса) определится из формулы:

$$OO' = \sqrt{H^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

По данным окружности обоих оснований и образующей конуса можно построить трапецию по способу, указанному выше.

Легко усмотреть, что высота такой трапеции окажется меньше высоты конуса, и следовательно, последнюю нельзя пользоваться для построения трапеции.

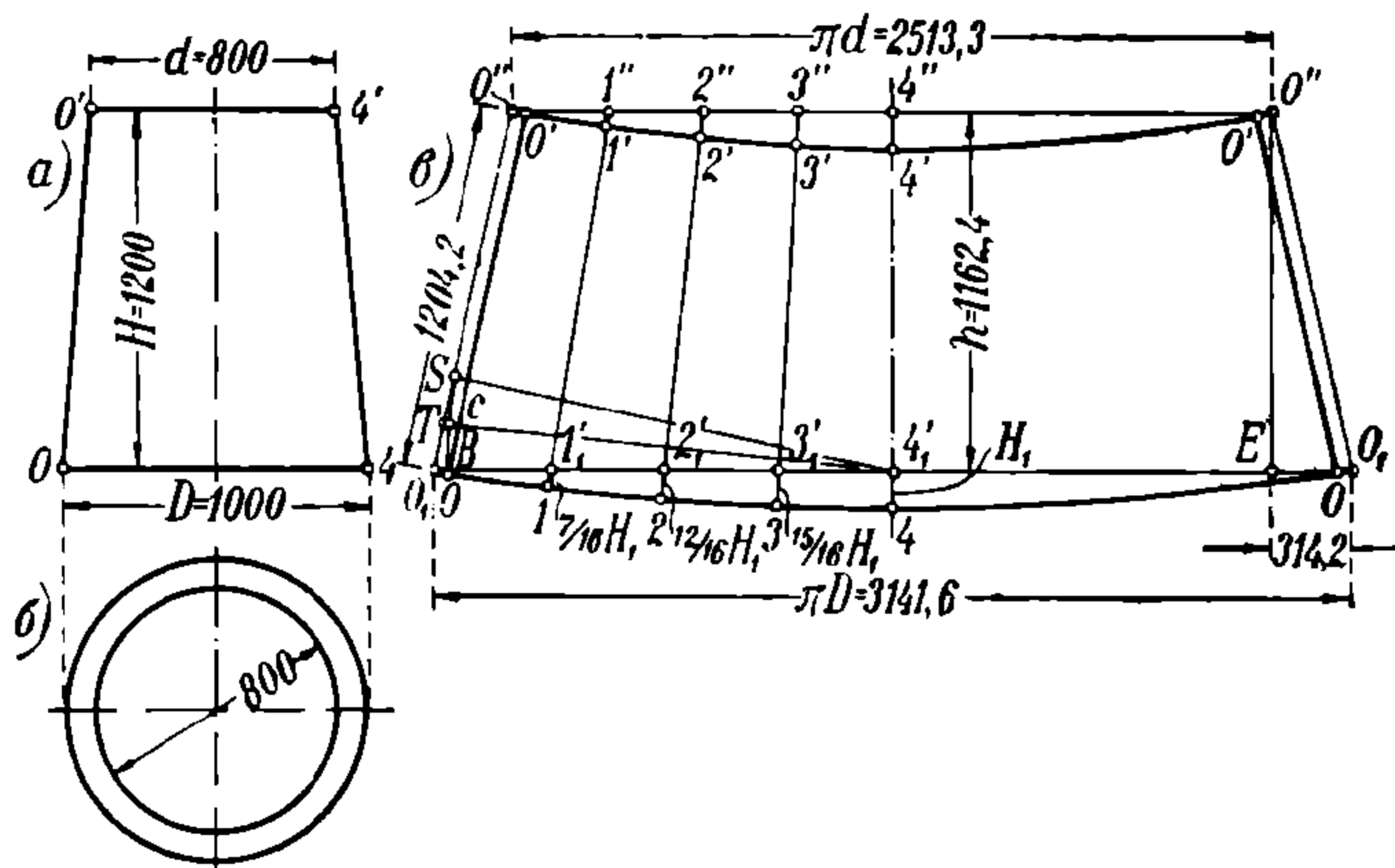


Рис. 231.

В самом деле, из прямоугольного $\triangle O''O_1E$, (рис. 231в справа) мы видим, что эта высота трапеции

$$O''E = \sqrt{(O_1O'')^2 - (EO_1)^2} = \sqrt{H^2 - \left(\frac{\pi D - \pi d}{2}\right)^2}$$

Если принять, например, $H=1200$, $D=1000$ и $d=800$ мм, то найдем, что $h=1162,4 < H=1200$ мм.

В полученной трапеции верхнее и нижнее основания являются хордами дуг, находящихся вверху и внизу строящейся развертки конуса.

Для проведения этих дуг необходимо сперва определить стрелку $4_1' - 4 = H_1$. Из () $4_1'$, как из центра, опишем \widehat{SB} радиусом, равным перпендикуляру, опущенному из нее на сторону $O_1 - O''$ (на рис. 231в слева и пересекающемуся с нею в () S ; эта дуга пересечется с линией $O_1 - O$ в () B . Разделив эту дугу пополам в () c , проведем через точку $4_1' - c$ прямую до пересечения со стороной трапеции в () T . Отрезок $T - O_1$ будет равен искомой стрелке H_1 , которую и откладываем от точки 4 вниз до точки 4 . Нужно заметить, что отрезок $T - O_1$ не равен отрезку $S - T$, причем разница между ними тем значительнее, чем больше стрелка дуги, а потому всегда нужно откладывать отрезок $O_1 - T$, а не $S - T$.

После нахождения стрелки мы имеем три точки, определяющие положение искомой дуги $O_1 - 4 - O_1$. Для получения следующих точек необходимо верхнее и нижнее основания трапеции разделить на равные части (на рисунке — восемь) и через полученные точки $1''$ и $1_1'$, $2''$ и $2_1'$ и т. д. провести прямые, являющиеся образующими конуса. Затем от точки $1_1'$ отложить вниз длину, равную $\frac{7}{16} H_1$, от точки $2_1' - \frac{12}{16} H_1$, а от точки $3_1' - \frac{15}{16} H_1$.

Через полученные точки $1, 2, 3, 4$ и т. д. проводим плавную кривую $O_1 - 4 - O_1$, на которой от точки 4 вправо и влево откладываем по половине длины окружности нижнего основания, т. е. по $\frac{\pi D}{2}$, и получаем точки O и O на кривой $O_1 - 4 - O_1$.

Для проведения верхней дуги развертки откладываем шаг-ген-циркулем на линии $1 - 1''$ от точки 1 длину образующей конуса $O - O''$. Точно такие же длины откладываем и на остальных линиях $2 - 2'', 3 - 3''$ и т. д. Через полученные точки $1' - 2' - 3'$ и т. д. проводим кривую $O'' - 4' - O''$, на которой от точки $4'$ вправо и влево откладываем по половине длины окружности верхнего основания, т. е. по $\frac{\pi d}{2}$, и получаем точки O' и O' на кривой $O'' - 4' - O''$. Проведя через точки O и O' и O_1 и O'' прямые, найдем искомую развертку конуса. Теперь мы видим, что линии $O - O'$ не совпадают с линиями $O_1 - O''$ (линии $O - O'$ проведены толще) и таким образом развертка конуса получается короче трапеции.

Пример 3. Другой американский способ заключается в следующем (рис. 232).

Построив трапецию $ABCD$ как было указано в примере 2-м, восстанавливаем из середины линии CD перпендикуляр EF . Проведя затем произвольную линию, параллельную EF на расстоянии, меньшем половины CD , а затем вторую, параллельную BD , и на таком же от нее расстоянии, найдем точку I , равноудаленную от EF и BD ; для проверки очерчиваем круг, приняв за радиус то же самое, взятое выше расстояние ($\frac{1}{2} CD$), который должен коснуться обеих линий EF и BD .

Если теперь из точки I , как из центра, радиусом ID засечь прямую EF (в точке E) и из той же точки I радиусом IB также засечь EF (в точке F), то точки E и F будут лежать — соответственно — на нижней и верхней дугах искомой развертки.

Чтобы найти еще ряд точек искомых дуг, делим линии AB и CD на равное число частей (на рис. 232 — на 8, из которых показаны только 4, на левой стороне рисунка) и проводим радиальные линии. Таким же методом, какой мы применяли выше, находим точки $2, 3, 4$ и 5 — равноудаленные от смежных к ним радиальных линий, а последние засекаем дужками, аналогично тому, как мы это делали для нахождения E и F , и находим точки $2'', 3'', 4''$ и $2', 3', 4'$ (для этого из точки 5 засекаем дужки ради-

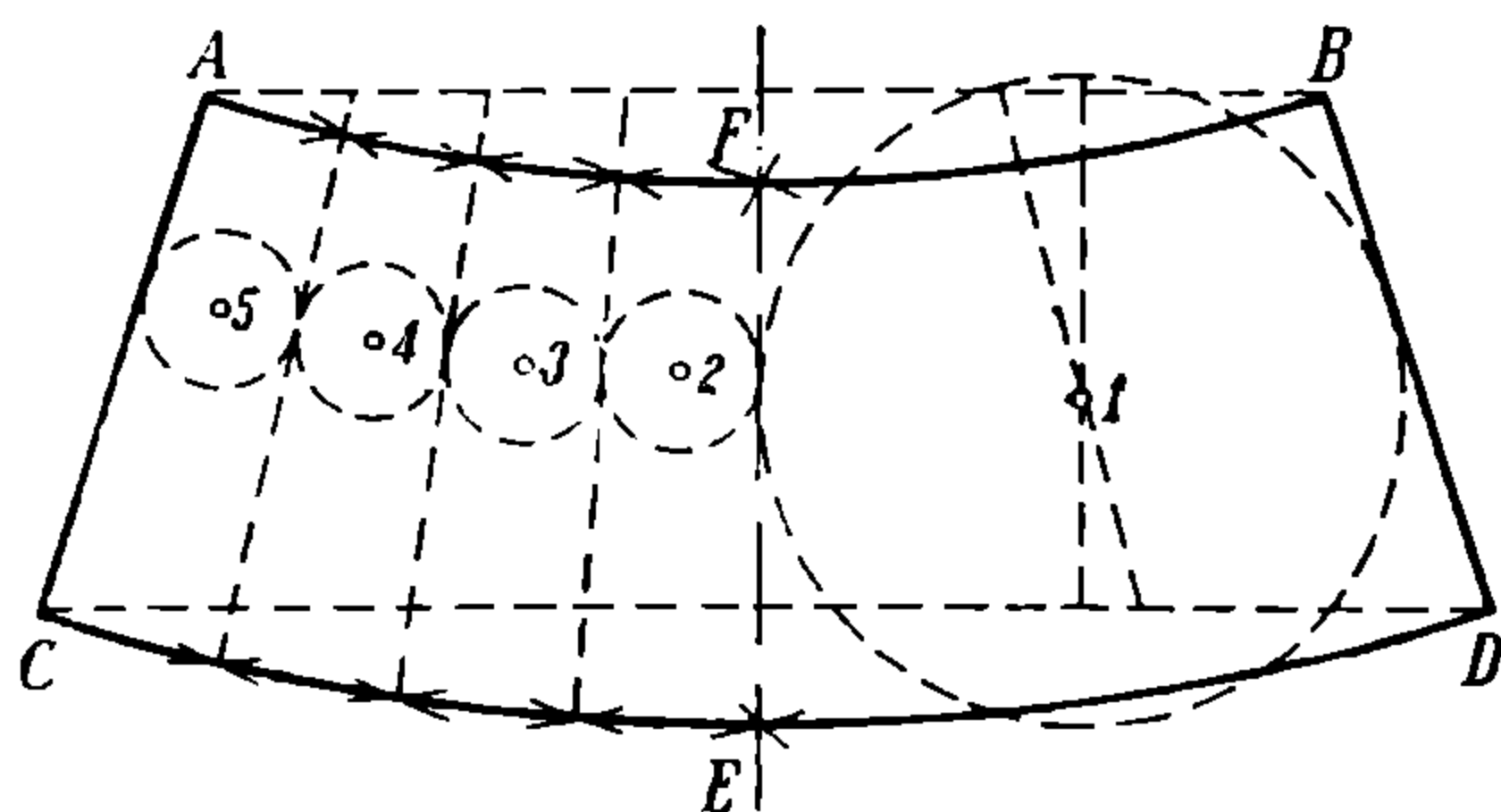


Рис. 232.

Если теперь из точки I , как из центра, радиусом ID засечь прямую EF (в точке E) и из той же точки I радиусом IB также засечь EF (в точке F), то точки E и F будут лежать — соответственно — на нижней и верхней дугах искомой развертки.

Чтобы найти еще ряд точек искомых дуг, делим линии AB и CD на равное число частей (на рис. 232 — на 8, из которых показаны только 4, на левой стороне рисунка) и проводим радиальные линии. Таким же методом, какой мы применяли выше, находим точки $2, 3, 4$ и 5 — равноудаленные от смежных к ним радиальных линий, а последние засекаем дужками, аналогично тому, как мы это делали для нахождения E и F , и находим точки $2'', 3'', 4''$ и $2', 3', 4'$ (для этого из точки 5 засекаем дужки ради-

усами $5A$ и $5C$; из точки 4 — радиусами $44'$ и $44''$ и т. д.). Соедини полученные точки $A, 4'', 3'', 2'', F \dots$ и $C, 4', 3', 2', E$ плавными линиями, получим верхнее и нижнее очертания развертки, на которых надо отложить от точек E и F по обе стороны по половине длины соответствующей окружности основания конуса.

Нетрудно заметить, что, пользуясь этим методом, можно еще более упростить построение и свести его к следующему.

Если к трапеции, изображающей боковой вид усеченного конуса, причертить с обеих сторон еще по такой же трапеции (рис. 233), то получим, в очень грубом приближении, развертку нашего конуса, так как верхняя и нижняя ломаные линии будут иметь длину соответственно $3D$ и $3d$, тогда как окружности оснований усеченного конуса имеют длины $\pi D = 3,14D$ и $\pi d = 3,14d$.

Поэтому если на такой фигуре внутри каждой из составляющих ее трапеций мы сделаем построения, только что описанные, то найдем 2 ряда дополнительных точек, определяющих более точные очертания развертки.

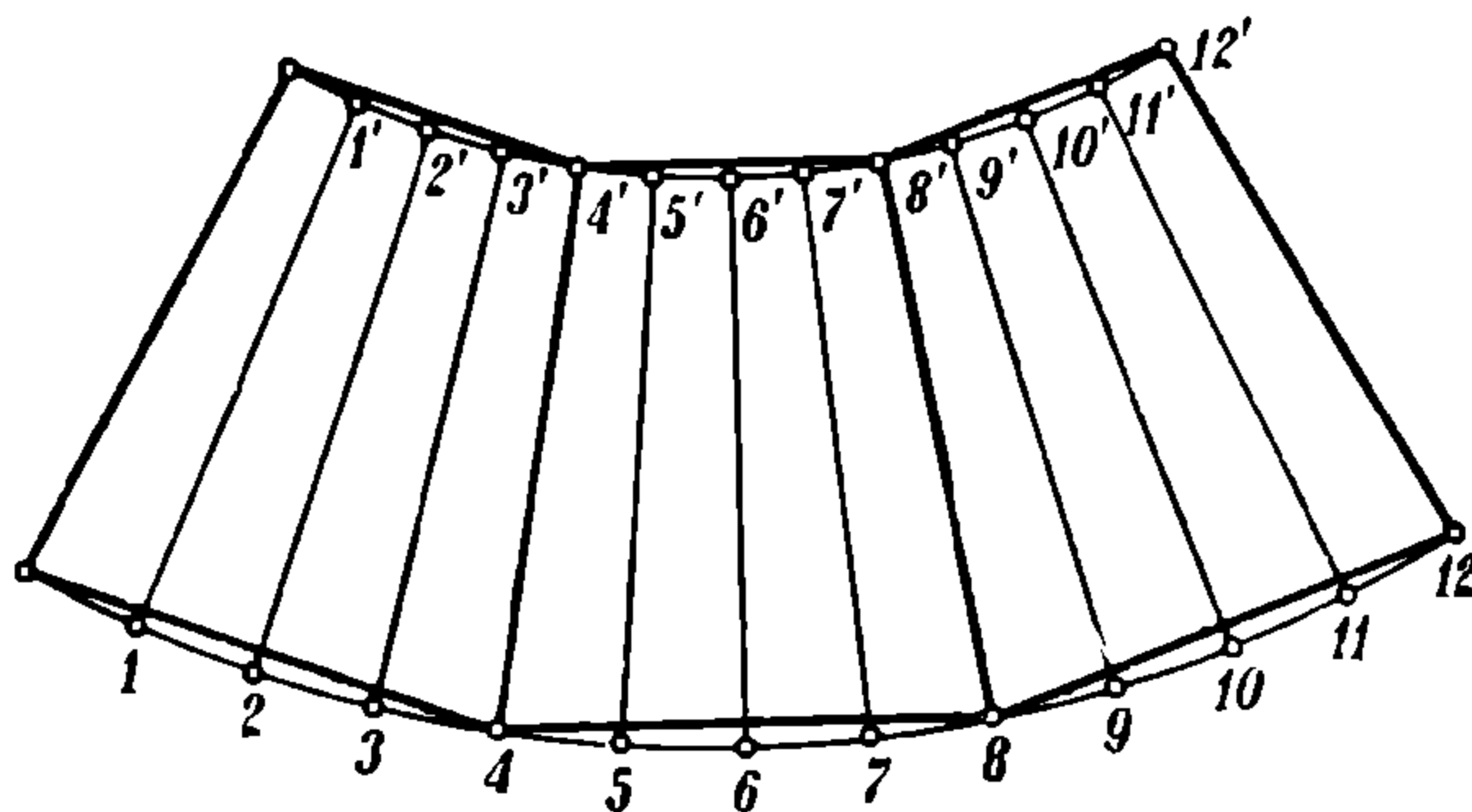


Рис. 233

Усеченные конусы с весьма слабой коничностью, т. е. с очень удаленной вершиной, могут быть развертываемы еще следующим простым приемом.

Пример 4. Пусть рис. 234а представляет собою боковой вид усеченного конуса, подлежащего развертке.

Проведя на месте разбивки осевую линию $A'K$ (рис. 234), откладывают на ней высоту AB конуса и получают точки A' и B' , через

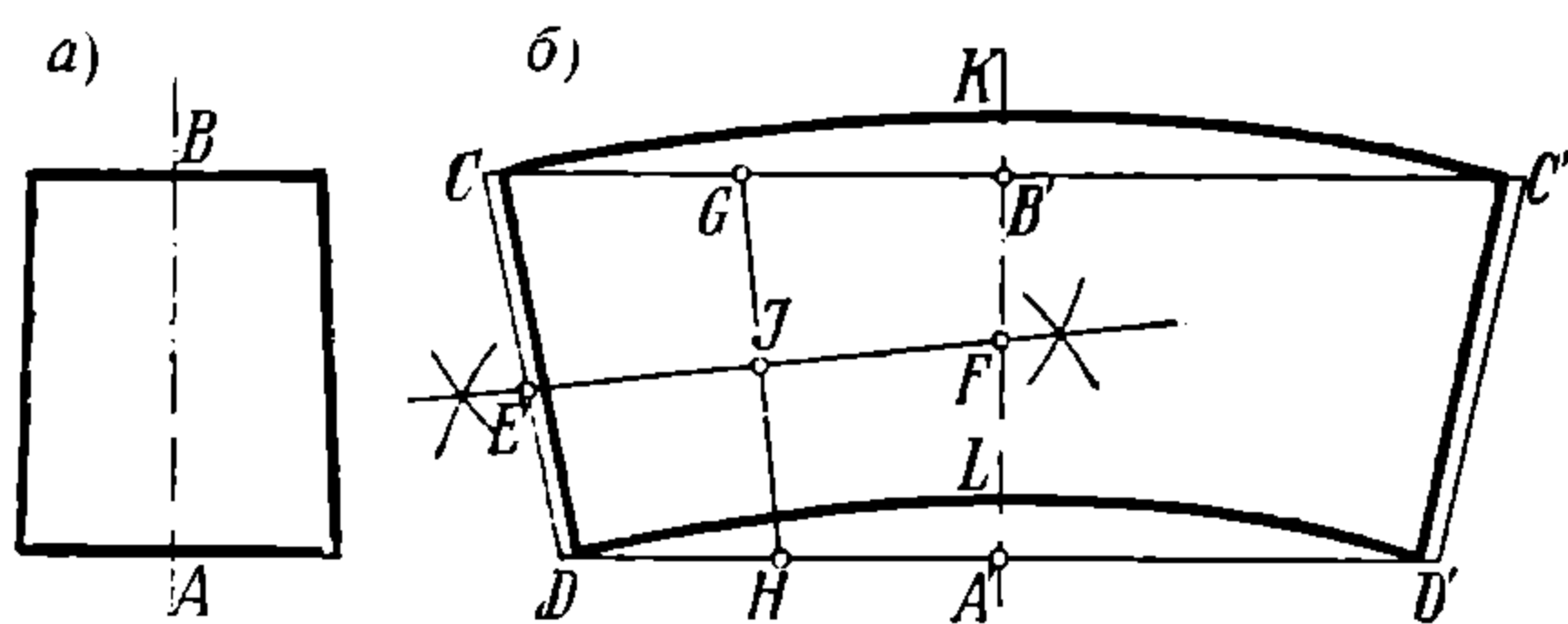


Рис. 234.

которые проводят перпендикуляры к $A'K$ и откладывают на последних в обе стороны от A' и B' по половине окружностей соответствующих оснований конуса. Соединив () C с D и C' с D' , получим очертание основной трапеции. Отрезки CB' и DA' делят затем пополам и серединные точки G и H соединяют

прямую GH , которую в свою очередь делят пополам в точке J , а через нее проводят $EF \perp GH$ и получают пересечения этого перпендикуляра с линией CD в () E , а с линией $A'B'$ в () F . От () F откладывают вверх отрезок $FK = CE$ и вниз $FL = ED$. Остается построить дуги круга $DL D'$ и $CK C'$ — одним из способов, описанных на предыдущих страницах, и отложить на них, при помощи мерительного колеса, от точек K и L в обе стороны по $1/2$ окружности соответствующего основания конуса.

Для полноты изложения дадим еще один способ непосредственного графического получения развертки усеченного конуса с недоступной вершиной.

Пример 5. На боковом виде усеченного конуса (рис. 235а) проводят через () C линию $CE \parallel AD$ и находят () E . Приняв $\triangle CEB$ за боковой вид конуса, подобного тому, какой нам надлежит развернуть, строим его развертку, которая, согласно изложенному выше, представится в виде сектора $C'B'B''$ (фиг. б), с образующею (радиусом развертки) $B'C' = BC$ (фиг. а) и $\widehat{B'B''} = EB\pi$ (EB — диаметр основания конуса).

На стороне сектора $B'C'$ наносят: $\frac{1}{2} EB$ и находят () H и $\frac{1}{2} AB$ и находят () J . Затем в точках B' и B'' восстанавливают перпендикуляры к сторонам сектора $B'C'$ и $B''C'$, которые пересекутся в () F . Соединив () H с () F и проведя через J прямую, ей параллельную, мы найдем () G , в которой эта параллель пересечет продолжение линии $B'F$.

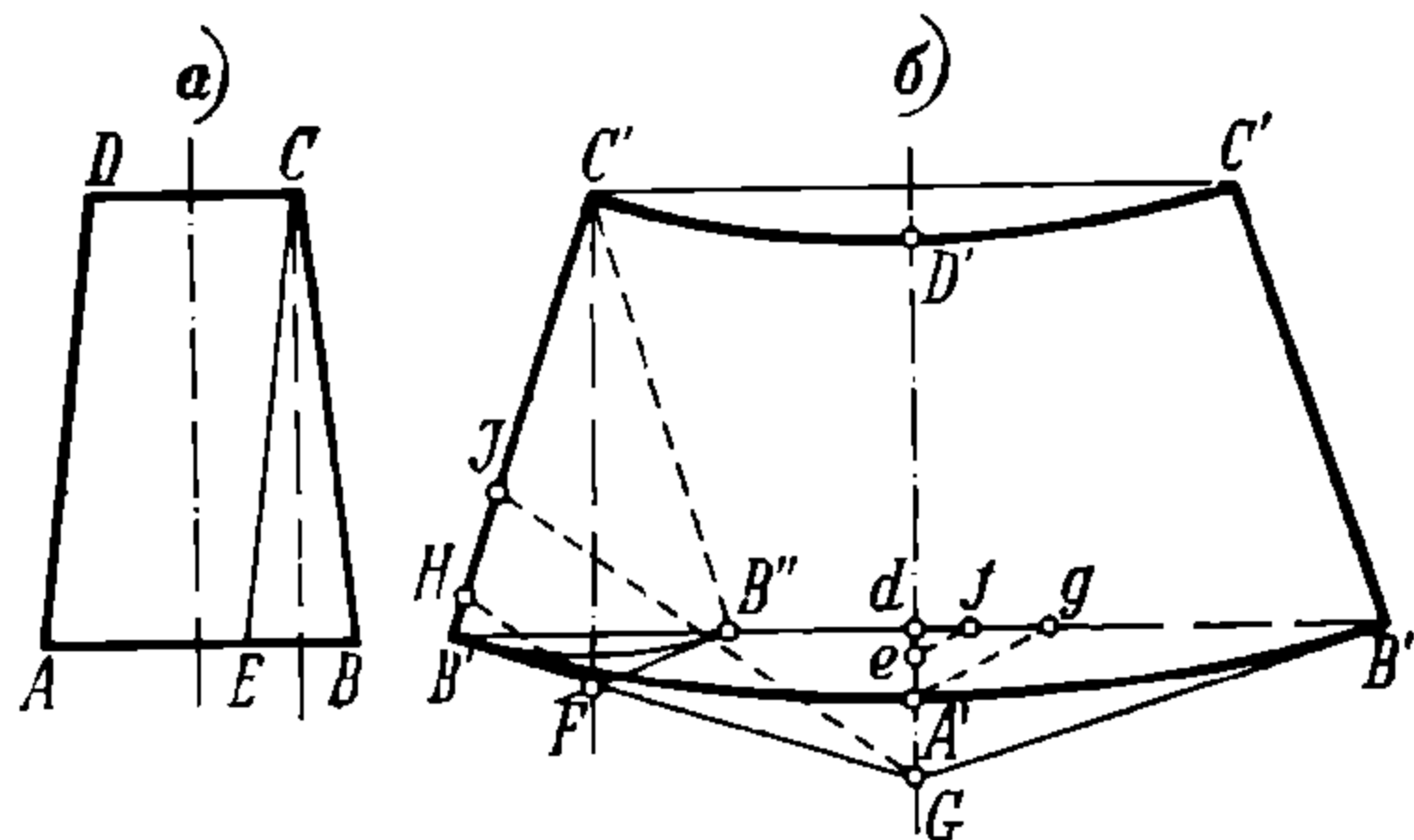


Рис. 235.

Если теперь продолжить хорду $B'B''$ нашего сектора и опустить на нее перпендикуляр из () G , отложив от () d вправо по хорде расстояние dB' , то мы найдем отрезок $B'B'$, который представит собою искомую истинную длину большей хорды развертки усеченного конуса. Если далее вновь полученную () B' соединить с () G и из () B' восстановить

к GB' перпендикуляр, то, отложив на нем $C'B' = CB$, получим вторую непараллельную сторону основной трапеции нашей развертки. Чтобы получить теперь еще хотя бы по одной точке для построения дуг искомой развертки, откладываем от () d по хорде $B'B'$ вправо: $df = \frac{1}{2} B$ и $dg = \frac{1}{2} AB$, а по dg — отрезок de , равный стрелке вспомогательной развертки. Соединив () e с () f и проведя через () g параллель к ef , найдем () A' , которая принадлежит нижней дуге очертания искомой развертки. Если, наконец, на продолжении линии dG от () A' отложить $A'D' = AD$ (фиг. а), то мы найдем и стрелку верхней дуги развертки. Остается по трем точкам построить каждую из дуг.

Построение разверток конусов с помощью номограмм. Выше-описанные графические способы построения разверток только приближительны. Для точных же работ приходится прибегать к вычислениям и точному построению разверток по вычисленным длинам хорд и стрелок дуг. Чтобы облегчить себе эту работу, весьма целесообразно пользоваться одним из следующих способов отыскания их по номограммам.

Номограмма 1. В судостроительных и особенно жестяницких цехах американских заводов, где приходится делать большое число разверток конусов, охотно прибегают для этой цели к номограмме, изображенной на рис. 236¹⁾.

Чтобы построить развертку конуса, изображенного на рис. 237а, надо знать прежде всего $\angle \alpha$, для нахождения которого поступают следующим образом. На оси ординат нижней диаграммы отсчитывают величину e

¹⁾ См. Laying out for boiler makers, 4-th. ed., стр. 36, 1924.

(согласно рис. 236) и следуют от нее по горизонтали до встречи кривой, отвечающей данному значению l , которое отсчитывается по оси абсцисс нижней диаграммы. Точка их пересечения (при $e = 800$ и $l = 1400$) отмечена на диаграмме кружком, идя от которого вверх по вертикали, определим величину $\angle \alpha$ (для нашего примера $\alpha = 180^\circ$).

Чтобы найти далее величины хорды S и стрелки H (рис. 2376), надо продолжить ту же вертикаль до встречи с кривыми значений h и s , построенными в верхней части диаграммы. Для нашего числового примера (при $\alpha = 180^\circ$) получаем $h = 2$ и $s = 4$, а значения H и S получаются умножением h и s на r , т. е. $H = h \cdot r$ и $S = s \cdot r$.

Зная H , S и L , мы имеем все данные для построения искомой развертки конуса с доступной вершиной.

Чтобы построить эту номограмму (рис. 236), выполним предварительно следующее:

Известное нам соотношение

$$\frac{360}{\alpha} = \frac{2\pi R}{2\pi r} = \frac{R}{r} \quad (1)$$

преобразуем следующим образом.

Прибавив к обеим частям этого равенства и вычтя из них по единице, получим уравнения:

$$\frac{360 - \alpha}{\alpha} = \frac{R - r}{r} \quad \text{и} \quad \frac{360 + \alpha}{\alpha} = \frac{R + r}{r}.$$

Перемножив эти равенства, найдем:

$$\frac{(360)^2 - \alpha^2}{\alpha^2} = \frac{R^2 - r^2}{r^2}$$

или обратно:

$$\frac{\alpha}{\sqrt{(360)^2 - \alpha^2}} = \frac{r}{\sqrt{R^2 - r^2}}.$$

Обозначим

$$\frac{\alpha}{\sqrt{(360)^2 - \alpha^2}} = m. \quad (2)$$

Далее, из рис. 237 имеем:

$$R - H = R \cos \frac{\alpha}{2},$$

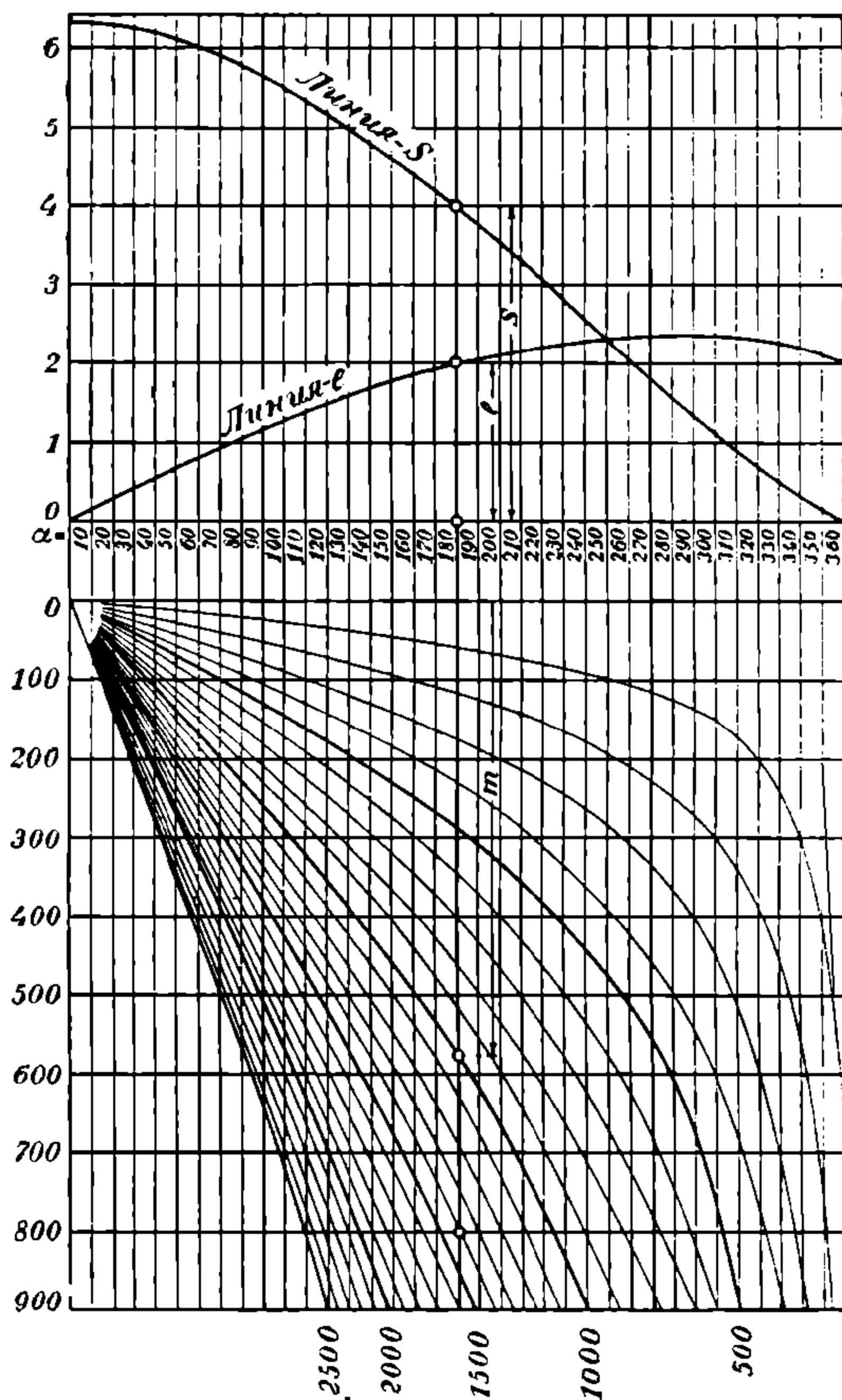


Рис. 236.

откуда

$$H = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right);$$

но так как из уравнения (1)

$$R = \frac{360}{\alpha} r,$$

то, подставляя, находим:

$$\frac{H}{r} = \frac{360}{\alpha} \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = h. \quad (3)$$

Наконец, из того же рис. 237 имеем

$$\frac{S}{2} = R \sin \frac{\alpha}{2} \text{ или } \frac{S}{2R} = \sin \frac{\alpha}{2} \quad (a)$$

С другой стороны, так как $\frac{360}{\alpha} = \frac{R}{r}$ или

$$2 \frac{R}{r} = \frac{2 \cdot 360}{\alpha}, \quad (б)$$

то, перемножая (a) на (б), находим:

$$\frac{S}{2r} = \frac{720}{\alpha} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = s. \quad (4)$$

По этим трем формулам легко вычислить значения m , h и s в зависимости от разных значений α , а по ним уже, как мы видели выше, найти H , S и все остальные.

Значения эти для $\alpha = 0^\circ$ до $\alpha = 360^\circ$ приводятся в следующей таблице:

	m		h		m	s	h
0	0	6,283	0				
10	27,79	6,275	0,1372	190	621,40	3,78	2,06
20	55,64	6,25	0,27	200	668,10	3,54	2,11
30	83,62	6,21	0,41	210	718,20	3,31	2,16
40	111,85	6,16	0,54	220	772,00	3,07	2,20
50	140,25	6,09	0,67	230	829,40	2,84	2,23
60	169,05	6,00	0,80	240	894,40	2,60	2,25
70	198,20	5,90	0,93	250	965,10	2,35	2,27
80	227,90	5,78	1,05	260	1036,50	2,12	2,27
90	258,19	5,66	1,17	270	1133,10	1,89	2,28
100	298,15	5,51	1,29	280	1237,50	1,65	2,27
110	320,90	5,36	1,40	290	1359,50	1,42	2,25
120	353,55	5,20	1,50	300	1507,50	1,20	2,24
130	387,24	5,02	1,60	310	1693,30	0,98	2,21
140	422,12	4,83	1,69	320	1940,00	0,77	2,18
150	458,34	4,64	1,78	330	2293,60	0,56	2,14
160	496,13	4,43	1,86	340	2873,60	0,35	2,10
170	535,72	4,22	1,93	350	4163,00	0,16	2,05
180	577,30	4,00	2,00	360	∞	0	2,00

При помощи этой таблицы нетрудно построить диаграмму, изображенную на рис. 236. Для этого надо прежде всего задаться размерами конусов, встречающихся при разметке в данной мастерской и характеризующихся значениями e и h (рис. 237). По оси ординат откладывают вниз значения e , а ось абсцисс верхней части диаграммы разбивают на 360 делений для отсчета углов α . Построение верхней части диаграммы по формулам (2) и (3) не требует пояснений. Что же касается нижней половины диаграммы (значения m), то нужно заметить, что так как значения m зависят только от величины r и R , то для значений m мы получим по формуле (1) одну кривую для выбранной высоты конуса h . Чтобы получить кривые m для конусов с другими высотами, при том же $\angle \alpha$, можно разделить ординаты m на равное число частей, например на 10, и экстраполировать эти деления ниже, для больших высот. Тогда получим ряд кривых, асимптотически приближающихся к ординате, соответствующей $\angle \alpha = 360^\circ$, и отсекающих на оси абсцисс соответствующие высоты конусов. Таким образом, чтобы определить $\angle \alpha$ для данного конуса, находим на диаграмме значение e и проводим горизонтальную линию до пересечения с кривой, соответствующей высоте данного конуса. Если теперь через точку пересечения провести вертикаль, то встреча ее с линией $\angle \alpha$ укажет его величину.

Номограмма 2. В общем курсе „Котельного дела“ (изд. 1929 г.) составителем настоящей книги была предложена для той же цели номограмма из выравненных точек с одной наклонной шкалой (рис. 238).

В соответствии с рис. 238 примем следующие обозначения:

D_1 — внутренний диаметр конического звена по центральной линии верхнего ряда заклепок;

d_1 — диаметр по нейтральному слою;

D — внутренний диаметр конического звена по центральной линии нижнего ряда заклепок;

d — диаметр по нейтральному слою;

H — высота звена между плоскостями центральных линий поперечных заклепочных швов;

L — длина образующей конуса по нейтральному слою;

δ — толщина листа.

Тогда, при условии равенства звеньев:

$$D = D_1 + 2\delta,$$

что остается в силе и для нейтрального слоя, т. е. $\delta = \frac{d_2 - d_1}{2} = r - r_1$;

а так как $r - r_1 = e$, то $e = \delta$.

Из приведенных выше формул мы знаем, что

$$L = \sqrt{H^2 + e^2} = H \sqrt{1 + \left(\frac{e}{H}\right)^2} \quad (1)$$

и $R = L \frac{D}{2e}$; но так как $\delta = e$, то, подставляя L , получим:

$$R = 0,5 d \frac{H}{\delta} \sqrt{1 + \left(\frac{\delta}{H}\right)^2}$$

Так как $\frac{\delta}{H}$ очень мало, то можно принять:

$$\sqrt{1 + \left(\frac{\delta}{H}\right)^2} = 1$$

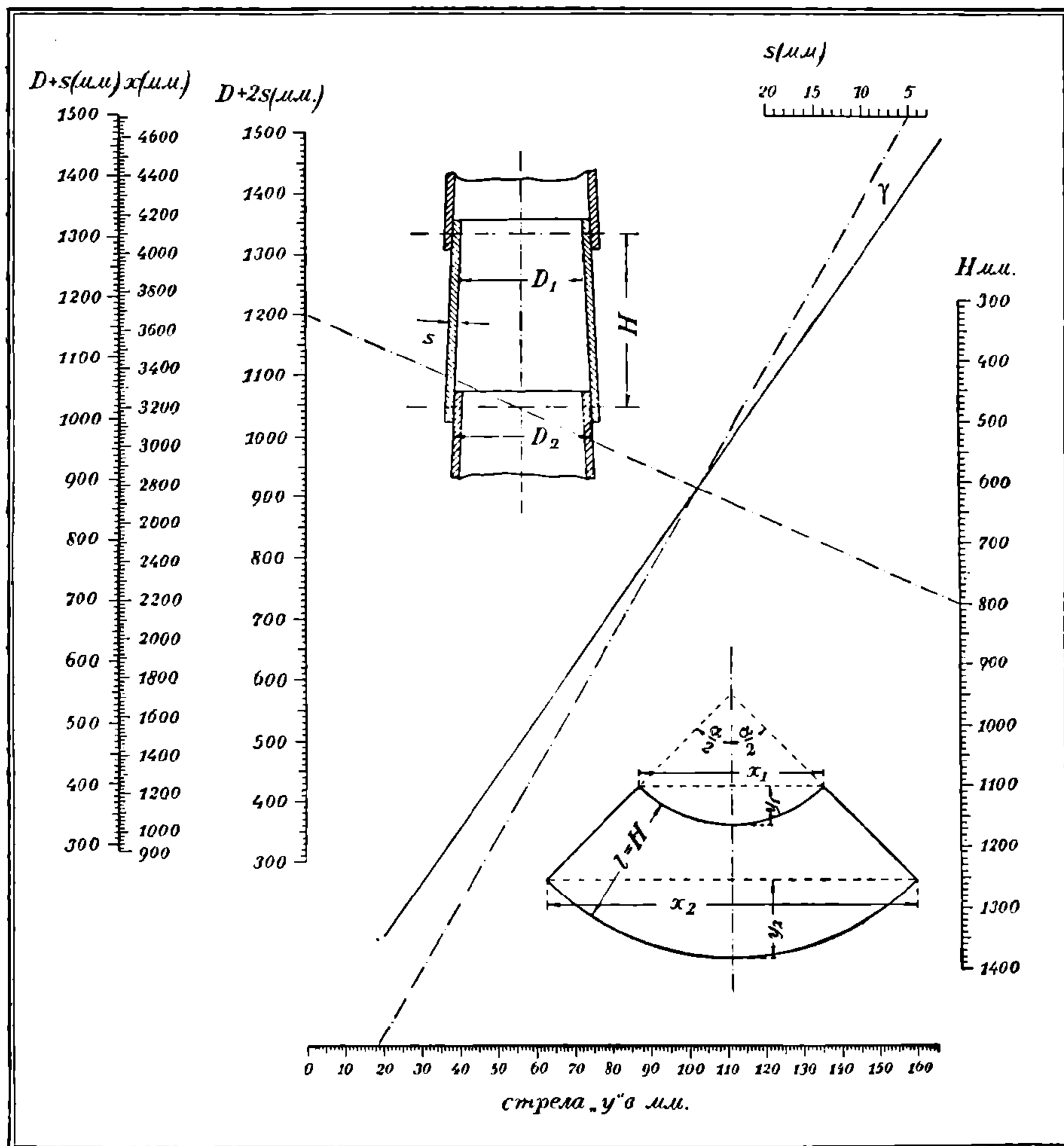


Рис. 238.

и следовательно

$$R = \frac{d \cdot h}{2\delta}$$

Учитывая пластические свойства материала, можно для длины дуг раз-
вертки конического звена написать:

$$\begin{aligned} \text{для верхней центральной окружности } S_1 &= \pi (D_1 + s), \\ \text{для нижней } S_2 &= \pi (D_2 + s). \end{aligned}$$

Величина центрального угла кольцевого сектора развертки $\alpha = \frac{S_1}{R}$, где S_1 — длина дуги, отвечающей радиусу R и углу α .

Или, в результате подстановки:

$$\alpha = \frac{\pi(D_1 + s) \cdot 2S}{D_1 H} = 2\pi \frac{S}{H} \left(1 + \frac{s}{D_1} \right),$$

$$\frac{\alpha}{2} = \pi \frac{S}{H} \left(1 + \frac{s}{D_1} \right).$$

Для определения длины хорды x_1 можно написать:

$$\frac{x_1}{2} = R \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D_1}{2} \cdot \frac{H}{S} \sin \left[\pi \frac{S}{H} \left(1 + \frac{s}{D_1} \right) \right]$$

а так как $\frac{R}{\frac{D_1}{2}} = \frac{H}{S}$, то

$$x_1 = D_1 \frac{H}{S} \sin \left[\pi \frac{S}{H} \left(1 + \frac{s}{D_1} \right) \right]$$

или

$$x_1 = D_1 \frac{\sin \left[\pi \frac{S}{H} \left(1 + \frac{s}{D} \right) \right]}{\frac{S}{H}}.$$

Для хорды x_2 можно написать аналогично:

$$\frac{x_2}{2} = (R + l) \sin \frac{\alpha}{2} = \left(\frac{D_1}{2} \cdot \frac{H}{S} + H \right) \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{H(D_1 + 2S)}{2S} \sin \frac{\alpha}{2}$$

или, принимая во внимание, что $D_1 = 2S = D$

$$x_2 = D \frac{\sin \left[\pi \frac{S}{H} \left(1 + \frac{s}{D_1} \right) \right]}{\frac{S}{H}}.$$

Выражение хорды x_1 после некоторых преобразований ¹⁾, может быть приведено к виду:

$$x_1 = \pi D_1 + \pi s = \pi(D_1 + s) \quad (3)$$

и соответственно:

$$x_2 = \pi(D + s). \quad (4)$$

Для стрелы y_1 можно написать

$$y_1 = R - R \cos \frac{\alpha}{2} = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

¹⁾ Подробнее см. Грейнер, Котельное дело, ч. I, 1929, стр. 104—105.

В результате ряда преобразований выражение для определения стрелы y_1 принимает вид:

$$y_1 = \frac{\pi^2}{4} (D_1 + 2s) \frac{s}{H} = 2,47 (D_1 + 2s) \frac{s}{H} \quad (5)$$

Равным образом для стрелы y_2 можно написать:

$$y_2 = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{s}{H} (D_1 + 2s) = 2,47 (D_1 + 2s) \frac{s}{H}. \quad (6)$$

Решения уравнений (3), (4), (5) и (6) представлены прилагаемой номограммой.

Так, для определения по формулам (3) и (4) длины хорды слева построена двусторонняя шкала с отношением масштабов, равным π .

Для определения стрелы y построена номограмма из выравненных точек. Для этого уравнение

$$y = 2,47 (D + 2s) \frac{s}{H}$$

разбито на два уравнения введением нового фактора:

$$\gamma = \frac{y}{2,47 s} = \frac{D + 2s}{H},$$

откуда

$$H \gamma - (D + 2s) = 0,$$

$$2,47 s \gamma - y = 0.$$

Каждое из этих уравнений представлено номограммой из выравненных точек с одной наклонной шкалой (γ), причем номограммы совмещены таким образом, что шкала γ получилась общей. Масштабы шкал H ($D + 2s$) получились постоянными и равными, а масштабы для (s) и (y) — постоянными с отношением 2,47.

Пользование номограммой (рис. 238) таково: соединив точки, соответствующие данным значениям ($D + 2s$) и (H) прямою, отмечают точку пересечения ее с шарниром γ ; затем, через значение (s) и полученный шарнир проводят прямую до пересечения со шкалой (y), по которой и читают результат.

Эту номограмму каждый разметчик может построить себе сам следующим образом.

На листе плотного картона (или окрашенного белой краской железа) наносится прямоугольник $ABDC$ с диагональю BC (рис. 239), причем для возможности доста-

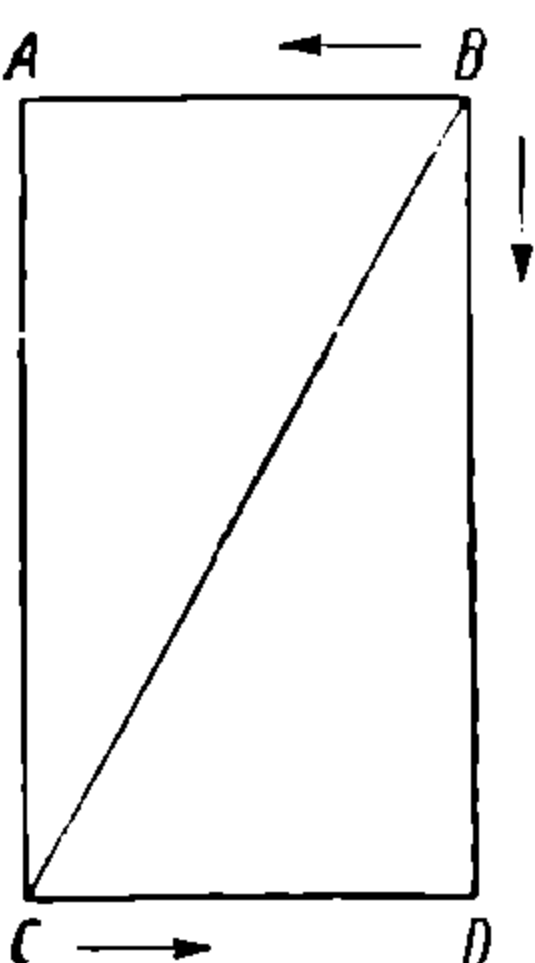


Рис. 239.

точно точных отсчетов и удобства нанесения делений следует брать $AC = BD = 1500 \text{ мм}$ и $AB = CD = 1000 \text{ мм}$, чтобы получить деления на шкалах AC и BD в натуральную величину, т. е. чтобы 1 мм на шкале равнялся 1 мм в натуре. Как указывалось выше, соотношение масштабов шкал для s (шкала BA) и для H (шкала CD) должно быть

$$\frac{\pi^2}{4} = 2,4664 \approx 2,47$$

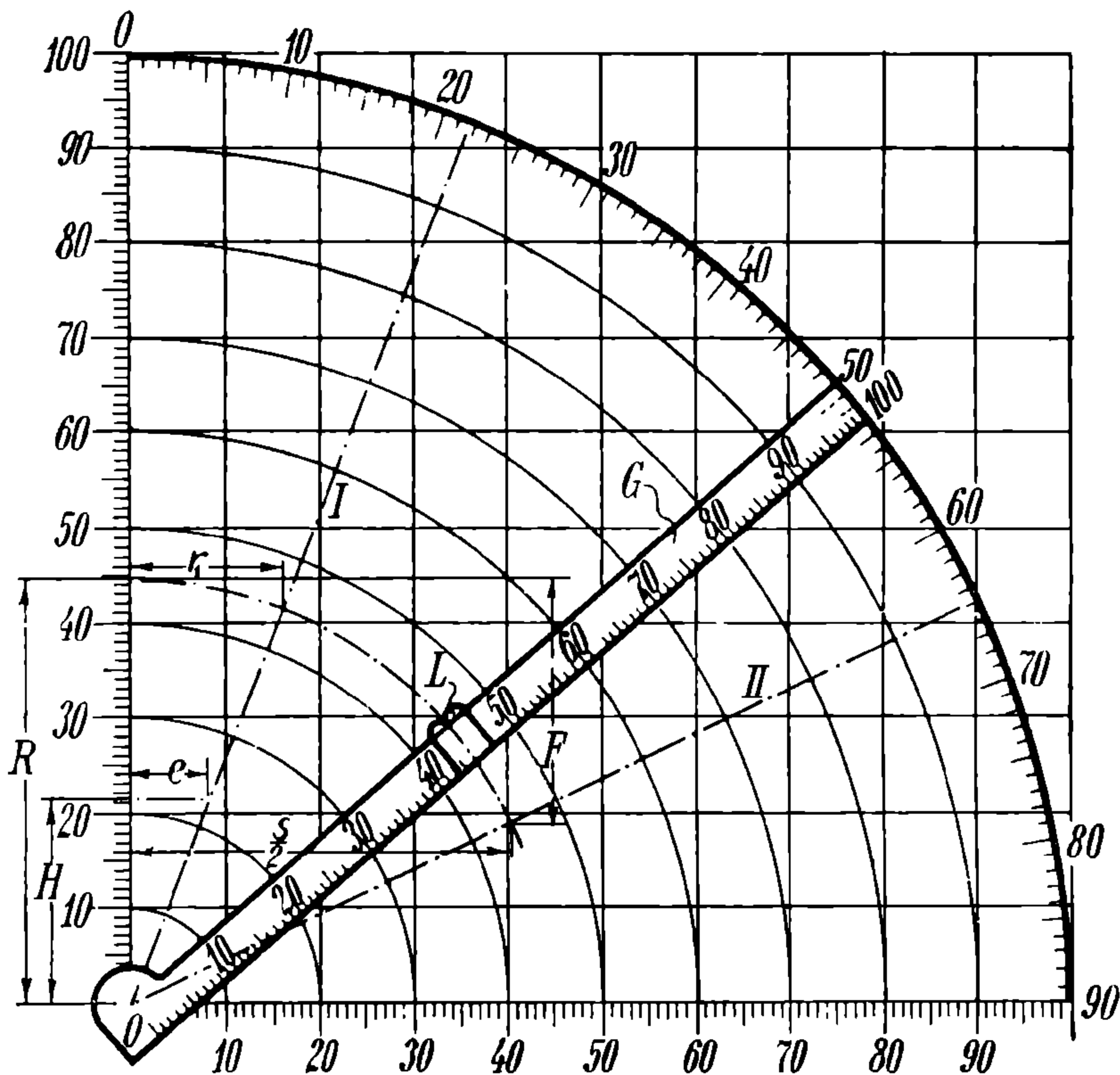
$$\left(6 \cdot \frac{\pi^2}{4} = 14,8\right) \text{ в натуральную величину.}$$


Рис. 240.

Установив масштабы шкал, приступают к их разбивке, которую ведут от нулевых значений, лежащих в точках B и C , по направлениям, указанным стрелками.

Диагональ BC , служащая шарниром, должна быть нанесена возможно тонкой линией.

Номограмма 3. Германским инженером Jaschke (Яшке) ¹⁾ предложена номограмма, которая удобно превращается в счетный прибор, изображенный на рис. 240 и который каждый легко может сам себе изготовить. Для этого берут квадратную пластину и вычерчивают на ней квадрат, две стороны которого разбиты на 100 делений каждая. Из O , как из центра, описывают четверть окружности радиусом, равным стороне квадрата, и делят ее на 90° . Независимо от этого, изготовляют радиальный скользящий G длиной, равной стороне квадрата, и с делениями, соответствующими ее

1) J. J a s c h k e, Die Bleichabwickelungen, 1925, стр. 61—62.

делениям; на этом скользяне укрепляется движок *L*. Скользун *G* получает ось вращения в точке *O*, на каковую он и насаживается (хотя бы при помощи булавки) и притом так, чтобы верхняя его кромка (без делений) в каждом положении скользяна проходила через центр вращения.

Пользуются описанным прибором следующим образом.

На вертикальной стороне квадрата отыскивают размер высоты *H*, на соответствующей горизонтальной линии находят *e*, для чего скользун *G* ставят в положение I, и передвигают движок *L*, пока он не достигнет такого положения, при котором на горизонтальной линии можно определить *r*₁; тогда разделенная кромка скользяна *G* укажет размер *R*. Когда на делении найден соответствующий размер, то подыскивают по приводимой ниже таблице в столбце *α* соответствующее число, по ней же находят в том же горизонтальном ряду значение *β* и вращают затем ползун до тех пор, пока он не установится на соответствующем делении, отвечающем $\angle \beta$.

Таким образом ползун займет положение II; теперь на горизонтальном делении можно отсчитать $\frac{s}{2}$ и *F*. Если затем передвинуть движок *L* на величину *H*, то получаются значения для $\frac{s}{2}$ и *f*.

Если конус составлен из 2, 3, 4 и т. д. листов, то ползун надо установить соответственно на углы $\frac{\beta}{2}$, $\frac{\beta}{3}$, $\frac{\beta}{4}$.

	β	Разница для 0,1°		β	Разница для 0,1°		β	Разница для 0,1°		β	Разница для 0,1°
1	3,150	0,3132	24	73,206	0,2862	47	131,652	0,2106	69	166,048	0,1098
2	6,282	0,3132	25	76,068	0,2844	48	133,758	0,2088	70	169,146	0,1044
3	9,414	0,3151	26	78,912	0,2808	49	135,846	0,2034	71	170,190	0,1008
4	12,565	0,3124	27	81,720	0,2790	50	137,880	0,1998	72	171,198	0,0936
5	15,689	0,3121	28	84,510	0,2754	51	139,878	0,1962	73	172,134	0,0900
6	18,810	0,3132	29	87,264	0,2736	52	141,840	0,1908	74	173,034	0,0828
7	21,942	0,3114	30	90,000	0,2700	53	143,748	0,1872	75	173,862	0,0792
8	25,056	0,3096	31	92,700	0,2682	54	145,620	0,1836	76	174,654	0,0738
9	28,152	0,3096	32	95,982	0,2646	55	147,456	0,1764	77	175,392	0,0666
10	31,248	0,3096	33	98,028	0,2638	56	149,220	0,1746	78	176,058	0,0630
11	34,344	0,3078	34	100,666	0,2582	57	150,966	0,1674	79	176,688	0,0576
12	37,422	0,3078	35	103,248	0,2556	58	152,640	0,1656	80	177,264	0,0522
13	40,500	0,3042	36	105,804	0,2520	59	154,296	0,1584	81	177,786	0,0468
14	43,542	0,3042	37	108,324	0,2502	60	155,880	0,1548	82	178,254	0,0396
15	46,584	0,3024	38	110,826	0,2448	61	157,428	0,1512	83	179,640	0,0360
16	49,608	0,3024	39	113,274	0,2430	62	158,940	0,1440	84	179,010	0,0306
17	52,632	0,3024	40	115,704	0,2394	63	160,380	0,1404	85	178,316	0,0252
18	55,620	0,2988	41	118,098	0,2340	64	161,784	0,1350	86	179,568	0,0180
19	58,608	0,2952	42	120,438	0,2322	65	163,134	0,1296	87	179,748	0,0144
20	61,560	0,2952	43	122,760	0,2286	66	164,430	0,1260	88	179,892	0,0072
21	64,512	0,2916	44	125,046	0,2232	67	165,690	0,1206	89	179,964	0,0036
22	67,428	0,2898	45	127,278	0,2196	68	166,866	0,1152	90	180,000
23	70,326	0,2880	46	129,474	0,2178						

Развертка косых круговых конусов. Построение разверток косоусеченных плоскостью прямых конусов, а также усеченных кривыми поверхностями, во многом сходно с развертками цилиндров, усеченных таким же образом. Развертка сводится к построению развертки сначала прямой части конуса, т. е. усеченного плоскостью, параллельной основанию, а затем — отложению на соответственных образующих отрезков, отсекаемых от них заданной секущей поверхностью. Конечно, и в этих случаях развертки конусов с доступной (находящейся в пределах чертежа на плазе) вершиной получаются гораздо легче и быстрее, чем при недоступной вершине.

Для примера ниже приводится несколько таких разверток без подробных объяснений, так как приводимые чертежи после всего сказанного достаточно ясно представляют весь ход построения.

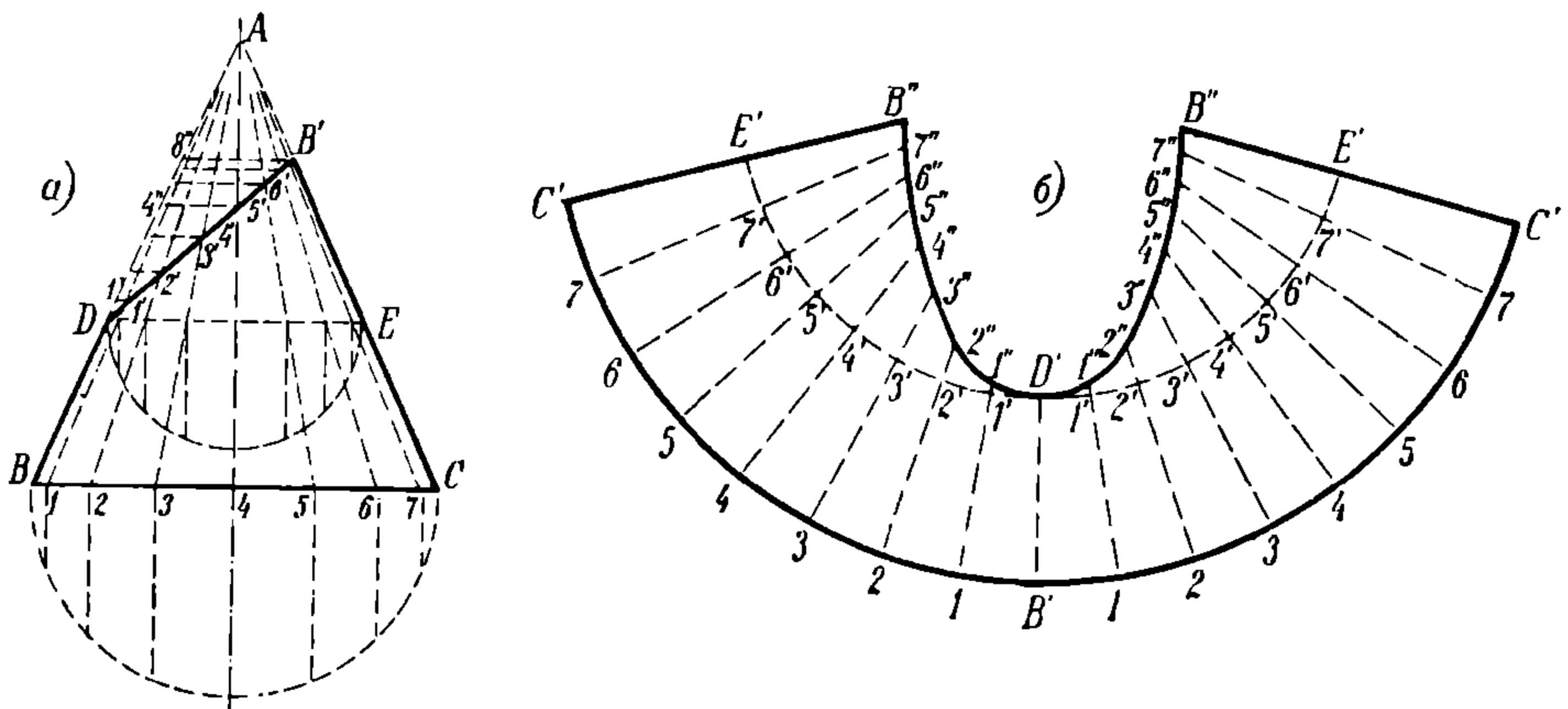


Рис. 241.

Пример 1. Развертка прямого кругового конуса, усеченного наклонной плоскостью, перпендикулярной к плоскости проекций.

Строят сначала развертку прямой части конуса (рис. 241а, на рис. 241б фигура $B'C'E'D'E'C'B'$); затем на диаметрах BC и DE (фиг. а) строят две полуокружности, которые делят на равные числа делений (на рисунке 8 делений) и проводят соответственные образующие, соединяя одноименные деления (1 с 1', 2 с 2' и т. д.). Так как образующая BD , будучи параллельна вертикальной плоскости проекции, имеет на чертеже истинную длину, то на нее сносим все точки пересечения остальных образующих с секущей плоскостью, чтобы получить истинные длины отсеченных от них отрезков ($D-1''$, $D-4''$, $D-8''$ и т. д.). Разделив затем на развертке прямого конуса каждую половину обеих дуг на такое же число частей (как и вспомогательные полуокружности, построенные на диаметрах DE и BC) и соединив одноименные точки, найдем положения образующих конуса на развертке.

Остается нанести вышенайденные отрезки $D-1'' \dots, D-4''$ и т. д. на одноименные образующие, чтобы, соединив полученные таким образом точки $1'', 2'', 3''$ и т. д. плавною кривою, получить искомую развертку.

Пример 2. Развертка прямого кругового конуса, усеченного цилиндрической поверхностью, образующая которой перпендикулярна к вертикальной плоскости проекций.

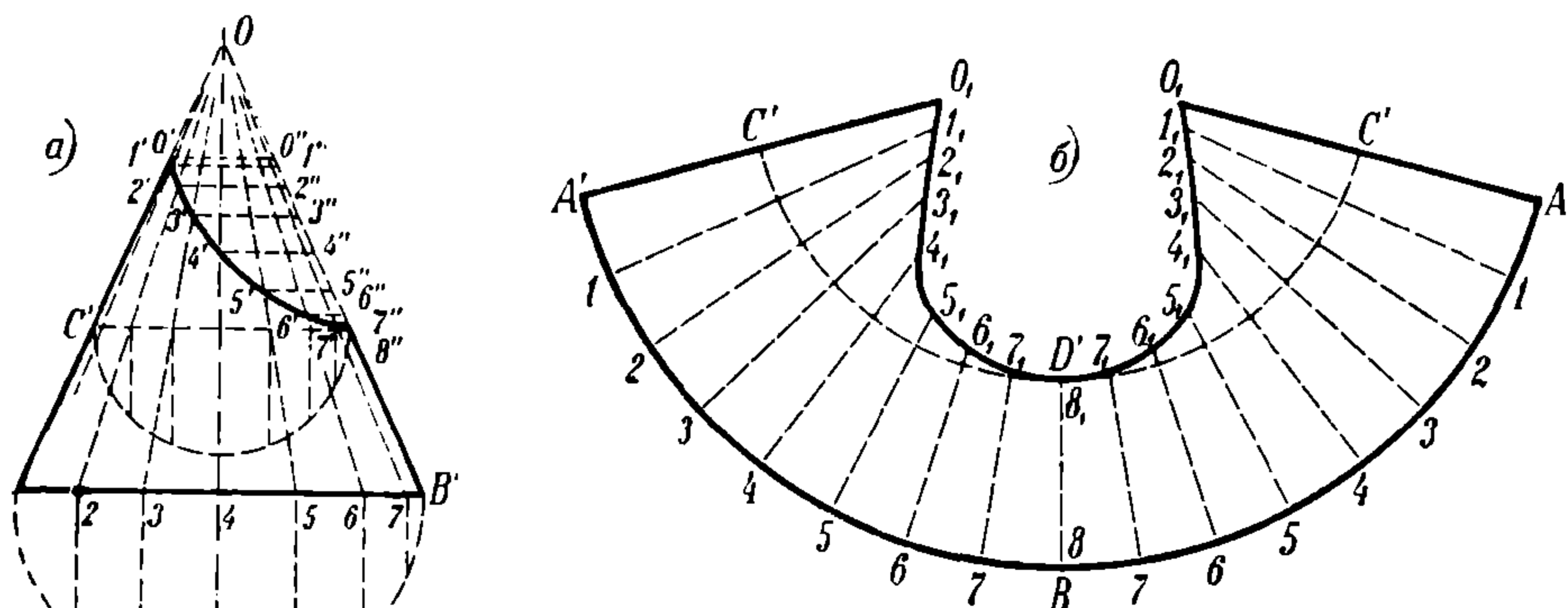


Рис. 242.

Этот случай разрешается аналогично предыдущему, и ход построений понятен из чертежа, не требуя каких-либо пояснений (рис. 242).

Пример 3. Развертка прямого эллиптического конуса.

Построение развертки прямого конуса, основанием которого является эллипс (рис. 243), совершается следующим приемом. Разбивают дугу каждого квадранта эллипса на одинаковое число равных частей. Так как конус прямой, то в центр эллипса будет проектироваться вершина конуса, и следовательно прямые $O-1$, $O-2$ и т. д. представляют собою горизонтальные проекции образующих конуса, а так как по методу триангуляции истинные длины этих образующих являются гипотенузами треугольников, одними из катетов которых являются эти проекции, а другими — высота конуса, то, совмещая отрезки $O-1$, $O-2$ и т. д. с плоскостью, параллельной верхней плоскости проекции на вертикальной проекции конуса получается ряд прямоугольных треугольников $SO'1'$, $SO'2'$ и т. д., гипотенузы которых $S-1'$, $S-2'$ и т. д. являются истинными длинами образующих конуса.

Затем на размечаемом листе выбирают какую-либо () S с таким расчетом, чтобы развертка удобно разместилась.

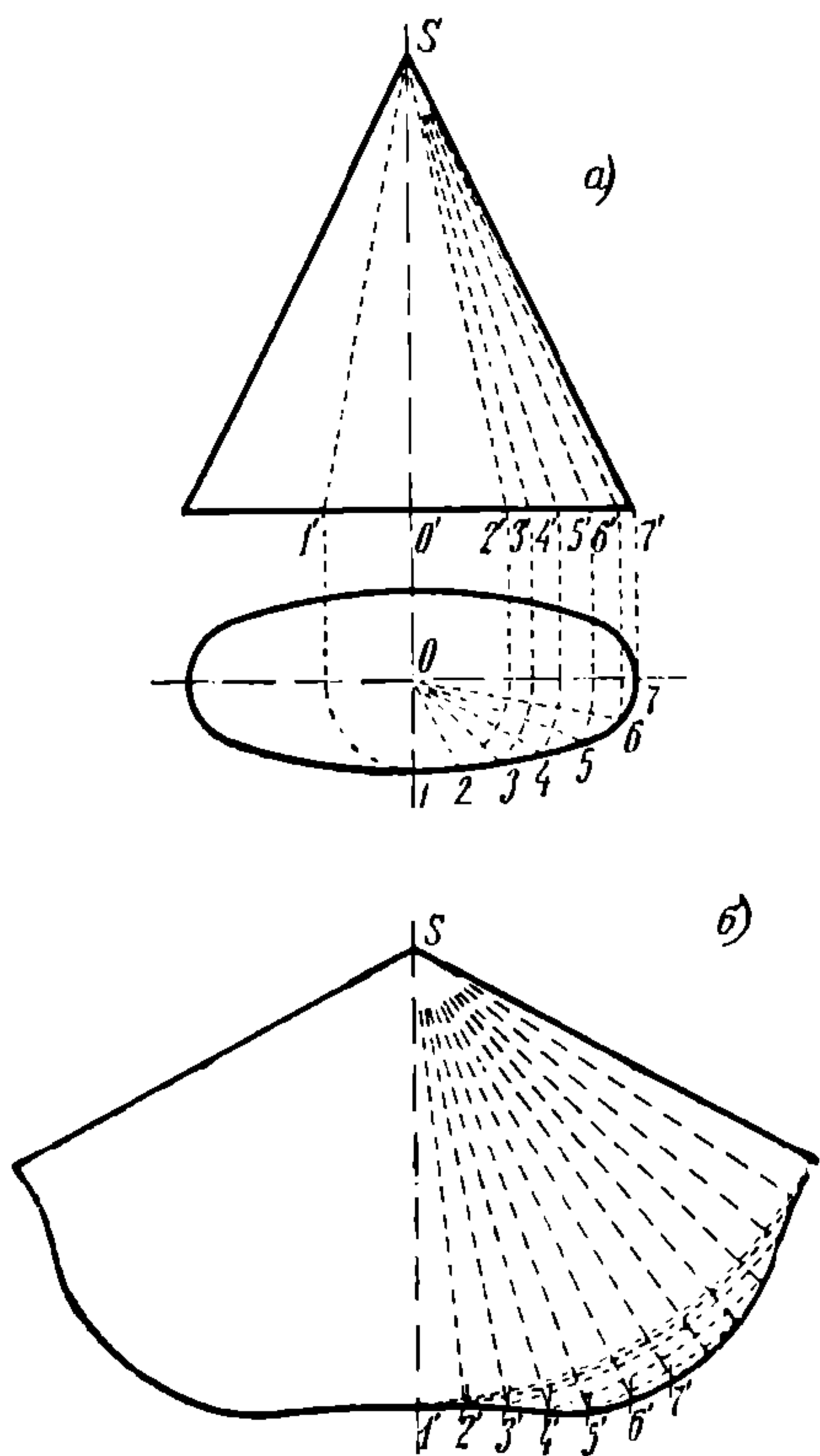


Рис. 243.

лась (фиг. б) и из () S , как из центра, описывают ряд concentric дуг, радиусами SI' , SI'' и т. д., взятыми с фиг. а. Наконец, точно измерив длину одного из делений периферии эллипса, его берут циркулем и, начиная от конца первой образующей SI' (точки I' фиг. б) засекают, шагая циркулем, ближайшие concentric дуги, получают ряд точек $1'$, $2'$, $3'$ и т. д., которые будут принадлежать очертанию развертки основанию нашего конуса, которое получается, если точки $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. соединить плавной кривой. На левой стороне развертки проделывается то же построение.

Пример 4. Развертка прямого эллиптического конуса, усеченного наклонной плоскостью, перпендикулярной к вертикальной плоскости проекции.

Если вершина конуса доступна (рис. 244), то, как и в предыдущих примерах, строится сначала развертка полного конуса и на ее образующих откладываются их отрезки, отсекаемые секущей плоскостью, считая от вершины конуса.

Если же вершина конуса недоступна, то конус рассекают вспомогательной плоскостью CD (рис. 244), дающей в сечении с конусом круг с диаметром, равным малой оси эллипса. После этого верхнюю часть конуса разворачивают как косоугольный конус, усеченный плоскостью, на развертке которого образующим придают истинные длины образующих заданного эллиптического конуса, находимые, как указывалось в примере 3, по методу триангуляции.

Здесь уместно отметить, что всякие развертки усеченных косоугольных конусов могут быть сведены к разверткам прямых, если косоугольный конус дополнить до прямого, проведя через конец наиболее длинной образующей плоскость, перпендикулярную к геометрической оси конуса, но косоугольный конус превращается в этом случае в прямой эллиптический, развертка которого строится приемами, указанными в примере 3.

Пример 5. Развертка косоугольного конуса с осью, параллельной вертикальной плоскости проекций, усеченного плоскостью, перпендикулярной к верхней плоскости проекций (рис. 245).

Если провести дополнительную плоскость EB , перпендикулярную к оси OO' и к вертикальной плоскости проекций, то задача сведется к предыдущей, т. е. к развертке прямого эллиптического конуса $S'EB$, с основанием EB , и усеченного плоскостью CD , перпендикулярной к вертикальной плоскости

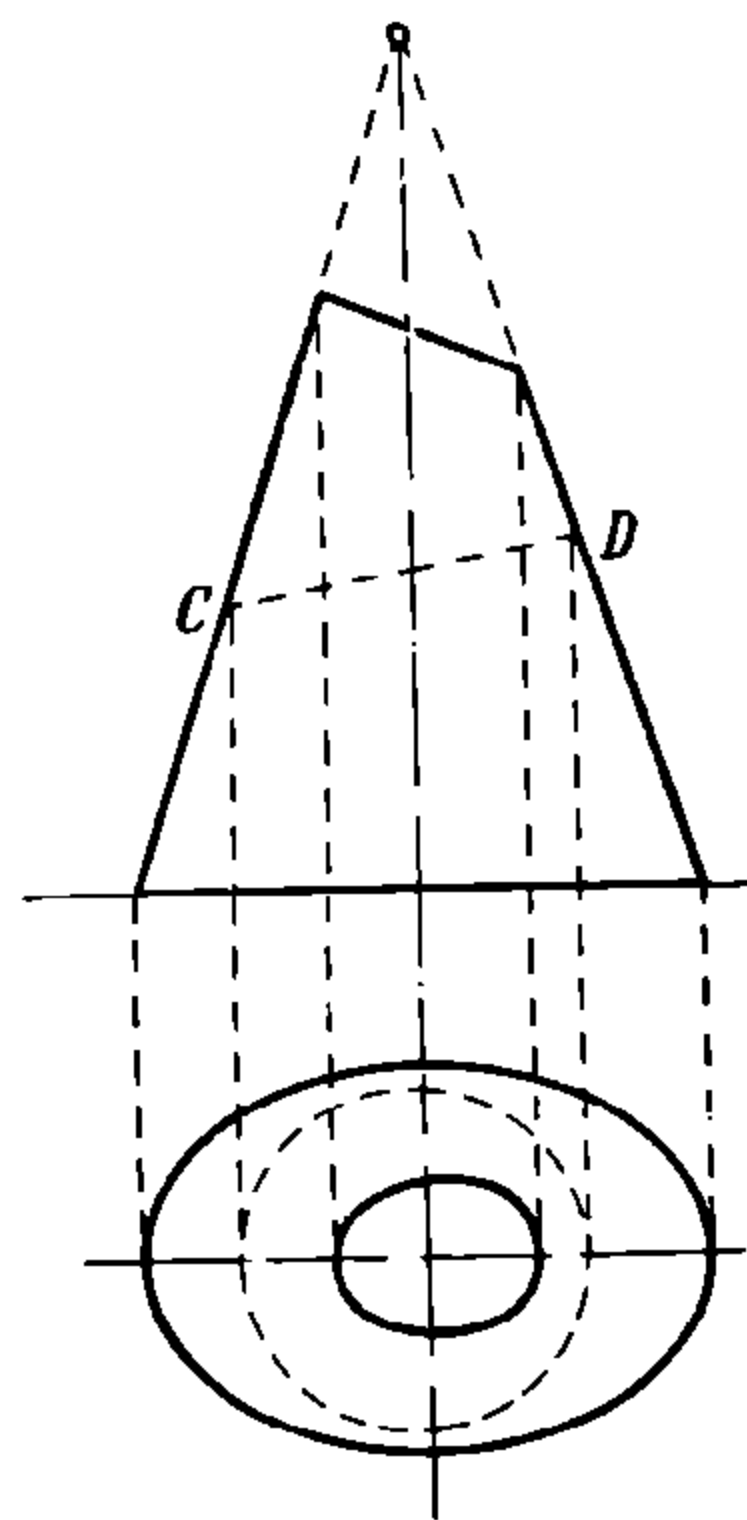


Рис. 244.

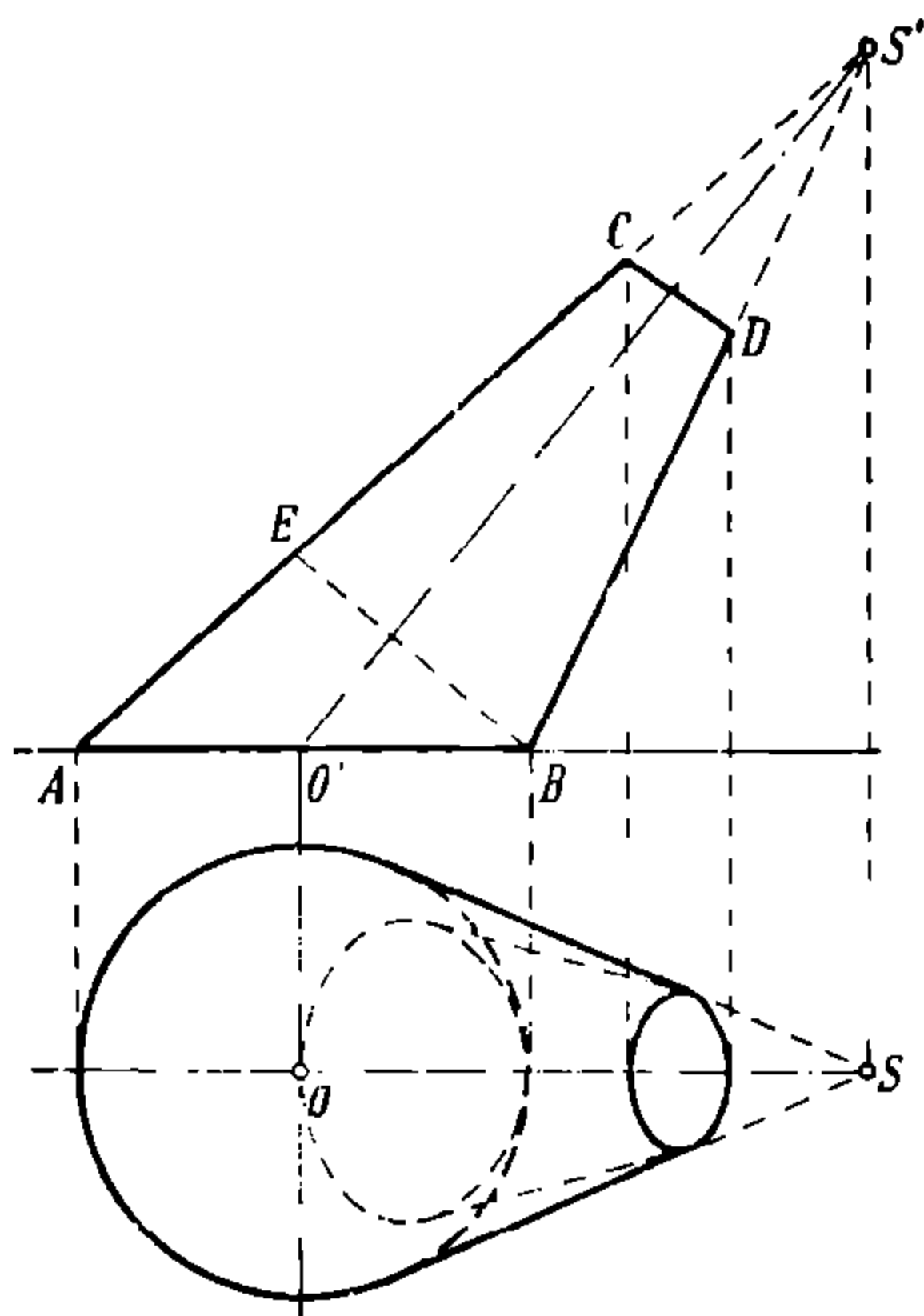


Рис. 245.

проекций. На развертке придется лишь соответственно удлинить образующие, подобно тому, как это указывалось в примере 4.

§ 19. РАЗВЕРТКА ШАРОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.

Так как поверхности, образованные перемещением в пространстве кривых линий, вообще говоря, неразверзаемы, т. е. не могут быть развернуты в плоскость, то в этих случаях для получения из плоских листов выкроек, из которых путем последующей соответственной обработки (штамповкой или выбивкой вручную) можно было бы собрать требуемую кривую поверхность, приходится довольствоваться лишь приближенными развертками. Общий прием заключается в том, что данную кривую поверхность заменяют вписанными или описанными вокруг нее цилиндрическими, коническими или многогранными поверхностями.

Так, например, если требуется найти очертания выкроек, из которых можно было бы путем последующей обработки получить изображенное на рис. 246 тело, имеющее форму яйца, то поверхность яйца можно было бы заменить описанными вокруг него многогранными призмами и пирамидами (на рис. 246 показано число граней $n = 8$), но, разумеется, чем n больше, тем точнее будут выкройки, или же более точно описанными цилиндрами ($abhi$) и конусами ($bcgh$, $cdfg$); верхняя часть dOf заменяется плоским многоугольником (или кругом), касательным к поверхности яйца; получение же разверток этих цилиндров и конусов уже не представляет затруднений.

В практике котельной развертки чаще всего приходится находить развертки сферических поверхностей.

Так как поверхность шара (сферы) также в плоскость не развертывается, то для получения из плоского листа путем соответственной обработки сферической поверхности применяют прием, подобный описанному выше.

Пусть, например, нужно получить очертание приближенной выкройки шара, изображенного на рис. 247. Вообразим себе, что поверхность нашего шара разбита меридианальными плоскостями ki , lm , np , gr и st на ряд отсеков чечевицеобразной формы и заменим поверхность каждого такого отсека описанной вокруг него цилиндрической поверхностью. Тогда, развернув эти цилиндры в плоскость, получим ряд выкроек, из которых даже без всякой обработки (давлением или ударами), а просто загнув каждую из них в цилиндр, мы получим тело, весьма близко подходящее к нашему шару. Чтобы получить эти выкройки, поступают следующим образом: разбивают четверть окружности большого круга данного шара на равное число делений (на рисунке 5 делений) и представляют себе шар пересеченным рядом горизонтальных плоскостей через точки $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ и $5'$. В горизонтальной проекции линии пересечения этих плоскостей с поверхностью шара в пределах отсека между меридианальными плоскостями ki и lm будут изображаться через точки 1 , 2 , 3 , 4 и 5 , являющимися проекциями точек $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ и $5'$.

Примечание. При более грубом приближении, когда не предполагается выбивать выкроек по сфере, можно исходить из пересечения горизонтальными плоскостями $1', 2', 3' \dots$ поверхности цилиндра, описанного вокруг отсека; в этом случае в горизонтальной проекции будут в натуральную величину проектироваться образующие цилиндра в виде прямых, проходящих через точки $1, 2, 3 \dots$. Во всех дальнейших построениях надо в этом случае откладывать длины этих образующих вместо длин дуг.

В виду того, что меридианальные плоскости делят поверхность нашего шара на равные части, все размеры отсеков одинаковы, и, таким образом, построив развертку одного отсека, остается повторить по ней развертки всех остальных.

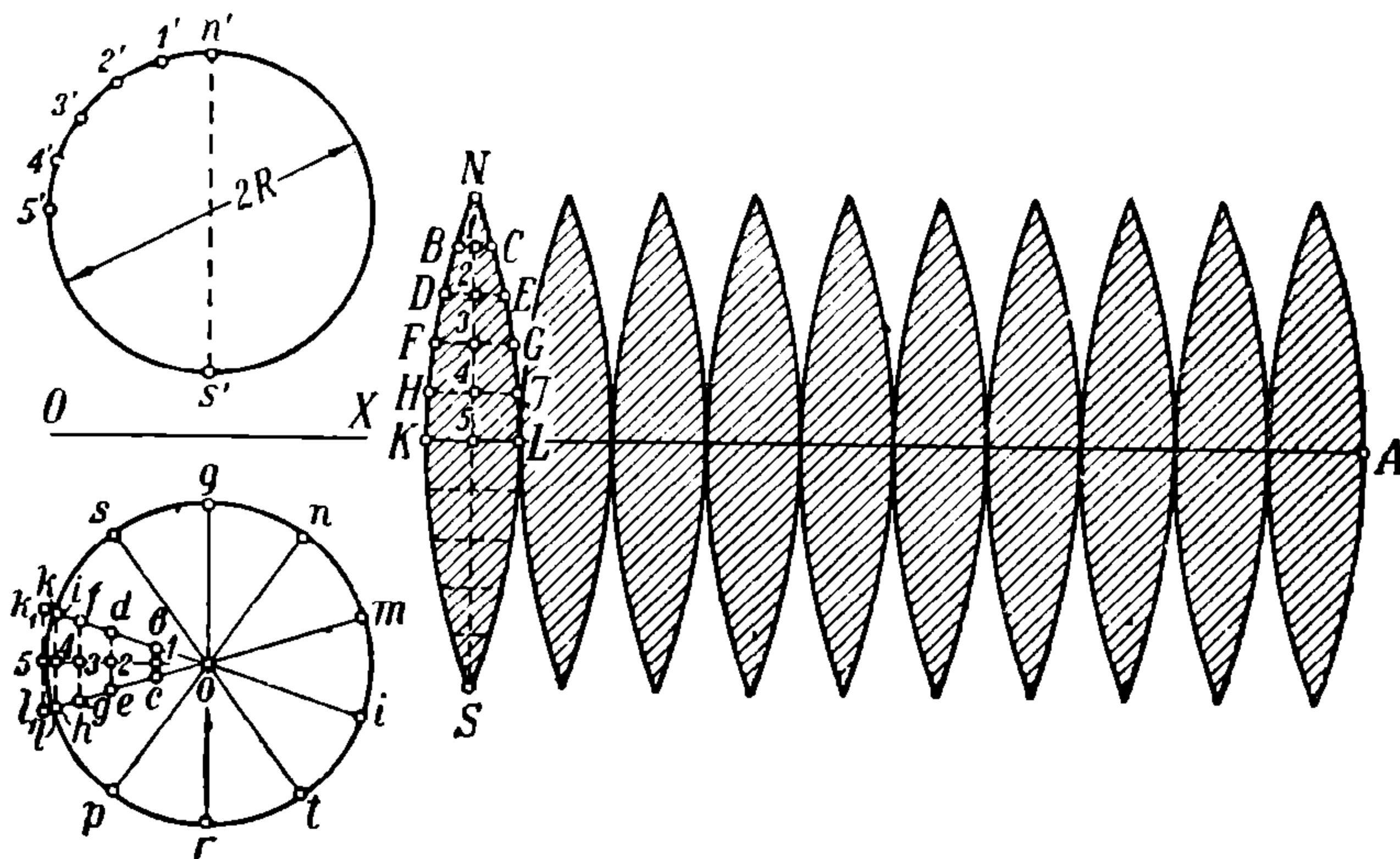


Рис. 247.

Для построения развертки всего шара откладывают на произвольной прямой отрезок $AK = 2\pi R$, равный длине окружности большого круга (рис. 247), и делят его на равные части, соответственно числу отсеков на шаровой поверхности. На одном из этих делений, например KL , строят развертку одного из отсеков, для чего из середины KL восстанавливают перпендикуляр и откладывают на нем по $\frac{\pi R}{4} = \frac{1}{4}$ окружности большого круга в обе стороны. Полученные точки N и S соответствуют точкам n' и s' на вертикальной проекции шара, и отрезок NS представит собою длину развертки цилиндра, описанного вокруг данного отсека шаровой поверхности. Остается построить очертание развернутого отсека (цилиндра). Делят перпендикуляр $5-N$ на 5 равных частей и через точки делений $1, 2, 3, 4$ проводят дуги (или прямые, равные образующим цилиндра) радиусами, взятыми с горизонтальной проекции и равными соответственно $0-1, 0-2, 0-3$ и $0-4$. На полученных дугах HJ, FG, DE и BC остается отложить длины дуг hi, fg, de и bc , взятых с горизонтальной проекции¹⁾. Соединив, наконец, полученные точки K, H, F, D, B, N и L, J, G, E, C, S плав-

¹⁾ Измерения и откладывания дуг можно заменить отложением их хорд.

ными кривыми и повторив это построение на нижней половине развертки, мы получим приближенную развертку одного отсека нашего шара. Так как наш шар разбит на 10 отсеков, то по полученной развертке надо изготовить еще 9 одинаковых с нею, а затем каждую из разверток выбить или отштамповать по сфере, после чего, сложив их вместе, получим с достаточной для практики точностью требуемую сферическую поверхность. Разумеется, если шар должен быть склепан или сварен, то к полученным очертаниям разверток отсеков необходимо прибавить соответственные припуски для образования заклепочного или сварного шва.

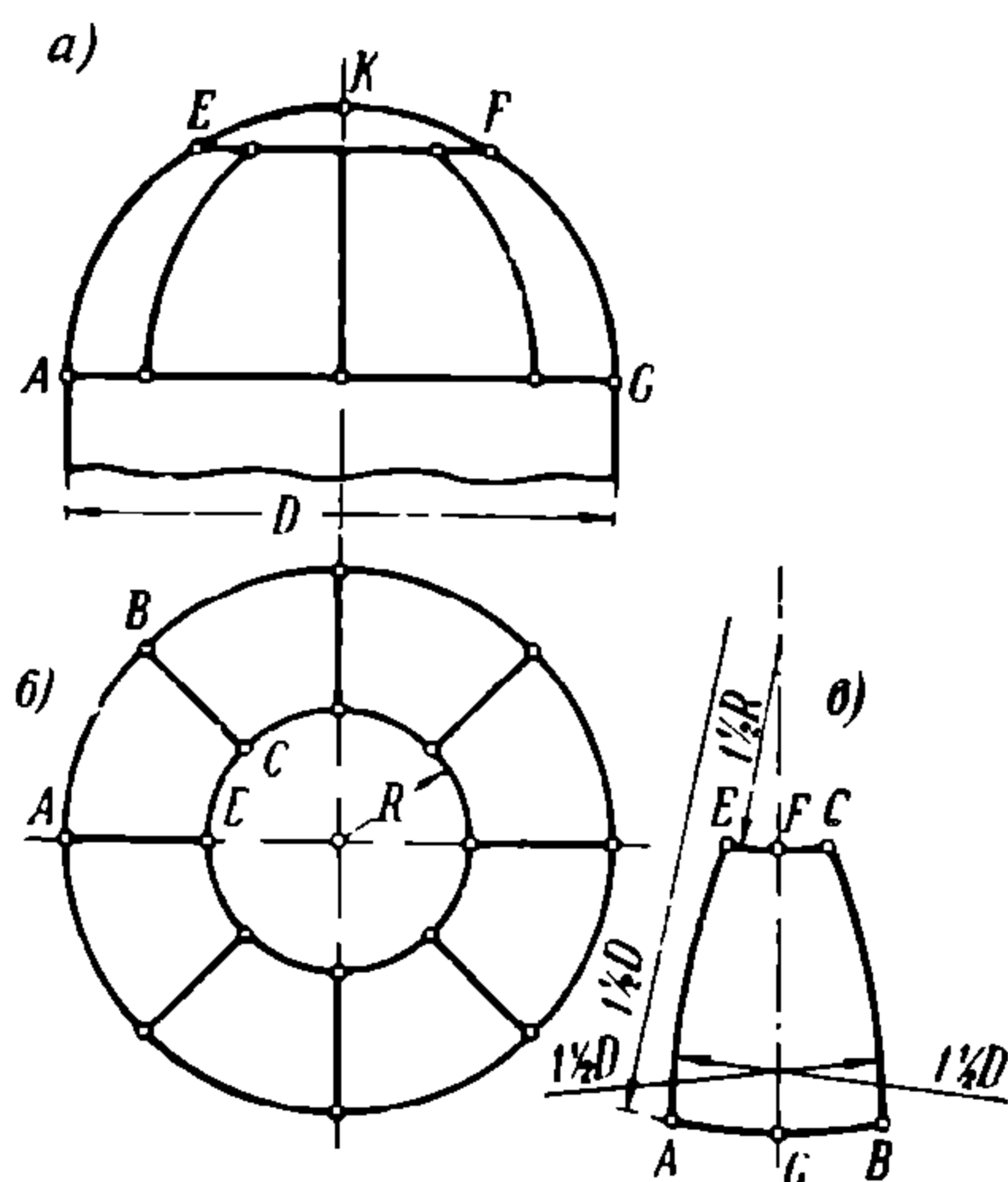


Рис. 248.

Если какой-либо сосуд заканчивается сферическим дном или крышей, то его образуют обычно из замыкающего круглого листа (рис. 248) и нескольких равных по величине секторов. Геометрически диаметр выкройки замыкающего листа должен быть равен длине дуги EKF . Однако, если такого размера лист выгнуть по сфере, то окажется, что выкройка взята излишне большою.

Для случая, когда радиус $R = \frac{1}{4} D$, инженер Jaschke предлагает диаграмму (рис. 249), по оси абсцисс которой отложены диаметры замыкающего листа, а ординаты показывают, насколько диаметр выкройки должен быть больше; например, при диаметре бака $D = 6700$ мм и $2R = 3350$ мм ($R = \frac{D}{4}$)

диаметр выкройки, согласно диаграмме, должен быть взят $D_b = 3350 + 100 = 3450$ мм (предельный размер для катаных листов). Выкройка секторов строится в этом случае — как показано на рис. 248в.

Так как $EF = \frac{D}{2}$ (фиг. 248а), т. е. стороне вписанного шестиугольника, то $FG = \frac{1}{6} \pi D$, а $\sphericalangle AB = \frac{\pi D}{n}$, где n — число секторов; равным образом $\sphericalangle EC = \frac{2 \pi R}{n}$.

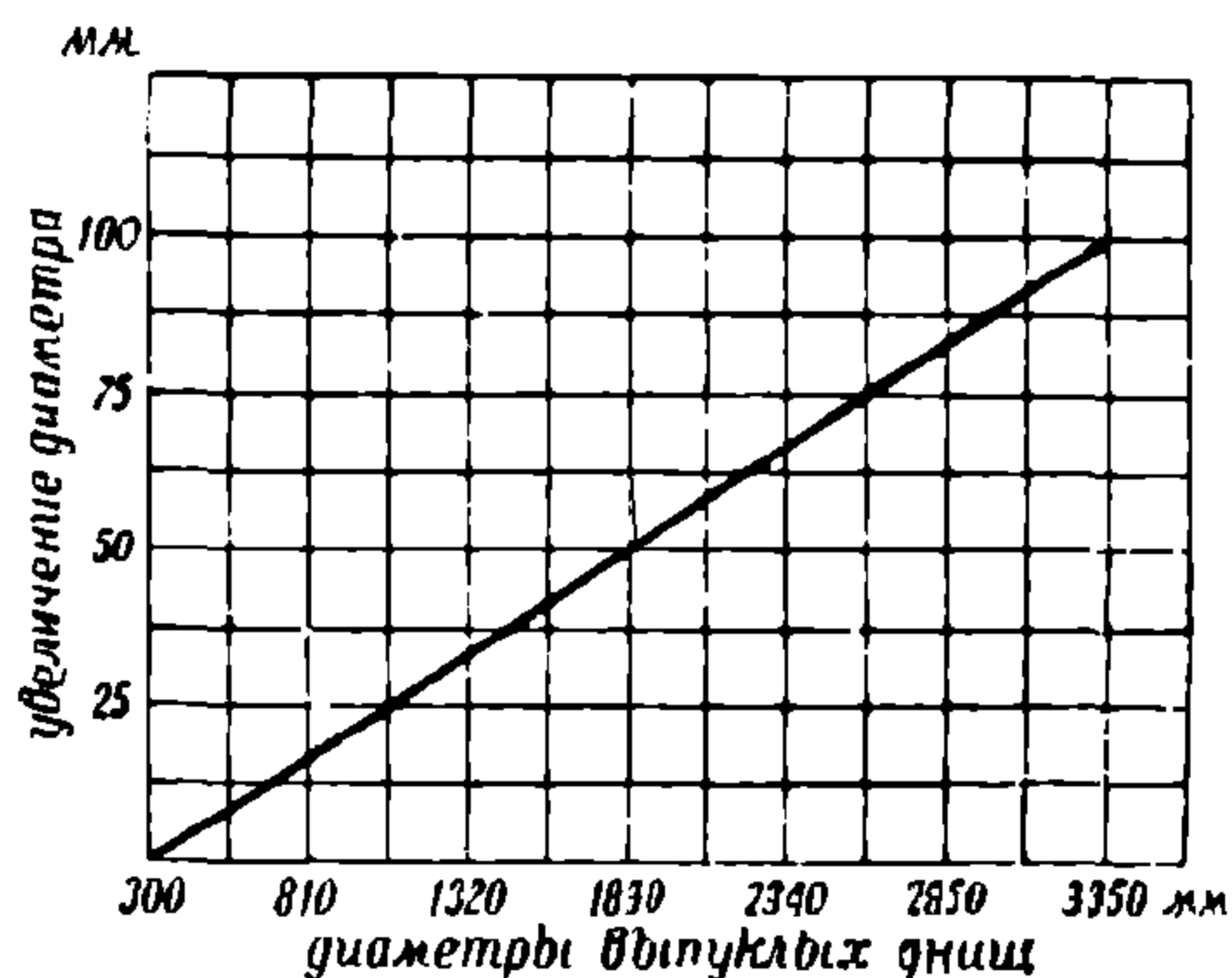


Рис. 249.

Когда $2R > 3000$ мм, условие $R = \frac{D}{4}$ уже не может иметь места (так как лист выйдет за предельные размеры катаных листов) и можно без опасения преуменьшить диаметр выкройки, очерчивать ее радиусом $= EK$

Пример 2. Изображенная на рис. 252а и б винтовая поверхность представляет собою так называемую косую винтовую поверхность, так как образующая этой поверхности расположена не перпендикулярно к оси вращения, а наклонно (косо).

Развертка этой поверхности проще всего производится по способу триангуляции.

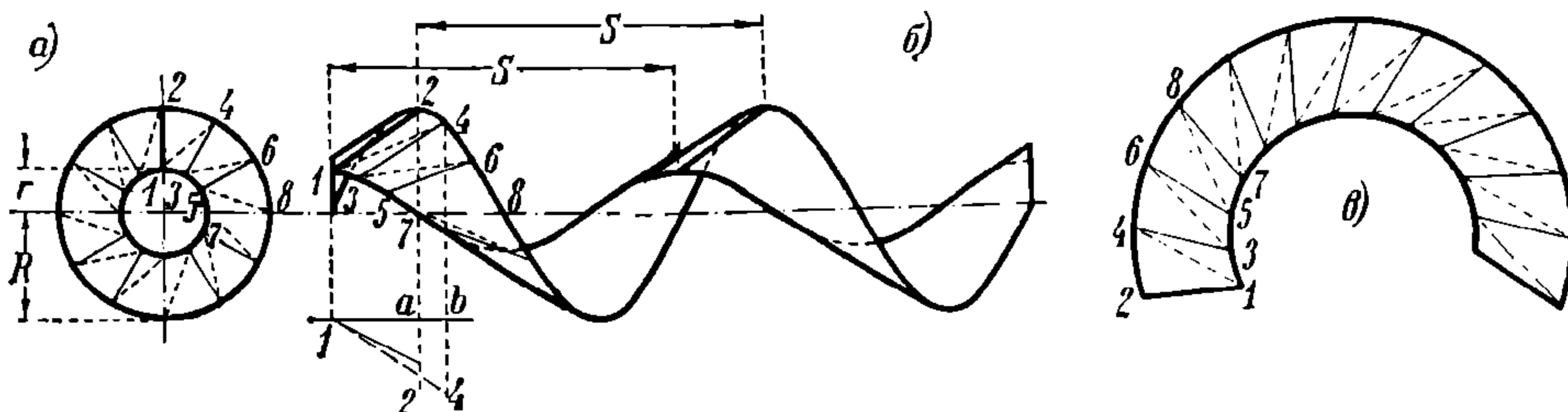


Рис. 252.

Отрезок $a-2$ (фиг. б) равен отрезку $1-2$ (фиг. а и в); равным образом $b-4$ (фиг. б) равен $1-4$ (фиг. а и в).

Длины отрезков $1-3, 3-5 \dots$ (фиг. в) равны $u: n = \frac{\sqrt{4\pi^2 r^2 + s^2}}{n}$ ¹⁾

а длины отрезков $2-4, 4-6 \dots U: n = \frac{\sqrt{4\pi^2 R^2 + s^2}}{n}$, где n — число от-
секов, на которые разбита винтовая поверхность.

Дальнейший ход развертки уже ясен: вид развертки показан на рис. 252в.

Рассмотренные винтовые поверхности часто встречаются в конструкциях шнеков для подачи и перемещения сыпучих тел.

Пример 3. В конструкциях жолобов, проводок (при прокатных станах) и склизов часто применяются винтовые поверхности, подобные изображенной на рис. 253 (представлена $\frac{1}{4}$ обо-
рота).

Развертка нижнего листа (фиг. в) строится подобно тому, как было ука-
зано в примере 1. Развертки боковых
сторон изображены на фигурах д и г
и настолько просто получаются, что

не требуют пояснений. Отметим все же, что

$$c = \frac{\sqrt{\pi^2 d^2 + s^2}}{n} \quad \text{и} \quad f = \frac{\sqrt{(d + 2b)^2 \pi^2 + s^2}}{4} \quad (\text{см. примечание}).$$

Пример 4. На рис. 254а и б изображена винтовая поверхность, на-
вернутая на конус.

²⁾ Из прямоугольного \triangle , с катетами $2\pi r$ и s , гипотенуза которого равна a , т. е. длине винтовой линии.

Для построения развертки такой поверхности делят большой круг (фиг. б) на какое-либо число равных частей и проводят соответствующие радиусы. На такое же число равных частей делят и шаг обеих винтовых линий (фиг. а) и из точек делений опускают перпендикуляры на ось конуса; построение наружной винтовой линии производится уже известным способом, а точки, принадлежащие внутренней, получаются следующим образом.

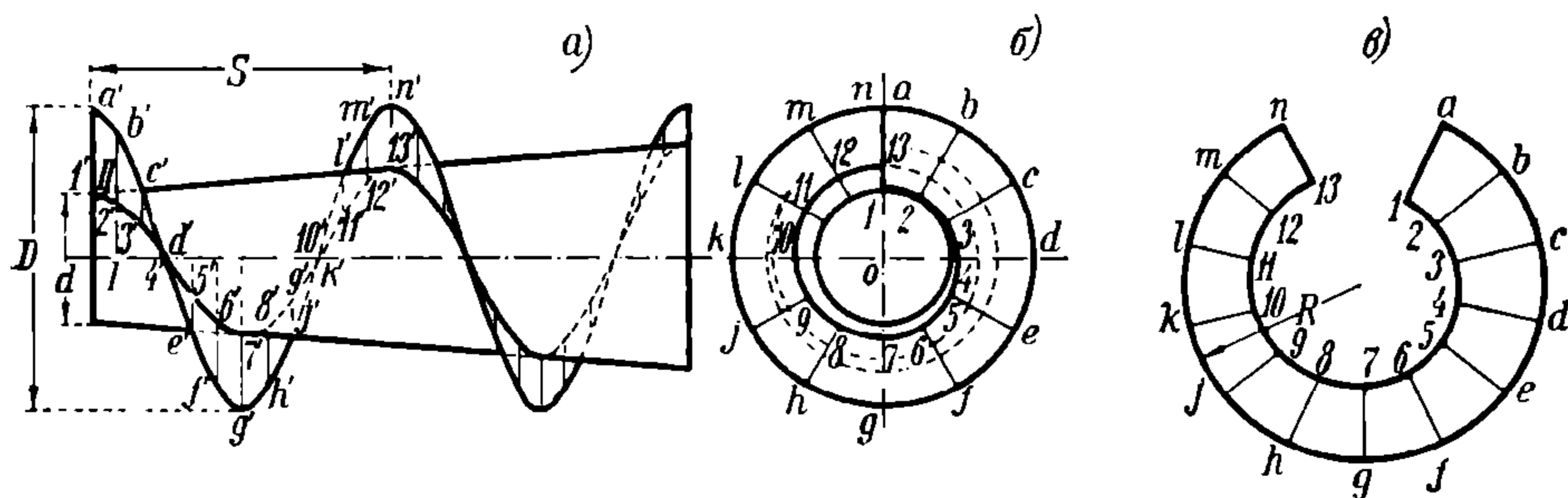


Рис. 254.

Возьмем для примера точку $2'$; с фиг. а снимают циркулем размер $l-11$, т. е. расстояние от точки пересечения перпендикуляра с осью конуса до точки пересечения его с поверхностью конуса, и наносят этот отрезок на соответствующий радиус Ob (фиг. б), находя таким образом точку 2, которую проектируют на фиг. а в точку $2'$; таким же образом поступают и в отношении остальных точек. Теперь можно приступить к развертке, причем для вычисления D допустим, что наша поверхность навита на цилиндр диаметром d , и очерчиваем дугу an (фиг. в), которую разбиваем на такое же число равных частей, как это мы сделали на фиг. б, и проводим соответствующие радиусы, на которых и откладываем отрезки $a-1$, $b-2$, $n-1-3$, беря их с фиг. б.

В результате соединения точек $1, 2, 3 \dots$ плавной кривой получается развертка, изображенная на рис. 254в.

ГЛАВА IV. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТЕЛ.

§ 21. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.

При разметке сложной формы ящиков, бункеров и т. п. приходится иметь дело с пересечениями полых тел в виде многогранников, размеры которых разметчик должен в точности определить; равным образом и при разметке трубопроводов приходится строить развертки разного рода колен, отводов, разветвлений в самых разнообразных сочетаниях. Все эти так называемые „фасонные части“ трубопроводов представляют собою также не что иное, как полые тела в виде цилиндров, конусов, а в некоторых случаях и тел со сферическими поверхностями, усеченных самым разнообразным образом плоскими или кривыми поверхностями.

В главе III мы рассмотрели уже приемы развертки таких усеченных тел в плоскость, а в настоящей главе будут рассмотрены приемы нахождения самих поверхностей и линий пересечения двух или более тел, необходимых для построения развернутых усеченных тел.

Задачи этого рода в общей форме сводятся к отысканию линии пересечения кривых или многогранных поверхностей и решаются одним из следующих способов:

1) Если одна из пересекающихся поверхностей — линейная, то отыскивают точки пересечения ее образующих с другой поверхностью и затем, соединив полученные точки, получают искомую линию пересечения.

2) Обе поверхности пересекают вспомогательными плоскостями и находят линии пересечений вспомогательных плоскостей с обеими данными поверхностями, причем если точки пересечения этих последних линий соединить, то получим искомую линию пересечения данных поверхностей, так как каждая такая точка будет лежать одновременно на обеих поверхностях.

Примечание. При только что описанном способе вспомогательные секущие плоскости могут быть заменены кривыми секущими поверхностями с тем, чтобы линии пересечения получались самыми простыми, т. е. или в виде прямых или дуг круга; в этом случае так же, как и выше, точки пересечения этих линий будут лежать на искомой линии пересечения данных поверхностей.

§ 22. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МНОГОГРАННИКОВ.

Этого рода задачи являются наиболее сложными из встречающихся в разметочной практике и требуют для своего решения довольно обширных знаний из области начертательной геометрии. Поэтому мы ограничимся здесь лишь простейшими примерами, к которым могут быть приведены случаи, встречающиеся в практике каждого разметчика.

Общий план решения этого рода задач состоит в том, что отыскивают сначала пересечения ребер одного многогранника с гранями другого, а затем — ребер второго с гранями первого и полученные точки соединяют в должной последовательности прямыми линиями.

Предварительно нужно однако отчетливо вычертить на плазе, или лучше на бумаге, оба пересекающихся многоугольника в натуральную величину (или в крайнем случае в возможно большем масштабе), вычертив видимые ребра сплошными линиями черным карандашом, а невидимые — пунктирными (или цветным карандашом). При этом всегда выгодно располагать многогранники таким образом, чтобы ось или хотя бы одно ребро или грань были расположены параллельно к одной из плоскостей проекций, чтобы иметь проекцию хотя бы одного размера тела неискаженной, в натуральную величину. Этот размер принимают обычно за исходный.

Пересечения пирамид

Пусть нам даны две взаимно пересекающиеся треугольные пирамиды $Sabc - S'a'b'c'$ и $tpqr - t'p'q't'$ (рис. 255а) и требуется найти линии их сечения.

Из рис. 255б видно, что ребра Sa , Sb , ab , ac , bce , gr , rp и qp не пересекают граней другой пирамиды. Значит, речь может идти только о пересечении ребрами: Sc граней $tq p$ и trp , ребром tq граней Sac и Scb и ребром tr тех же

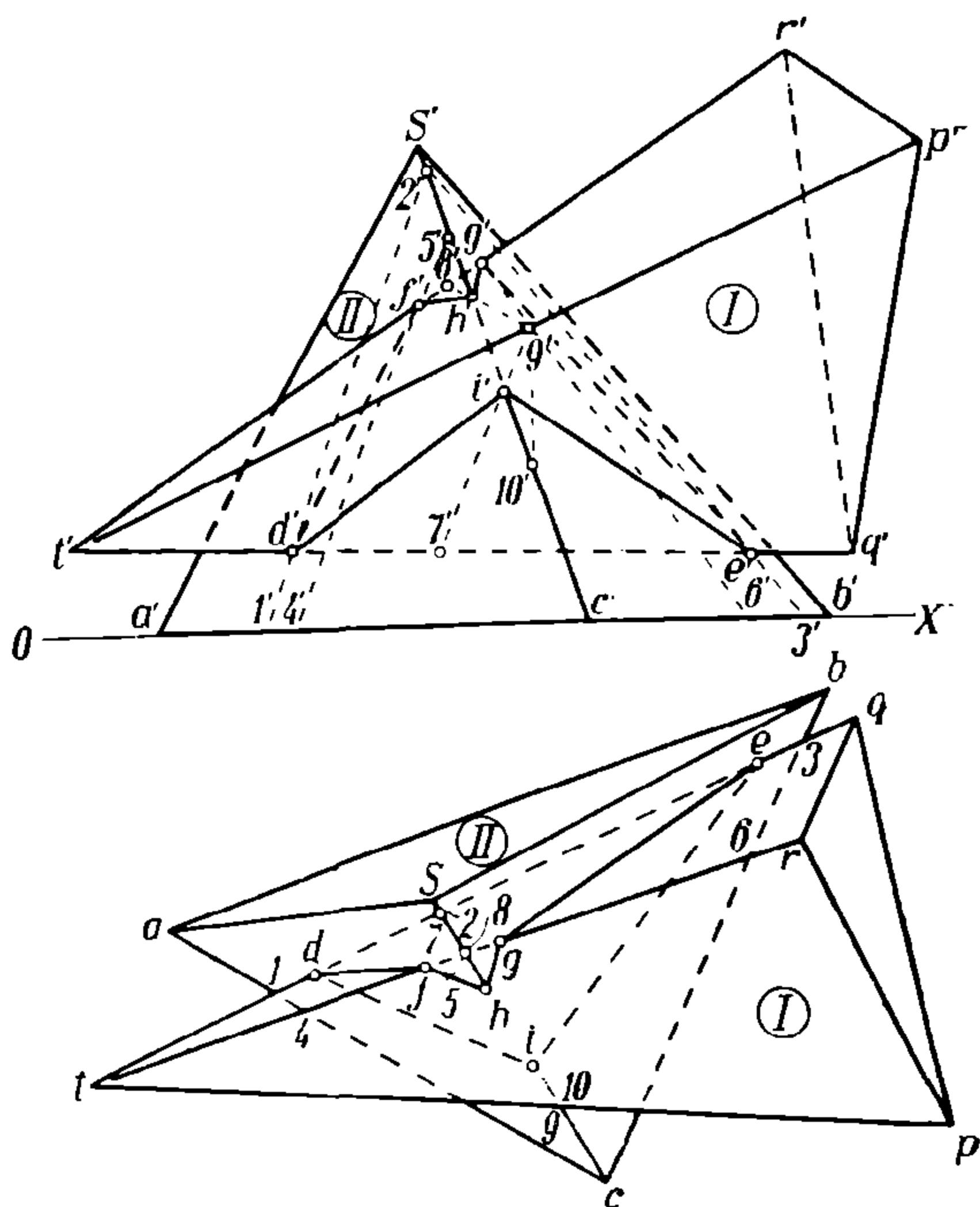


Рис. 255а.

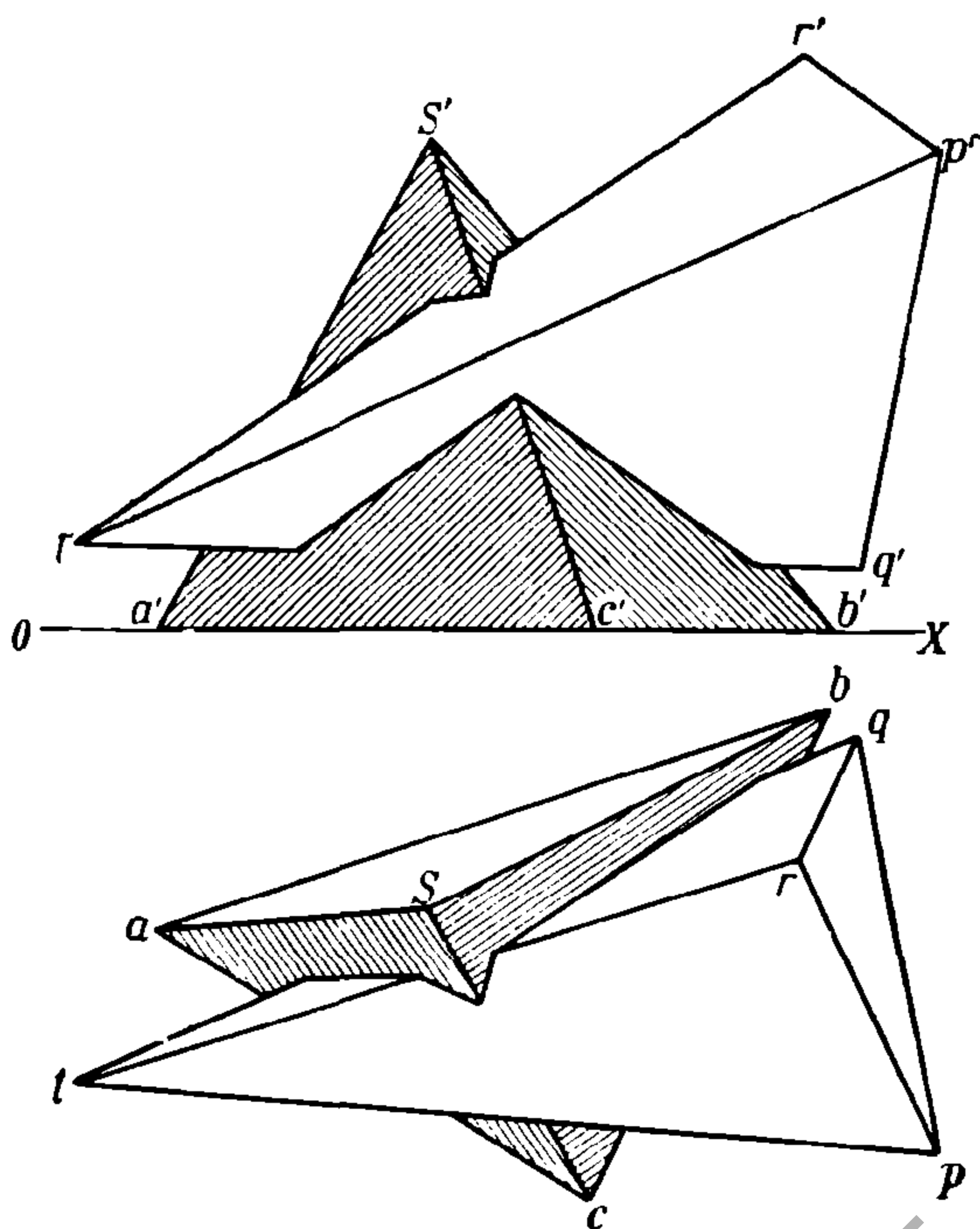


Рис 255б.

граней Sac и Scb . Для облегчения задачи предположим, что пирамиды стоят на горизонтальной плоскости проекций.

Для определения точек пересечения ребра tq (фиг. 1 рис. 255а) с гранями Sac , Sbc представим себе, что через tq проходит плоскость, перпендикулярная к горизонтальной плоскости проекции, пересечения которой с гранями Sac и Sbc будут проектироваться на горизонтальной плоскости проекции на линию tq и проекции будут соответственно: $1-2$ и $2-3$. Спроектировав точки 1 , 2 и 3 на вертикальную проекцию, найдем точки $1'$, $2'$ и $3'$, соединив которые попарно, найдем вертикальные проекции линий сечения $1'-2'$ и $2'-3'$, которые пересекаются с вертикальной проекцией ребра tq в точках d' и e' , принадлежащих искомой линии сечений. Горизонтальными проекциями этих точек являются d и e , лежащие на горизонтальной проекции линии tq .

Подобным же образом находим точки f , f' и g , g' пересечения ребра tr с гранями Sac и Scb и точки h , h' и i , i' пересечения ребра Sc с гранями tq и trp . Остается соединить полученные точки между собою, причем видимые части сечения, т. е. лежащие на ближайших к зрителю гранях, проводят сплошными, а невидимые — пунктирными линиями.

Дальнейшая развертка обеих пирамид для получения их выкроек уже не представляет затруднений, и приемы их построения были указаны в предыдущей главе III.

Пересечения призм. Пусть нам даны две взаимно пересекающиеся треугольные призмы (рис. 256а) $abcdef—a'b'c'd'e'f'$ и $ghiklm—g'h'i'k'l'm'$, стоящие на горизонтальной плоскости проекции; требуется найти их линию пересечения.

Здесь полностью применим тот же метод, который был использован в предыдущей задаче, но с целью ознакомления с другими возможными приемами в данном случае приводится другой способ, а именно — пользование вспомогательными плоскостями, проходящими через ребра одной призмы и параллельными ребрам другой призмы. Чтобы найти направление линий пересечения этих плоскостей с горизонтальной плоскостью (так называемые их следы) берут произвольную точку (OO'), из которой проводят линии $Ou—O'u'$ и $Ov—O'v'$, параллельные ребрам призм, спроектировав точки u' и v' (пересечения их с горизонтальной плоскостью) на горизонтальную проекцию, находят направление следов всех подобных плоскостей в виде линии $uv=P_h$. Из рис. 256б видно, что ребра $lh—l'h'$, $ad—a'd'$, $cf—c'f'$ не пересекают граней другой призмы, и, следовательно, задача сводится к нахождению пересечений ребрами $kg—k'g'$ и $mi—m'i'$ одной призмы — граней $adeb—a'd'e'b'$ и $befc—b'e'f'c'$ другой, а также ребрами $be—b'e'$ второй призмы граней $klhg—k'l'h'g'$ и $hlmi—h'l'm'i'$ первой.

После этих предварительных замечаний можно приступить к отысканию точек пересечения, например, ребра $mi—m'i'$ с гранями $adeb—a'd'e'b'$ и $befc—b'e'f'c'$ другой призмы. Для этого надо представить себе плоскость, проходящую через ребро $mi—m'i'$ (фиг. а), параллельную ребрам другой призмы. Горизонтальный след этой плоскости пройдет на горизонтальной проекции через точку i параллельно P_h и пересечет основание призмы $abcdef$ в точках 1 и 2 ; если через полученные точки провести линии, параллельные ребрам этой призмы, то они пересекутся с горизонтальной проекцией ребра mi в точках n и s , которые, очевидно,

принадлежат искомой линии сечения. Найдя таким же приемом точки w и r на ребре kg той же призмы и точки q и t на ребре eb призмы II , оста-

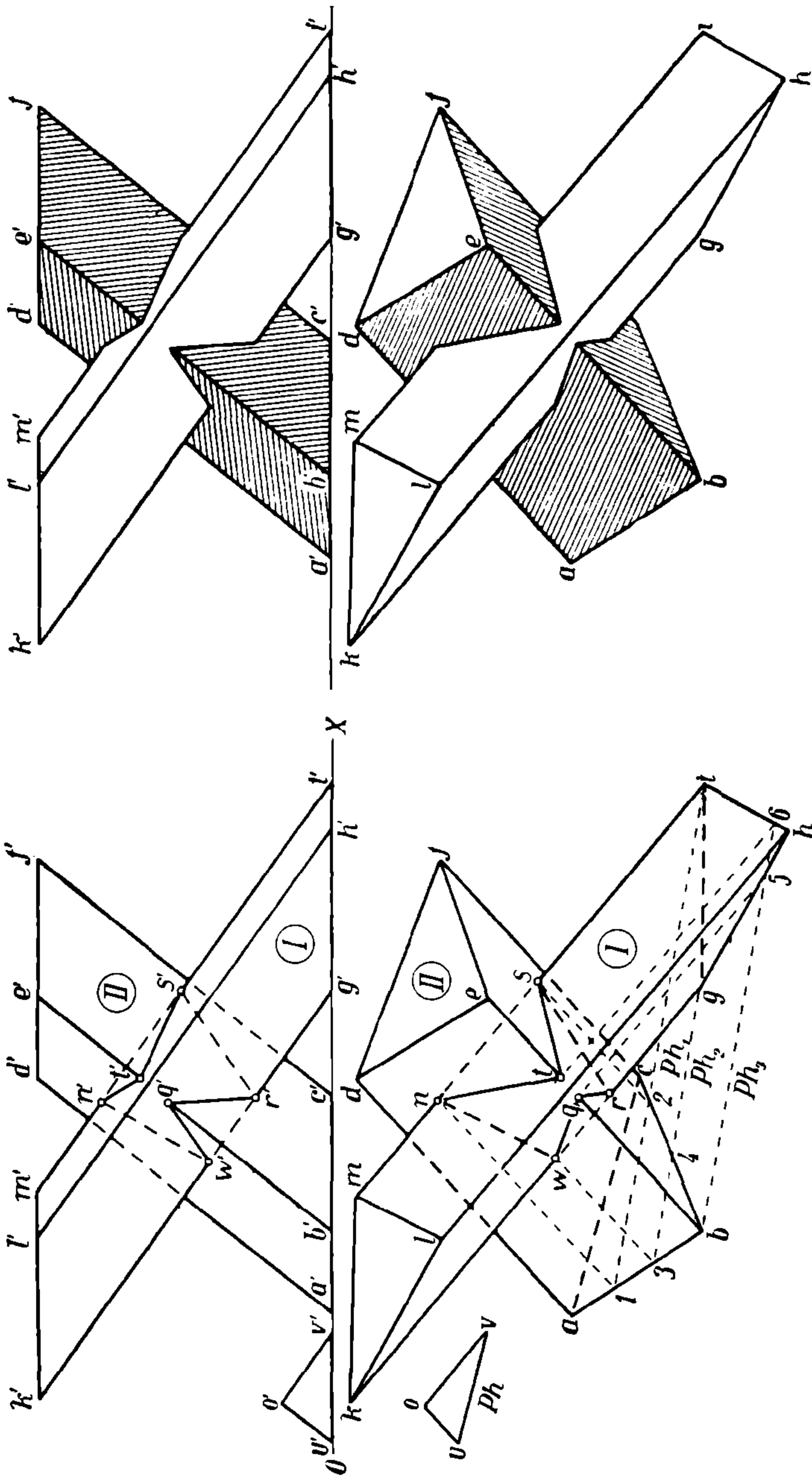


Рис. 256б.

Рис. 256а.

нется последовательно соединить эти точки между собою (различая видимые части сечения от невидимых), чтобы получить искомую линию пересечения призм I и II . Соответственные построения показаны на рис. 256б. Верти-

кальная проекция этой линии получается проектированием точек w, g, r, n, t и s на вертикальные проекции соответственных ребер призм.

Механический способ отыскания линий пересечения. Здесь следует отметить, что существуют способы механического соединения точек пересечения многогранников, предложенные проф. Д. Г. Анановым, при помощи которых без проведения (мысленно) вспомогательных плоскостей довольно быстро можно разрешать подобного рода задачи. Описание этих способов приведено в статье проф. Д. Г. Ананова „Механический способ соединения точек при пересечении многогранников“, напечатанной в „Сборнике Института инженеров путей сообщения“ за 1911 г.¹⁾

Способами, аналогичными вышеописанным (1) и (2), отыскиваются линии сечений полых тел криволинейных очертаний, как это будет видно из следующих параграфов.

§ 23. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЦИЛИНДРОВ И КОНУСОВ.

Пересечения двух цилиндров. Для более ясного представления себе решения. предстоящих задач будем рассматривать сначала построения в пространстве, а затем уже выражать их на чертеже.

Пусть нам даны два пересекающихся круговых цилиндра $ABB'A'$ $CDD'C'$ (рис. 257), которые представим себе стоящими на плоскости Ph_1 .

Применим в данном случае первый из вышеуказанных способов решения.

Через произвольно выбранную в пространстве точку O проведем линии $O\alpha$ и $O\beta$, параллельные осям цилиндров, и пусть Ph изображает пересечение плоскости, в которой лежат $O\alpha$ и $O\beta$, с основной плоскостью Ph

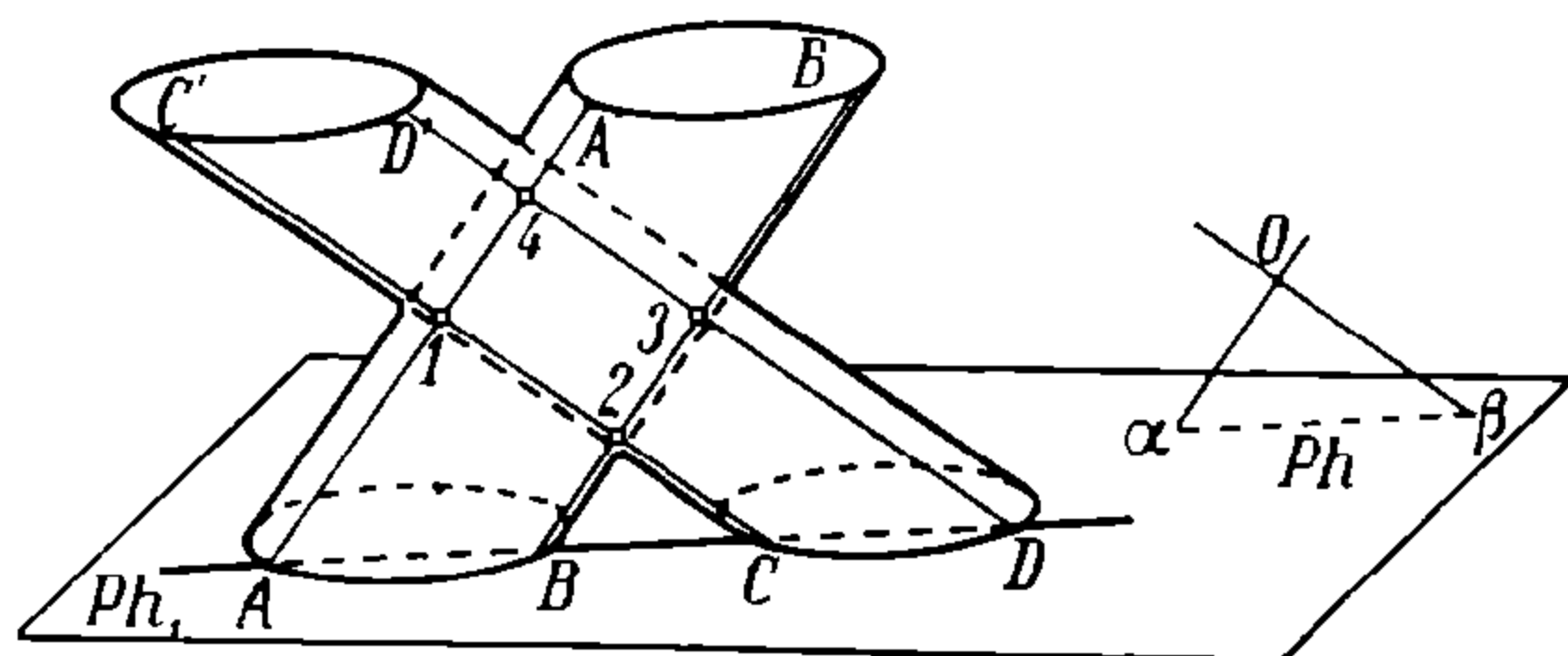


Рис. 257.

(или так называемый след ее). Если далее пересекать наши цилиндры вспомогательными плоскостями параллельно плоскости $O\alpha\beta$ (Ph), то пересечения образующих обоих цилиндров, по которым будут пролегать эти вспомогательные плоскости, будут очевидно принадлежать искомой линии пересечения наших цилин-

дров, так как они будут лежать одновременно на обоих цилиндрах.

Пусть, например, одна из таких плоскостей пересечет наши цилиндры по образующим AA' , BB' , CC' и DD' , пересечения которых между собою дадут точки 1, 2, 3 и 4, лежащие на искомой линии сечения. Произведя еще ряд сечений, мы можем найти достаточное число точек, чтобы, соединив их плавной кривой, получить искомую кривую.

На чертеже (в проекциях) эта задача разрешится, следовательно, так: пусть рис. 258 изображает те же цилиндры в проекциях. Проведя из произвольной точки ($O—O'$) линии $O\alpha—O'\alpha'$ и $O\beta—O'\beta'$, параллельные осям цилиндров, находят проходящие через них плоскости: на вертикальной проекции выражающиеся отрезком $\alpha'\beta'$ на оси проекций, а на горизон-

¹⁾ См. также Д. Ананов. Начертательная геометрия как основа черчения изд. КУБУЧ, 1929 г.

тальной проекции линией $Ph = \alpha\beta$. Проводят затем плоскость, параллельную плоскости $O\alpha\beta$, и касательную к одному из цилиндров; след этой плоскости на горизонтальной проекции будет Ph_1 и коснется основания соответственного цилиндра в точке $(a_1 - a')$, а основание другого пересечет в точках $b_1 - b'$ и $g_1 - g'$. Проведя образующие цилиндров, проходящие через эти точки, находят, что они пересекутся в точках $1 - 1'$ и $10 - 10'$ — на образующих b и q .

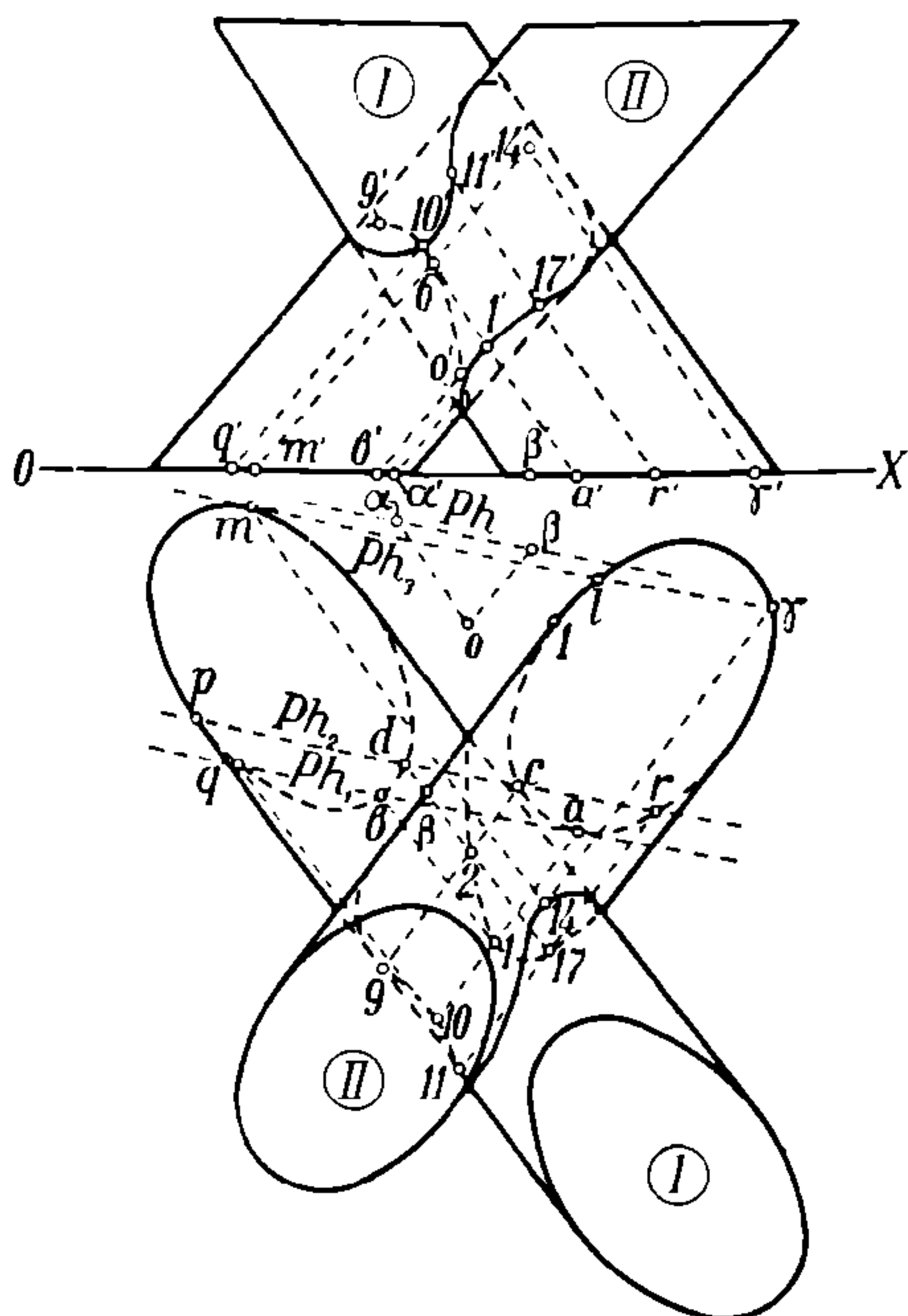


Рис. 258.

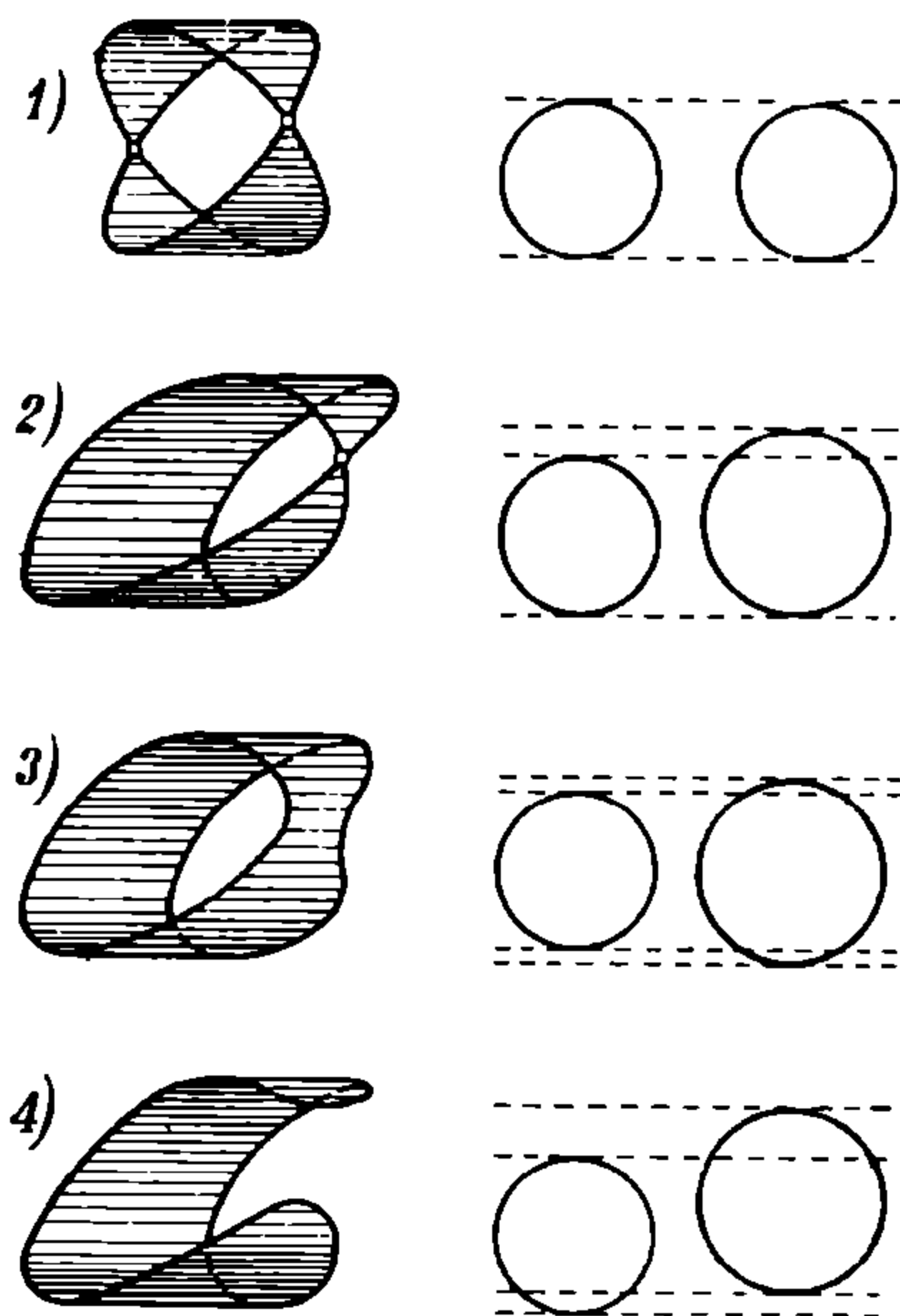


Рис. 259.

Затем проводят вторую вспомогательную секущую плоскость Ph_2 и находят точки r, c, d и p , в которых основания цилиндров ею пересекаются; через эти точки проводят соответственные образующие, пересечения которых, в свою очередь, дадут точки $2, 2', 9, 9', 11, 11'$ и $17, 17'$, также принадлежащие искомой кривой сечения.

Проводим еще плоскость Ph_3 , касательную к левому цилиндру, след которой коснется основания данного цилиндра в точке m ; путем аналогичных предыдущему построений найдем точки $6 - 6'$ пересечения образующих m и l и $14 - 14'$ — образующих m и γ . Продолжая такие построения дальше, можно найти необходимое и достаточное число точек для получения искомой кривой сечения.

Возможные случаи пересечения цилиндров представлены на рис. 259. Первый случай относится к цилиндрам одинакового диаметра, а остальные — к разным.

Из рис. 259 видно, что 1) в случае 1 линия сечения состоит из двух кривых, пересекающихся в двух точках, в случае 3 — из двух кривых,

1) Если провести касательные к цилиндрам плоскости Ph_1 и Ph_2 , то в точке касания каждой из этих плоскостей обоих цилиндров, кривые сечений пересекаются.

пересекающихся в одной точке, в случаях 4 и 2 сечение состоит из двух отдельных кривых.

Когда кривая сечения найдена, то уже легко нанести ее на развертку обоих цилиндров, чтобы получить соответственную выкройку. Для этого необходимо лишь найти истинные длины отрезков образующих между основанием цилиндра и соответственной точкой кривой сечения.

Но все же эти способы представляют собою довольно сложную и кропотливую работу, и разметочная практика выработала более простые приемы нанесения кривой сечения на развертки пересекающихся цилиндров. На практике, если нужно найти пересечение двух кривых поверхностей, например двух цилиндров или двух конусов, или цилиндра с конусом, или, наконец, цилиндра или конуса с шаром, то применяются приемы, аналогичные тем, которые были описаны в предыдущей главе при построении разверток. Приемы эти сводятся к тому, что на одном из пересекающихся тел наносят ряд его образующих, делящих всю поверхность тела на n равных частей; затем на другом теле отыскивают те его образующие, которые пересекаются с образующими первого тела (на линии сечения).

В дальнейших главах приведены примеры пересечения цилиндров, наиболее часто встречающиеся на практике.

Пересечение двух конусов. Пусть нам даны два пересекающихся круговых конуса $SADJKE$ и $TBCGLF$ (рис. 260), стоящих на горизонтальной плоскости проекции. Применим в данном случае также 1-й способ.

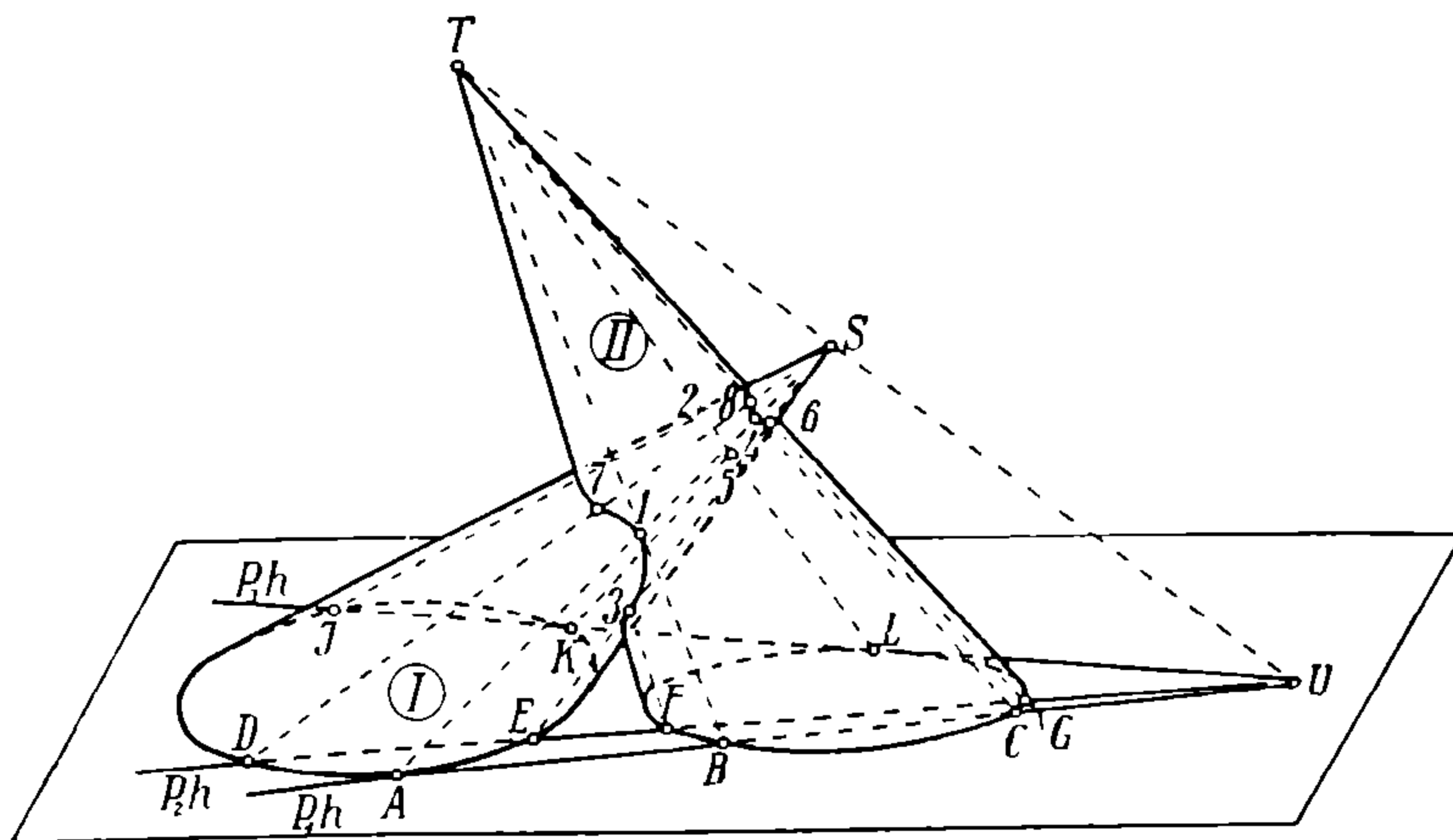


Рис. 260.

Если соединить вершины конусов S и T и через ST провести ряд плоскостей, пересекающих оба конуса, то они пересекут конусы по их образующим, которые в свою очередь пересекутся, причем дадут ряд точек, принадлежащих искомой линии пересечения конусов. Заметим кстати, что все эти вспомогательные секущие плоскости пройдут через след U линии ST и будут находиться между плоскостями P_1h и P_3h (линии P_1h из P_3h собственно следы плоскостей).

Плоскость P_1h касательна к конусу I (по образующей SA), а P_3h — к конусу II (по образующей TL); первая из них пересекает основании

конуса II в точках B и C и касается основания конуса I в точке A . Проведя через A , B и C образующие конусов, найдем, что SA пересечет TB и TC в точках 1 и 4 . Равным образом и секущая плоскость P_3h , касаясь основания конуса II в точке L , пересекает основание I в точках K и 1 , а проведенные через эти точки образующие пересекутся в точках 2 и 5 .

Одна из таких вспомогательных секущих плоскостей обозначена на рис. 260 ее следом P_2h , пересекающим основания конусов в точках D , E , F и E . Проведя через эти точки образующие конусов, найдем, что SD и SE пересекаются с TF в точках 3 и 7 , а с TG — в точках 6 и 8 .

Проведя еще несколько секущих плоскостей, можно получить любое число точек линии пересечения конусов, соединив которые плавной кривой, найдем и самую фигуру сечения.

На рис. 261 представлено решение этой задачи в проекциях. Так как все элементы конуса, а также секущие плоскости обозначены теми же буквами, что и на рис. 260, то описание построения является излишним, так как было бы лишь повторением сказанного в предыдущем абзаце.

Практически порядок решения задачи таков; сначала проводят две вспомогательные плоскости; одна — касательная к конусу I и секущая конус II

(плоскость P_1h), а другая — касательная к конусу II и секущая конус I (плоскость P_3h) и находят точки кривой сечения 1 , 2 , 4 и 5 , а затем уже проводят необходимое число плоскостей между ними и находят желаемое число остальных точек.

Пересечение конуса с цилиндром. Пусть нам даны пересекающиеся конус I и цилиндр II ,

стоящие на горизонтальной плоскости, и пусть оба тела образованы скольжением образующих по кругам (рис. 262).

Проводим через вершину конуса S линию SU , параллельную обра-

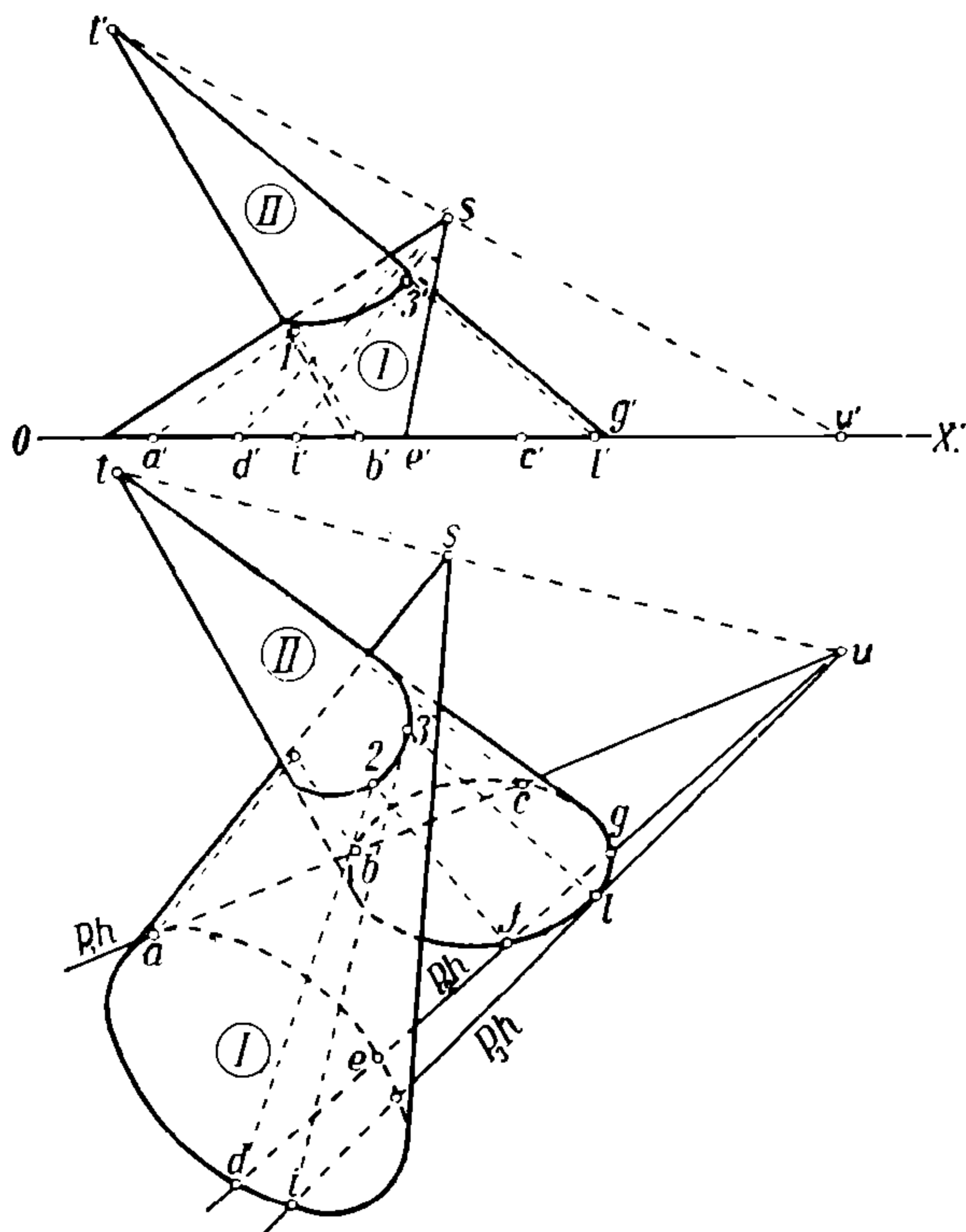


Рис. 261.

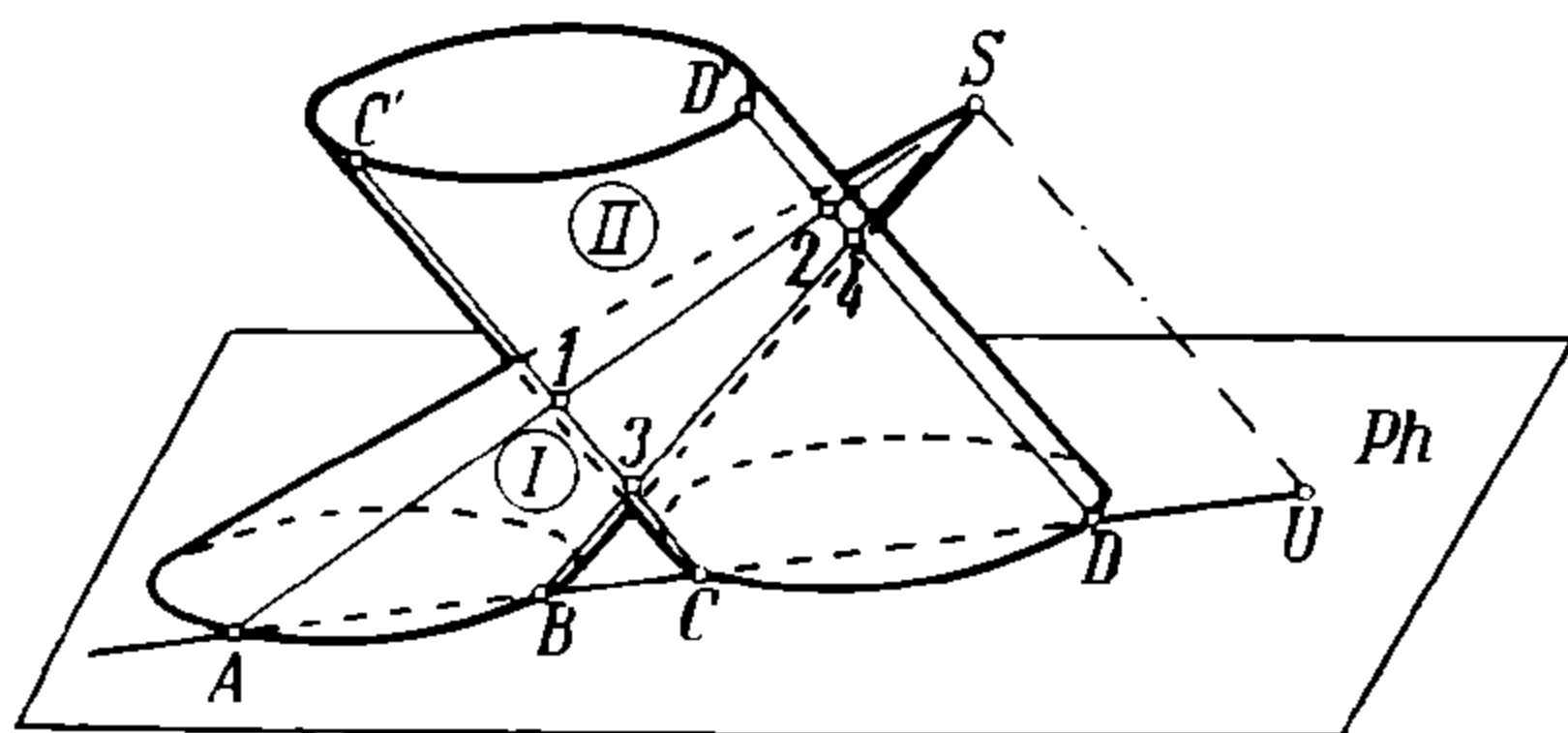


Рис. 262.

зующим цилиндра; если через эту линию провести ряд плоскостей, в пределах очертаний конуса и цилиндра, то такие плоскости пересекут тот и другой по взаимно пересекающимся образующим, точки пересечения которых будут принадлежать искомой кривой пересечения.

Так, например, если провести плоскость Ph (на чертеже показан ее след Ph), то она пересечет конус по образующим SA и SB , а цилиндр —

по CC' и DD' , точки пересечения которых 1, 2, 3, 4. находятся на кривой сечения.

В проекциях эта задача разрешается следующим образом (рис. 263): из проекций S и S' проводим SU и $S'U'$ параллельно образующим цилиндра, и пусть линия Ph является следом плоскости Ph , проведенной в пространстве через линию Su . Горизонтальный след Ph пересечет основание цилиндра в точках c и c' , а основание конуса — в точках a и a' . Проведя затем соответствующие образующие, находим точки

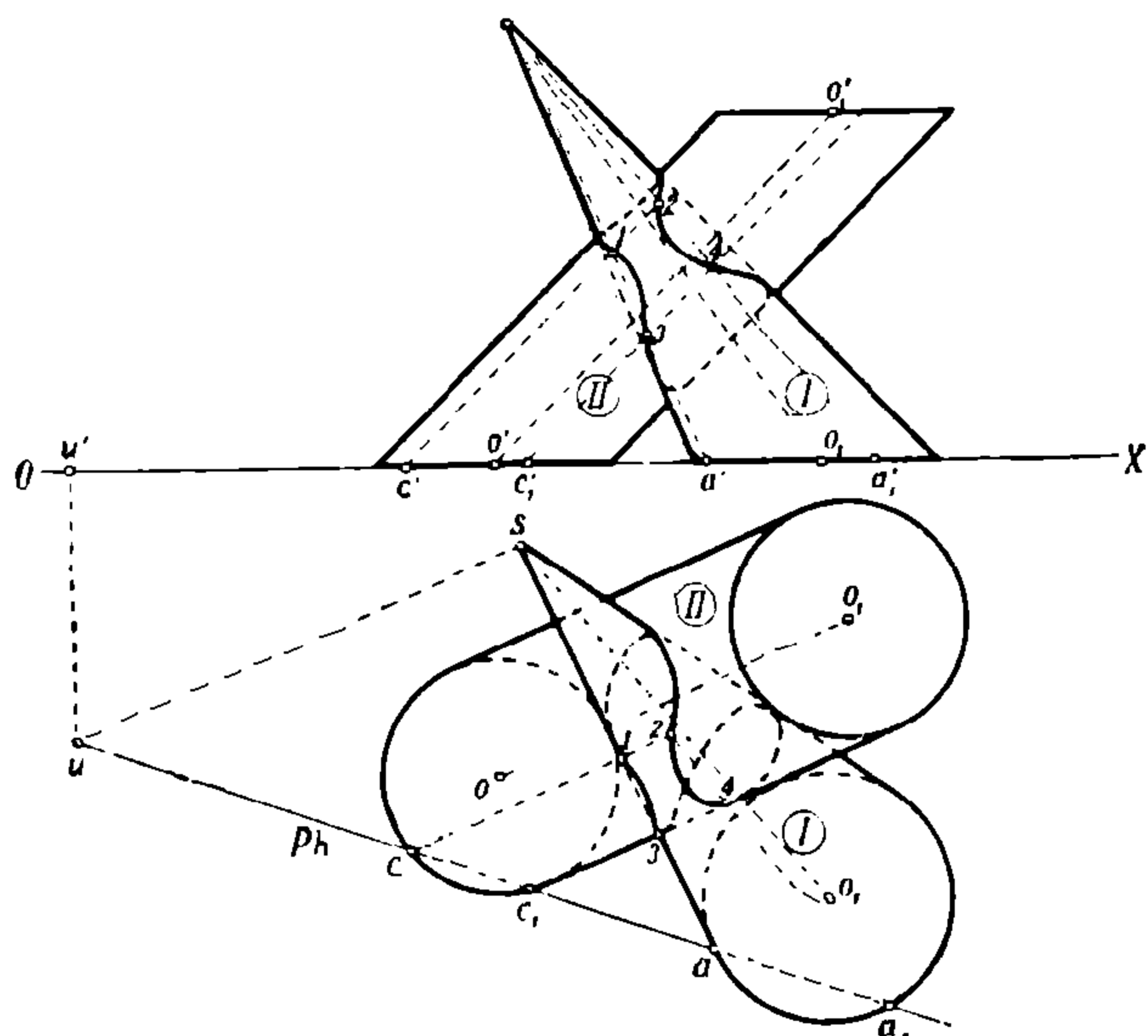


Рис. 263.

их пересечения 1, 2, 3 и 4, которые проектируем на вертикальные проекции соответственных образующих, и находим точки 1', 2', 3' и 4'. Повторив подобное построение несколько раз, проведением через n прямых, лежащих в пределах очертаний пересекающихся тел, нетрудно найти любое число точек искомой кривой и, соединив их плавной кривой, построить искомое сечение. Как и при пересечении цилиндров, здесь также возможны 4 случая пересечения, в зависимости от диаметра пересекающихся тел и взаимного расположения их осей.

Пересечение цилиндра (или конуса) с шаром. Пусть нам требуется построить пересечение цилиндра (или конуса) с шаром. Для решения этого рода задач основание цилиндра (или конуса) разбивают на несколько равных частей и через полученные точки деления проводят соответствующие образующие; затем отыскивают точки пересечения этих образующих с шаром по указанному ниже способу и соединяют их плавной кривой, которая и даст искомое очертание сечения.

Для нахождения же точки пересечения этих образующих (например, прямой $ab - a'b'$) (рис. 264) с поверхностью шара поступают следующим образом. Проводят через данную линию $ab - a'b'$ плоскость Ph (след), перпендикулярную к горизонтальной плоскости проекции, которая пересечет шар по кругу, горизонтальная проекция которого выразится линией cg . Если теперь плоскость Ph совместить с горизонтальной плоскостью проекций то получают истинную величину круга сечения с центром в O' , а истинная

величина линии $ab — a'b'$ займет относительно круга положение, определяемое расстояниями $a'a'' = aa'_1, b'b'' = bb'_1$, и $O''b'' = O'_1b_1$, так как все ее точки хотя и переместятся, но останутся на том же расстоянии от оси проекций. Точки пересечения ее с окружностью круга сечения e'_1 и d'_1 остается спроектировать в точки e и d на горизонтальную проекцию линии $ab — a'b'$, а с нее на вертикальную плоскость проекций в точки e' и d' . Таким образом, точки $e — e'$ и $d — d'$ являются точками пересечения данной прямой ab (образующей цилиндра или конуса) с данным шаром.

Частные случаи. В практике довольно часто приходится размечать ответвления цилиндрической трубы от сферической поверхности. При этом надо различать 3 случая:

1) ось цилиндра проходит через центр сферы (радиальна);

2) ось цилиндра не проходит через центр сферы, но лежит в плоскости большого круга сферы, и

3) ось цилиндра не проходит через центр сферы и произвольно расположена в пространстве.

Пример 1. Начнем рассмотрение с простейшего частного случая, когда ось цилиндра совпадает с продолжением вертикального диаметра сферы (рис. 265). В этом случае сечение цилиндра с шаром дает окружность диаметра $d =$ диаметру цилиндра, которая на вертикальной плоскости проектируется прямою DE . Развертка сферической зоны $ADEC$ производится приемами, указанными выше, а цилиндр разворачивается как прямой, с основанием DE .

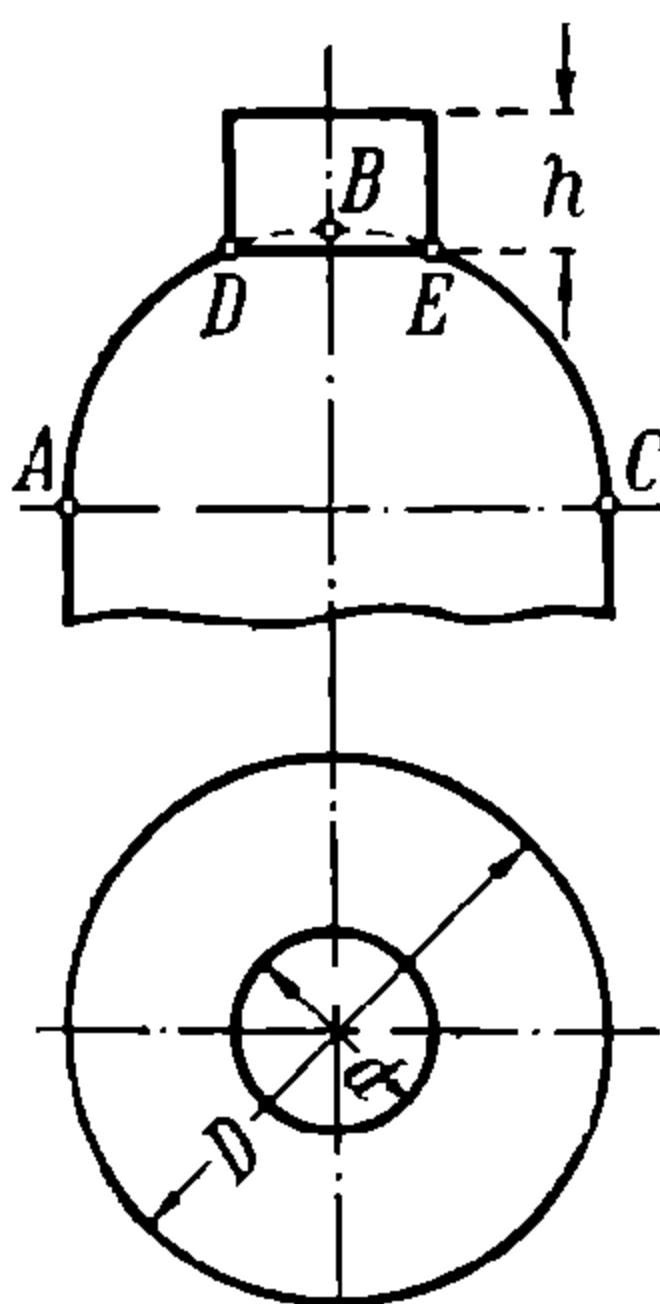


Рис. 265.

Пример 2. Ось цилиндра проходит через центр сферы, но с вертикальным диаметром образует угол (рис. 266). Пересечение цилиндра со сферой также даст круг, который спроектируется на горизонтальную плоскость проекции в виде эллипса, а на вертикальную плоскость проекции в виде наклонной прямой GH . Что касается сегментов, то их развертки строят сначала в предположении, что сфера пересечена плоскостью GG_1 — приемами, указанными в примере 1 (рис. 266 пунктир). Затем вносятся в развертку поправки; для этого точки M, L, N и K проектируют на окружность большого круга и получают точки L_1, N_1 и K_1 . Отрезки G_1L_1, G_1N_1 и G_1K_1 откладывают на соответствующих линиях разверток (рис. 266) и, соединив полученные точки L, N и K плавною кривою, находят искомые очертания сегментов; в данном случае подбирают четные

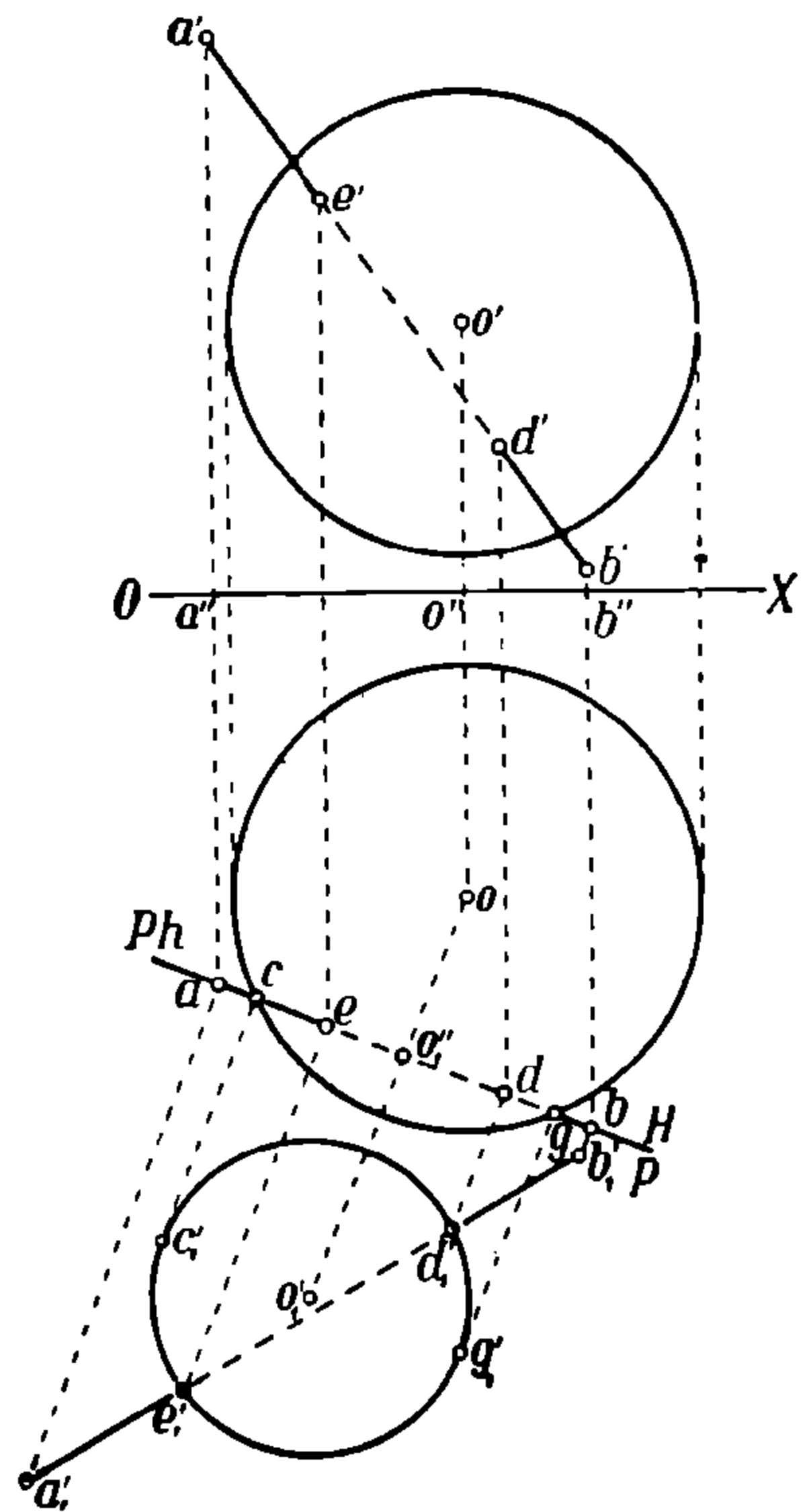


Рис. 264.

деления, чтобы получить симметричные пары листов и изготавливать по одному шаблону на каждую пару секторов.

Пример 3. Если ось цилиндра не проходит через центр сферы, но лежит в плоскости большого круга (рис. 267), то кривая сечения уже не

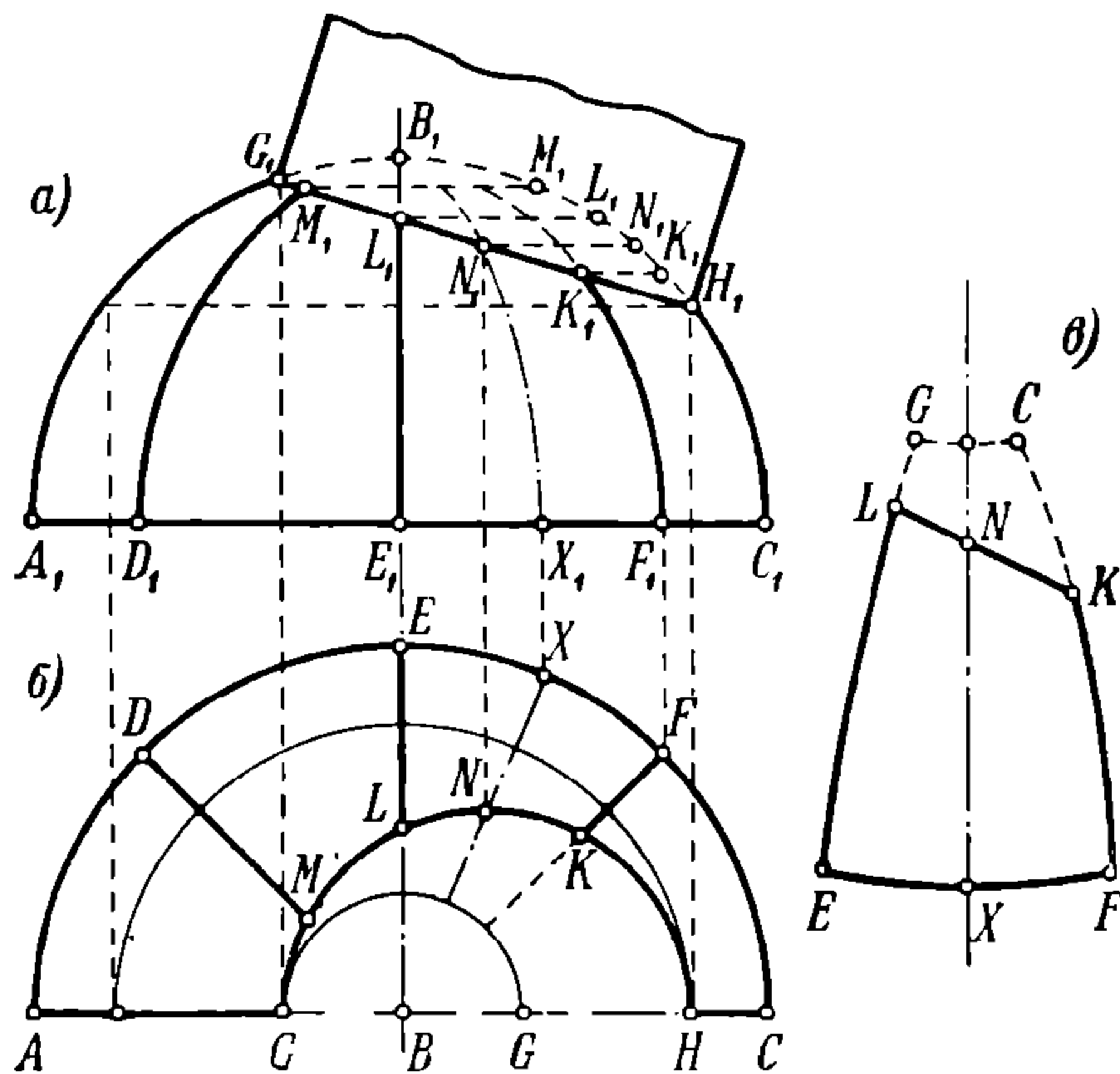


Рис. 266.

будет кругом, и его вертикальная проекция будет уже не прямой, а кривой линией. В этом случае надо прежде всего найти кривую сечения, для чего вычерчивают в возможно крупном масштабе сечение купола и отвода плоскостью, параллельной вертикальной плоскости проекций. Затем на основании цилиндра строят полукруг, который разбивают на произвольное число равных частей в точках 1, 2, 3, 4, 5 и проводят соответствующие образующие цилиндра, которые продолжают до линии ON , проведенной из центра сферы O перпендикулярно к оси ци-

линдра. Точки пересечения крайних образующих 1 и 5 с окружностью большого круга купола D и C очевидно принадлежат искомой кривой сечения. Чтобы получить теперь промежуточные точки E, F, G кривой сечения поступают следующим образом. Дополнив очертание большого круга (пунктир), находят точки пересечения его с проекциями образующих H, K и L . Из точек N, M и P очерчивают дуги радиусами NH, MK и PL ; точки пересечения дуг NH и L с осью цилиндра $3' - M$, а дуги MK с образующей $1 - D$ проектируют на соответственные образующие и получают таким образом точки E, F и D , принадлежащие искомой кривой сечения. Соединив теперь точки D, E, F, G и C плавной кривой, находят вертикальную проекцию искомой кривой. Остается развернуть цилиндр и шаровую поверхность уже известными приемами.

Пересечения цилиндра или конуса с телом вращения. Иногда приходится строить пересечения конуса или цилиндра с телом вращения произвольного очертания. В этом

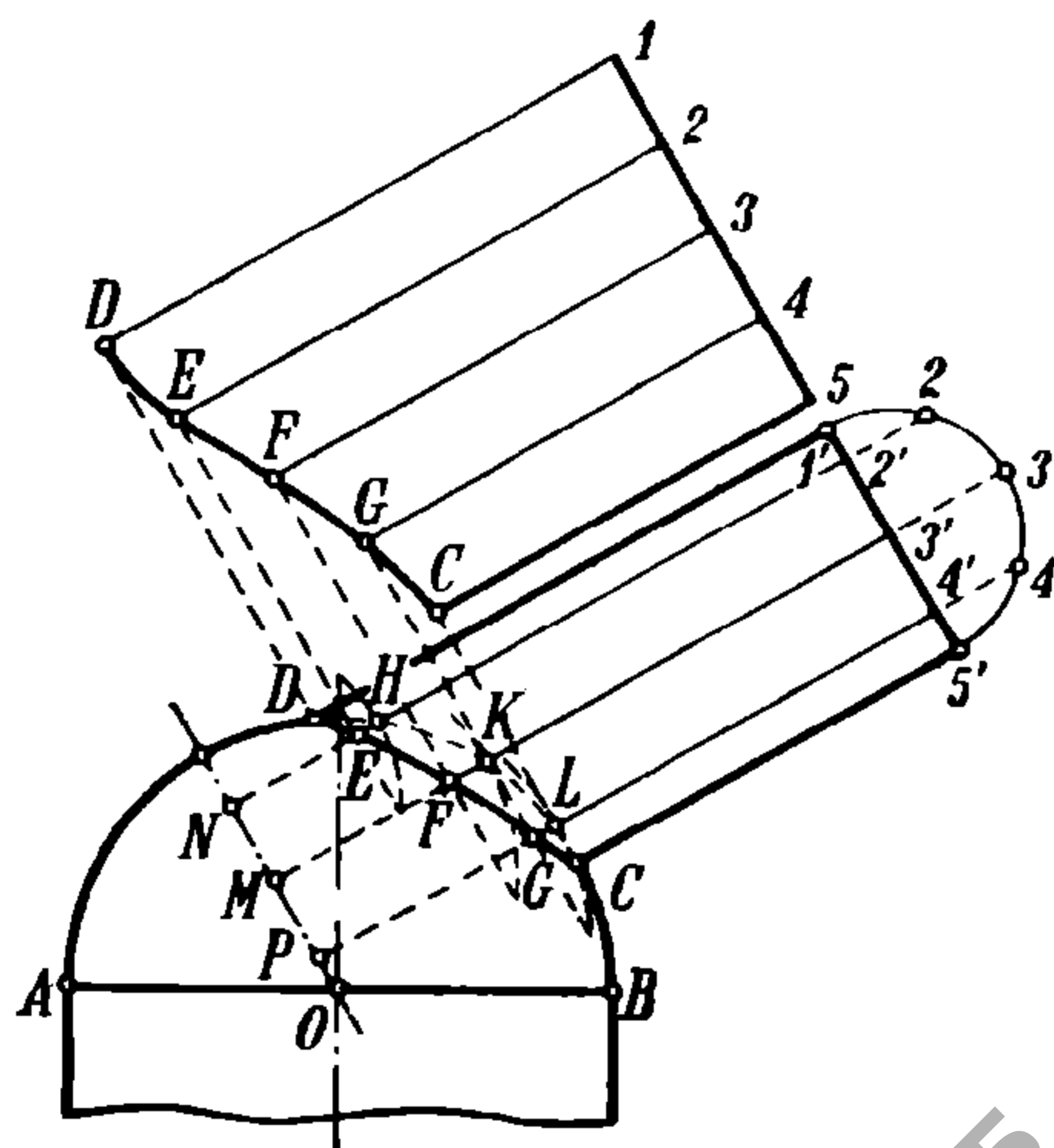


Рис. 267.

случае поступают аналогично предыдущим примерам, т. е. находят точки пересечения отдельных образующих с данным телом вращения и затем соединяют полученные точки плавной кривой. Пусть дано например тело вращения $ABCD$ (рис. 268) и требуется найти точки пересечения с ним прямой $ab — a'b'$ (образующей конуса или цилиндра). Проводят через прямую плоскость Ph , перпендикулярную к горизонтальной плоскости проекции, а тело вращения рассекают рядом плоскостей, параллельных горизонтальной плоскости проекций по кругам $1, 2, 3, 4 \dots$, точки пересечения которых с плоскостью Ph совпадут на горизонтальной проекции с прямой ab и дадут ряд точек $1', 2', 3', 4'$. Эти точки проектируют на соответственные проекции кругов на вертикальной плоскости проекции и получают ряд точек $1'', 2'', 3'', 4''$. Если теперь соединить эти последние кривыми, то находят линии пересечения поверхности вращения с плоскостью Ph , а следовательно на этих кривых должны лежать и точки пересечения линии $ab — a'b'$ с той же поверхностью. Таким образом точки $d' — d''$ и $e' — e''$ будут точками пересечения прямой $ab — a'b'$ с найденной кривой и являются этими искомыми точками.

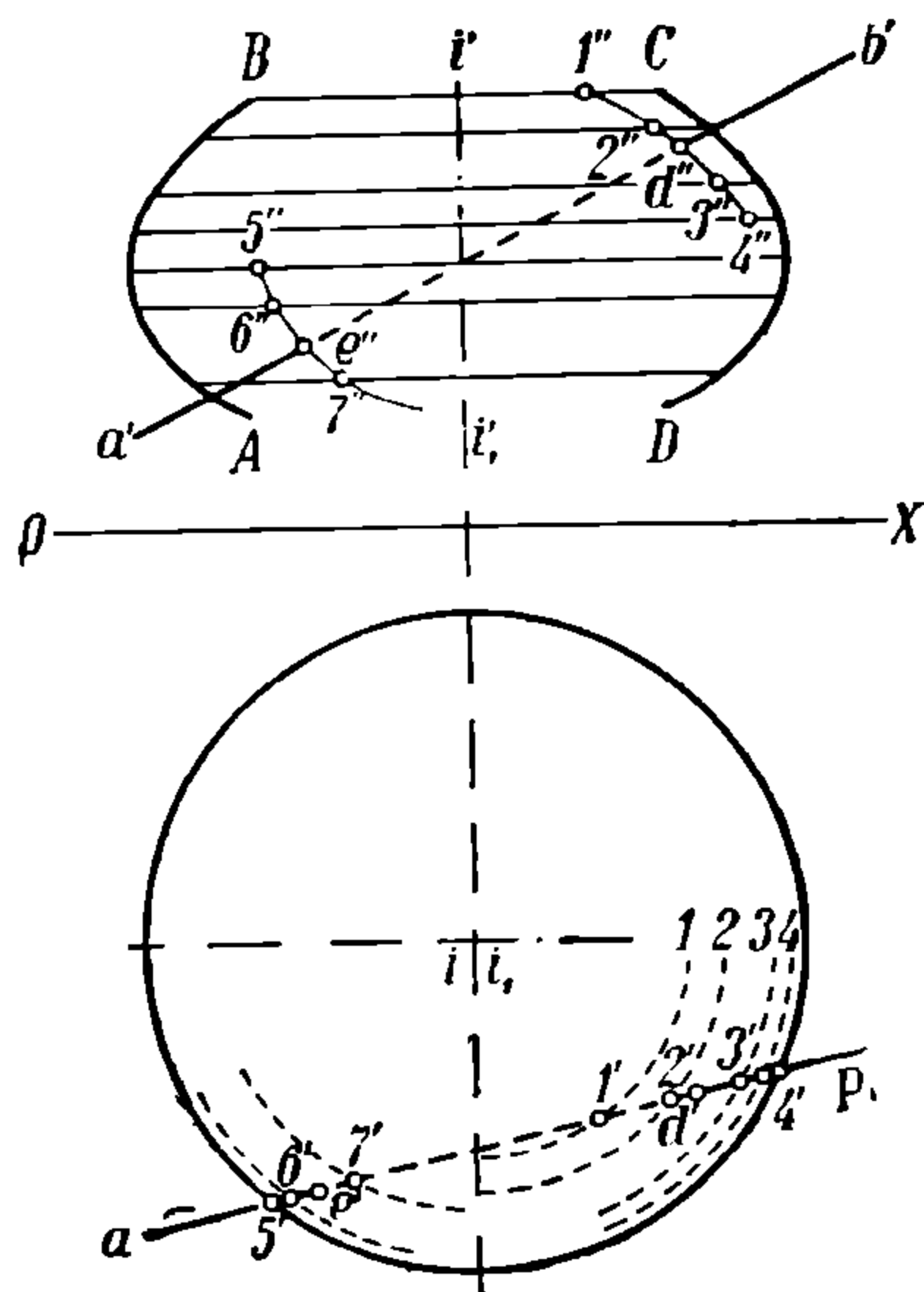


Рис. 268.

Проделав подобное построение относительно других образующих цилиндра или конуса, отыскивают ряд точек, принадлежащих искомому сечению цилиндра или конуса с произвольной данной поверхностью вращения, а соединив их, самую кривую сечения.

ГЛАВА V

РАЗМЕТОЧНЫЕ И ОБРАБОТОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ.

§ 24. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ.

Разметочные, обработочные и конструктивные размеры. Разметочными размерами называются размеры, которые служат разметчику основой для нанесения на материал знаков, согласно которым он должен быть обработан, чтобы получить деталь (или изделие) именно тех размеров и той формы, какие требуются по чертежу. Эти последние размеры, в отличие от разметочных, называются обработочными размерами.

Разметочные размеры обыкновенно отличаются от конструктивных размеров чертежа и от обработочных. Умение их устанавливать по данным чертежа составляет главную задачу разметчика.

Разметочные размеры прямолинейных деталей могут быть в большинстве случаев получены прямо с чертежа по указанным в нем конструктивным размерам, а иногда, когда конструктор свещ в разметочных работах, он даже указывает некоторые из них. В случае же кривых очертаний изделия (в виде цилиндра, конуса, сферы и т. п.) разметочные размеры как правило не могут быть непосредственно получены из чертежа, а должны быть вычислены, причем необходимо руководствоваться данными чертежа.

Вообще говоря, разметочный размер есть величина условная, и обычно разметочные размеры представляют собой размеры схемы данного изделия, согласно которой производился расчет прочности, и являются или расстоянием между точками пересечения центровых линий заклепочных швов, или расстоянием между центрами крайних заклепочных отверстий данной детали. Прибавляя к разметочному размеру расчетные (конструктивные) расстояния до концов полосы или до кромок листа, мы получаем уже точные, согласно расчету, геометрические размеры данной детали, в которые должны быть внесены еще поправки на обработку (т. е. на вытяжку или на усадку и на обработку резцом), чтобы получить окончательные обработочные размеры, согласно которым лист или полоса должны быть обработаны.

Поэтому, размеры гнутых деталей, указывающие начало загиба или его конец, а также проставляемый обычно на шаблоне радиус загиба, также являются разметочными размерами, не указываемыми обычно на чертеже, а устанавливаемыми (вычисляемыми) разметчиками.

Для пояснения сказанного обратимся к примерам.

Пример 1. На эскизе прямоугольного листа, изображенного на рис. 60, расстояния между центровыми линиями заклепок — поперечного шва ab и $a'b'$ и продольного aa' и bb' — являются разметочной шириной и длиной листа и, чтобы получить его обработочные размеры, надо

к этим разметочным размерам прибавить расстояние (согласно расчету и чертежу) от центров обязательных (крайних, в данном случае) дыр до кромок листа плюс припуск на обработку (строжку) кромок, если таковая требуется.

Пример 2. На рис. 269 показана полоса углового железа с разметочной длиной l_p , прибавив к которой e_1, e_2 (расстояния до кромки) и z_1, z_2 (припуски на обработку), мы получим обработочную длину угольника $L = l_p + e_1 + e_2 + z_1 + z_2$.

Здесь кстати будет отметить, что упоминавшиеся на предыдущих страницах осевые и центровые линии требуют в известных случаях для своего нанесения предварительного определения некоторых разметочных и даже обработочных размеров.

Риски. Равным образом, для нанесения при разметке углового железа на его полках линий расположения центров заклепок, называемых в цехах рисками или

центровыми линиями, необходимо определить расстояние, на котором эти линии должны отстоять от обушка (ребра двугранного угла) размечаемого угольника. На чертежах этого размера обычно не указывают, перелагая его установление на разметчика.

По этому поводу можно отметить, что риска наносится на угольник с таким расчетом, чтобы было возможно, в случае устройства стыка уголка, удобно разместить головку заклепки с внутренней стороны стыковой накладки (рис. 270).

Этот разметочный размер k , определяющий положение центров линии (риски) на полках уголка, стоит в прямой зависимости от ширины полки и ее толщины, причем он должен быть таким, чтобы центровая линия на наружной полке стыкаемого

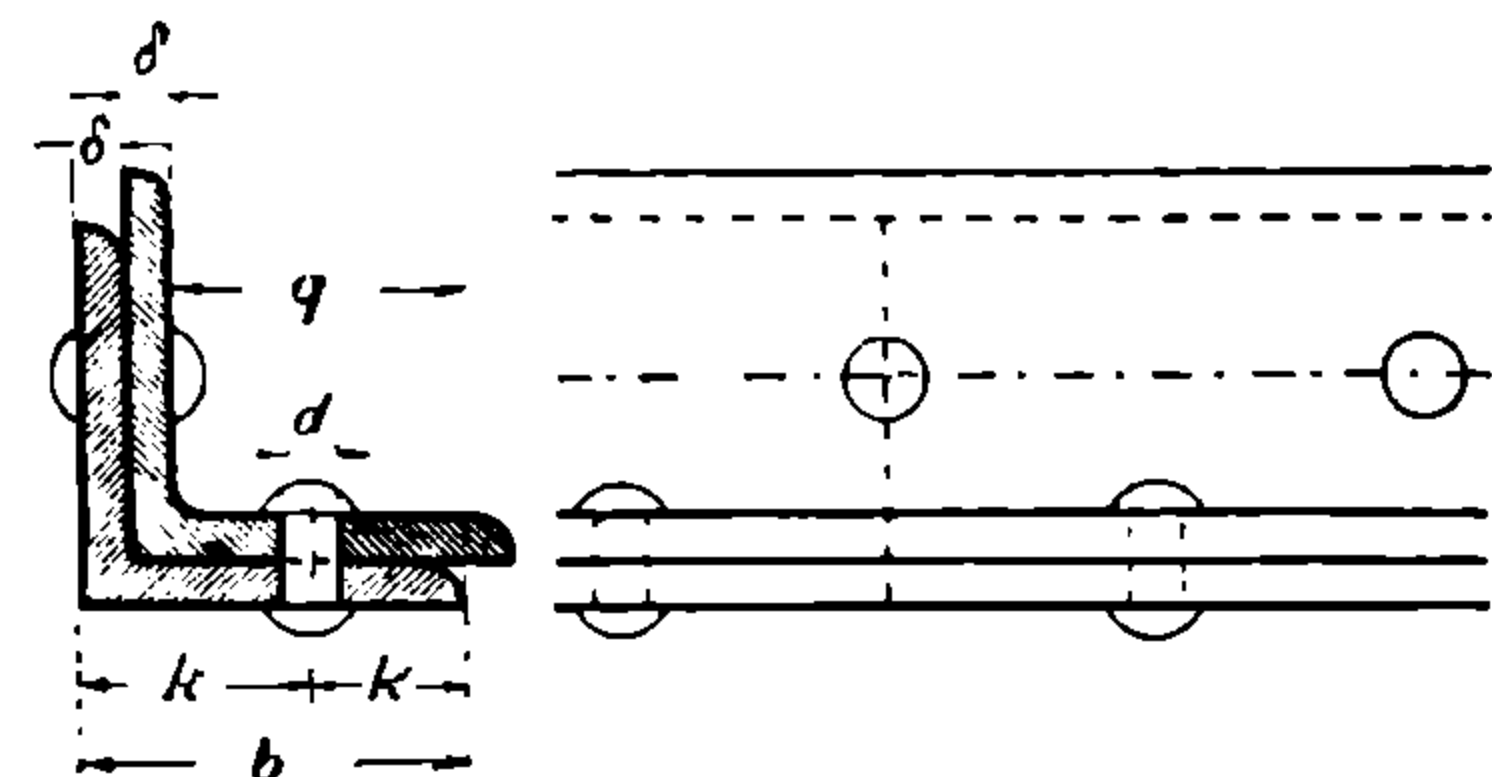


Рис. 270.

уголка приходилась на таком расстоянии, чтобы оси заклепок делили внутреннюю полку стыковой накладки (размер q) пополам. Поэтому

$$k = \frac{q}{2} + 2\delta = \frac{b - 2\delta}{2} + 2\delta = \frac{b}{2} + \delta.$$

В виду того, что профили углового железа в настоящее время нормализованы (см. ОСТ 8—31 и 128), то и размер k (до риски) может быть с точностью установлен и стандартизован и представляется в следующей зависимости от ширины и толщины полки ¹⁾:

$b =$	35	40	45	50	60	65	75	80	90	100
$\delta =$	4—5	4—6	5—7	5—7	6—8	6—10	8—12	8—12	10—14	10—16
$k =$	21—22	24—26	27—29	30—32	36—38	38—42	45—49	48—52	55—59	60—66

¹⁾ Приведенные в настоящей книге проф. К. Г. Грейнера величины отстояния рисок заклепочных отверстий от обушка угольника вызваны стремлением внести.

При широких полках уголков (свыше 100 мм) заклепки располагаются в шахматном порядке и риски наносятся на полки уголков на следующих расстояниях от ребра:

при ширине полки	$b = 120$	130	140	150 мм
для внутреннего ряда	$k_1 = 35$	40	43	53
для внешнего ряда	$k_2 = 97$	95	98	100

Если в качестве дальнейшего примера мы возьмем круглый лист *A* (рис. 271а), из которого должно быть изготовлено днище *B* (рис. 271б),

то разметочными его размерами будут: диаметр линий начала *b* загиба, его ширина *ab* и ширина кромки отогнутого фланца *ac*, соответствующие одноименным точкам на фиг. 6. Исходя из этих размеров, может быть найден и геометрический (разметочный) размер листа (окружность *c*). Обработочный же диаметр листа (окружности *d*) должен быть определен разметчиком, учитывая, с одной стороны, осаживание борта при его отгибании и запас (припуск) на обработку кромки борта резцом. В данном случае, благодаря осаживанию материала при образовании фланца, обработочный диаметр (окружность *d*) получится, как мы увидим дальше, даже меньшего размера, чем он получается на основании

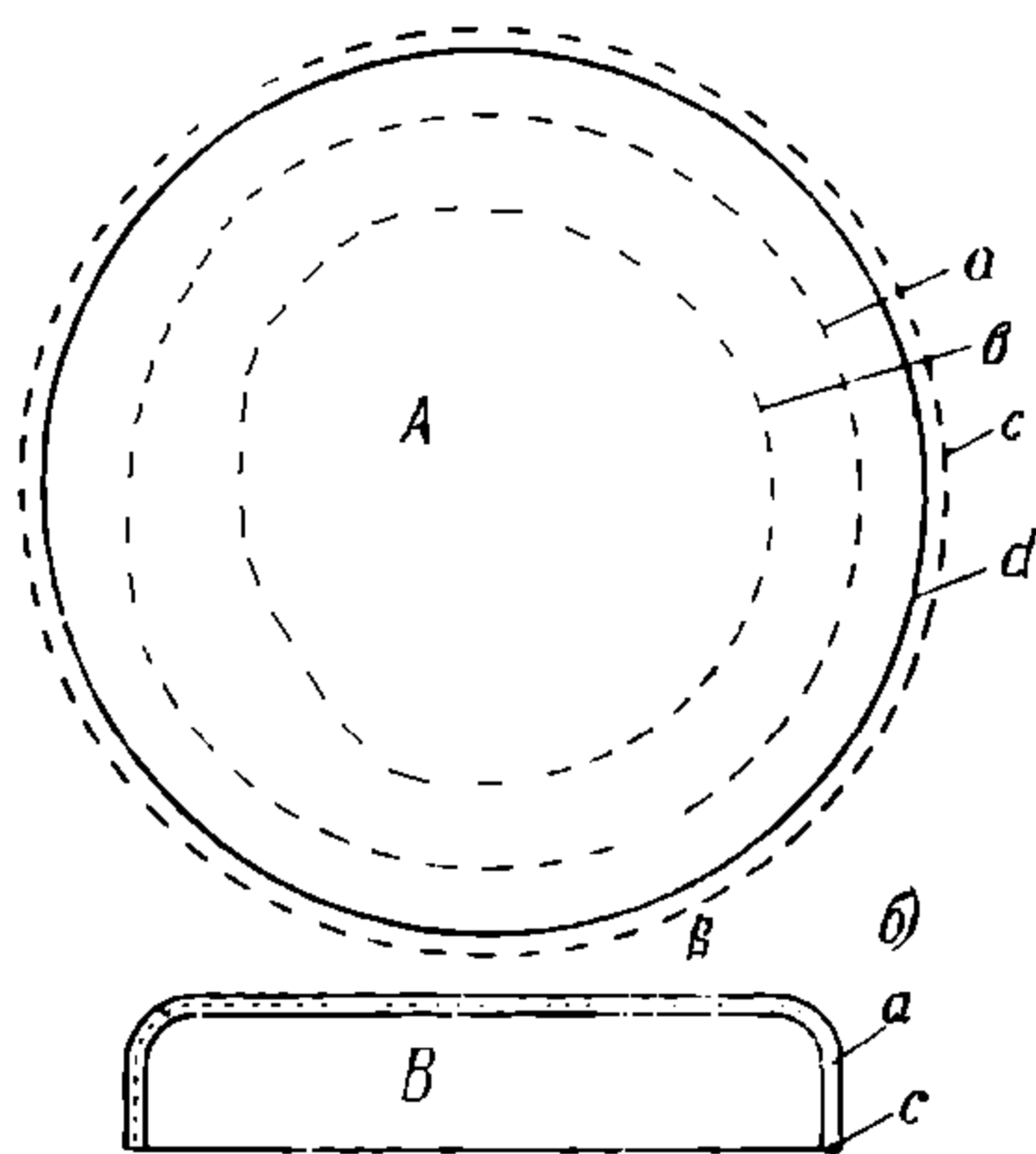


Рис. 271.

геометрического подсчета (меньше разметочного размера).

Если бы наше днище (рис. 271) должно было иметь в центре горловину, то обработочный диаметр центрального отверстия нужно было бы взять меньше вычисленного разметочного, чтобы иметь достаточный запас материала, учитывая вытяжку борта при его отгибе и связанное с этим уменьшение высоты борта.

некоторую ясность в этот вопрос и имеют целью устранить тот разноречивый в этой области, который наблюдается как у заводов, так и у многочисленных проектных организаций.

Следует отметить, что значительный процент брака, вызываемого несовпадением дыр (так называемые „слепые дыры“) отдельных стальных конструкций, относится именно к путанице в рисках по полкам или стенкам профилей. В заграничной практике для устранения этого явления существуют утвержденные государством стандарты заклепочных рисков, как например, германский стандарт DIN № 996 и № 997, австрийский стандарт SORM № В — 2335 и т. д. Были в этом направлении проделаны работы и в СССР. Так, имеется разработанный в 1928 году б. секцией мостостроения Главчермета ВСНХ промстандарт № 2000 рисков в угольниках. Наконец, и отдельные крупные заводы и проектные организации составили свои нормы для заклепочных рисков (например, таблицы рисков Гипростальмоста, Шахтостроя, Верхнеалдинского завода, Днепропетровского завода Стальмоста и др.).

В настоящий момент с целью ликвидировать этот разноречивый и раз навсегда установить известные правила при нанесении рисков, Институтом норм и стандартов строительной промышленности Главстройпрома окончен разработкой проект стандарта рисков для размещения заклепок в прокатных профилях, который после утверждения явится обязательным для применения. Вследствие сказанного, приводимые выше данные должны быть отнесены к числу временных и подлежат замене после утверждения указанного проекта стандарта. — *Ред.*

Рассмотрим теперь некоторые общие правила и методы определения главных разметочных размеров.

§ 25. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕТОЧНЫХ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ.

В металлических конструкциях обычного типа, в виде разного рода клепаных колонн и балок со сплошными стенками, каркасов зданий, бункеров и т. п., материал, вообще говоря, не подвергается при обработке формоизменениям под действием давления и ударов, и не происходит поэтому ни вытяжки, ни осаживания металла. Линейные размеры его остаются, таким образом, неизменными при дальнейшем ходе производства, вследствие чего разметочные размеры элементов таких конструкций можно получать непосредственно с чертежа, в некоторых лишь случаях прибегая к самым простым подсчетам, производимым в большинстве случаев, как говорится, „в уме“.

Что же касается раскосных ферм — мостовых, стропильных и т. п., лежащих своими концами на двух опорах или свешивающихся, то здесь вопрос не разрешается так просто, и разметчику (или конструктору в техническом бюро) приходится проделывать подчас весьма сложные и кропотливые подсчеты, чтобы установить точные разметочные размеры элементов такого рода конструкций.

Дело в том, что расчет на прочность таких изделий ведется обычно по геометрической схеме конструкции, без учета временных (исчезающих) деформаций конструкции, вызываемых действием внешних нагрузок, испытываемых ею при эксплуатационной службе.

Строительный подъем. Так как упомянутые выше фермы всегда дают, под влиянием действующих на них статических и динамических нагрузок, некоторый прогиб, между тем как расчет на прочность ведется в предположении вполне определенной, геометрически правильной формы, то при изготовлении фермы ей приходится придавать такое очертание в ненагруженном состоянии, чтобы при появлении этих нагрузок она приняла очертание, соответствующее положенной в основу расчета геометрической ее форме, и не обнаруживала бы провисания. Заметим, что провисание, даже исчезающее и следовательно не представляющее никакой опасности, не должно быть допускаемо, с одной стороны, вследствие внесения этим явлением значительной доли неопределенности в вопрос о запасе прочности сооружения (по существу отличающегося от того, которое было положено в основу расчета), а с другой — вследствие чисто психологического действия на наблюдателя, у которого вид всякого провисшего перекрытия инстинктивно вызывает сомнение в его прочности.

Поэтому раскосные фермы и балки изготавливаются обычно в виде несколько выгнутых кверху систем, чтобы, когда такая балка или ферма будет установлена на своих опорах, она при действии на нее нагрузок, на которые она рассчитана, приняла совершенно горизонтальное положение. Этот умышленно придаваемый раскосным балкам выгиб кверху называется строительным подъемом и составляет теоретически, согласно Техническим условиям НКПС, около $1/1000$ от пролета, т. е. от расстояния между расчетными точками опоры данной фермы. Практически же, учитывая неизбежность известной неточности сборки и несовершенство клепки, строительный подъем дается заводами: а) для перекрытий зданий — только в случаях пролетов свыше 10 м — от $1/2000$ до $1/1000$ пролета,

и б) для мостовых и тому подобных ответственных ферм, подверженных при эксплуатации переменным (динамическим) нагрузкам и сотрясениям, сопряженным с ударами, от $\frac{1}{800}$ до $\frac{1}{550}$

Строительный подъем придается обычно тому горизонтальному поясу фермы, к которому непосредственно приложена нагрузка, а очертание другого пояса получается при этом само собой вследствие того, что высота фермы остается неизменной, установленной расчетом. Придание ферме строительного подъема осуществляется тем, что каждый ее узел получает некоторое возвышение против его положения на расчетной схеме, причем

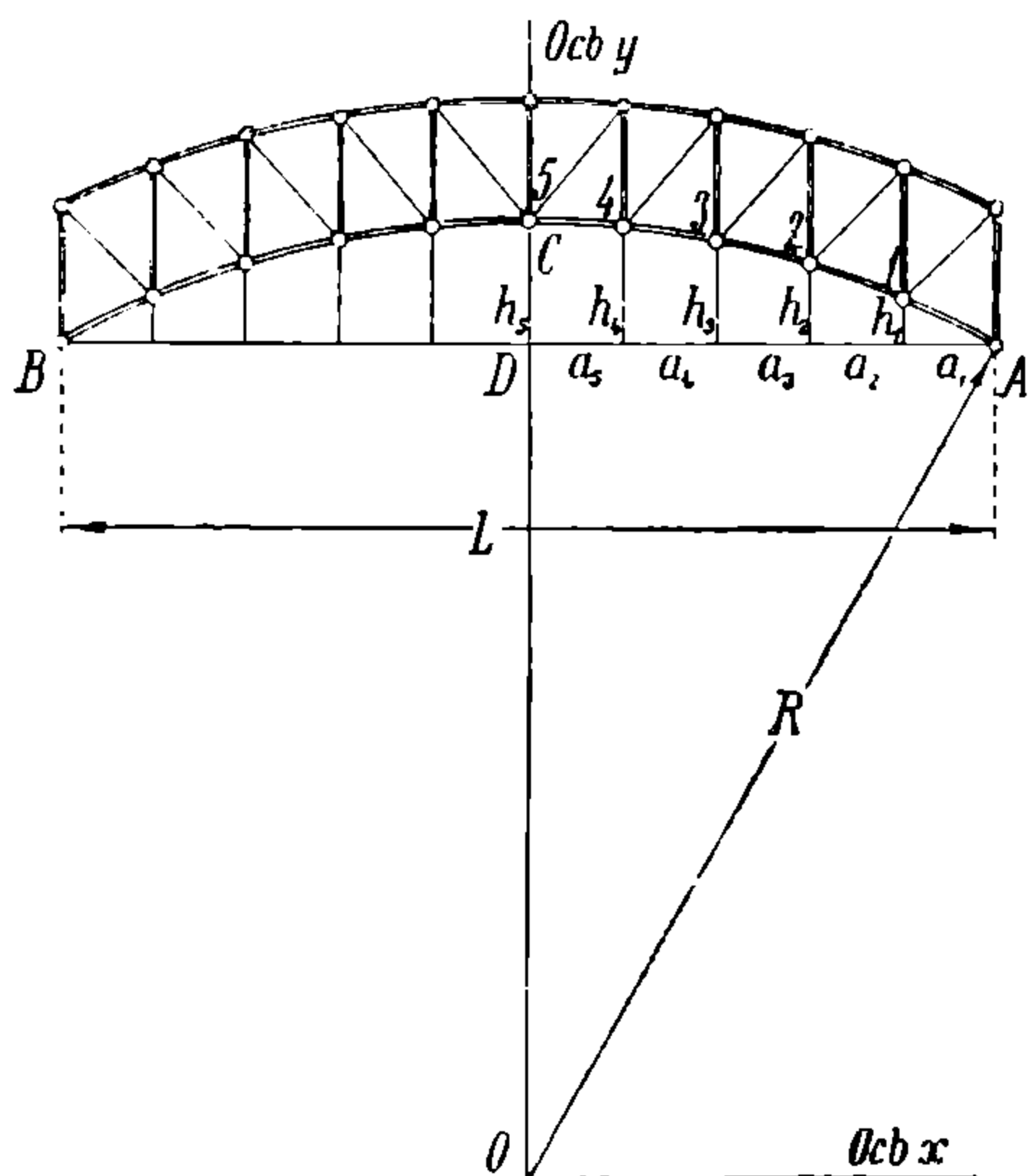


Рис. 272.

эти величины возвышения узлов по всей длине фермы постепенно нарастают — от опор к середине — и узловые точки фермы располагаются по некоторой кривой. Для обыкновенных конструкций этой кривой придается очертание по дуге круга, а для мостовых ферм — по параболе, соответственно прогибу сплошных балок под действием равномерной нагрузки.

В этом и другом случае величины подъема для каждого узла определяются вычислением:

1) Если подъем фермы очерчен по дуге круга (рис. 272), то высота подъема отдельных узлов вычисляется по уравнению окружности круга относительно центра:

$$x^2 + y^2 = R^2, \quad (a)$$

где x и y — координаты точек дуги, а R — радиус, который определяется следующим образом. Пусть пролет фермы $AB = L$ (рис. 272), длина панелей a_1, a_2, a_3, a_4 и a_5 , R — строительный подъем на середине фермы:

$$CD = h_5 = \frac{L}{1000}.$$

Из рис. 272 видно, что $h_5 = R - \overline{OD}$, а из треугольника AOD , что

$$OD = \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

Следовательно:

$$h_5 = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}, \quad (b)$$

откуда

$$R = \frac{h_5}{2} + \frac{L^2}{8h_5}.$$

Тогда для узлов 1, 2, 3, 4 и 5 будем иметь согласно уравнению (a): для узла 5 при значениях $x_5 = 0$; $y_5 = R$ по уравнению (b):

$$h_5 = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2};$$

для узла 4 при значениях $x_4 = a_5$; $y_4 = \sqrt{R^2 - a_5^2}$ по уравнению (b):

$$h_4 = y_4 - OD = y_4 - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2};$$

для узла 3 при значениях $x_3 = a_4 + a_5$; $y_3 = \sqrt{R^2 - (a_4 + a_5)^2}$ по уравнению (b):

$$h_3 = y_3 - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

для узла 2 при значениях $x_2 = a_3 + a_4 + a_5$; $y_2 = \sqrt{R^2 - (a_3 + a_4 + a_5)^2}$ по уравнению (b):

$$h_2 = y_2 - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

для узла 1 при значениях $x_1 = a_2 + a_3 + a_4 + a_5$; $y_1 = \sqrt{R^2 - (a_2 + a_3 + a_4 + a_5)^2}$ по уравнению (b):

$$h_1 = y_1 - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

Если все панели одинаковой величины, т. е. $a_2 = a_3 = a_4 = a_5$, то вычисления y значительно упрощаются.

2) Если подъем придан по параболе (рис. 273), то высота подъема отдельных узлов вычисляется по уравнению параболы $y^2 = 2px$, с осями координат, исходящими из вершины параболы,

причем ось y располагается горизонтально, а ось x — вертикально. При таком расположении параболы ее параметр $2p =$

$\frac{y^2}{x}$; откуда, приняв $y =$

$\frac{L}{2}$, а $x = h_5$, высоту подъема легко вычислить. Она опре-

деляется из разности $h_4 = h_5 -$

x_n , где x_n — абсцисса со-

ответствующей точки параболы, определяемая из уравнения $x_n = \frac{y_n^2}{2p}$, где

y_n — расстояние n -го узла от середины пролета (узла 5).

Обратившись снова к схеме нашей фермы (рис. 273) с очертанием нижнего пояса фермы по параболе, найдем:

для узла 5 при значениях; $y_5 = 0$; $x_5 = 0$;

$$h_5 = h_5 - 0;$$

для узла 4 при значениях: $y_4 = a_5$; $x_4 = \frac{a_5^2}{2p}$;

$$h_4 = h_5 - x_4 = h_5 - \frac{a_5^2}{2p} = h_5 - \frac{4a_5^2}{L^2};$$

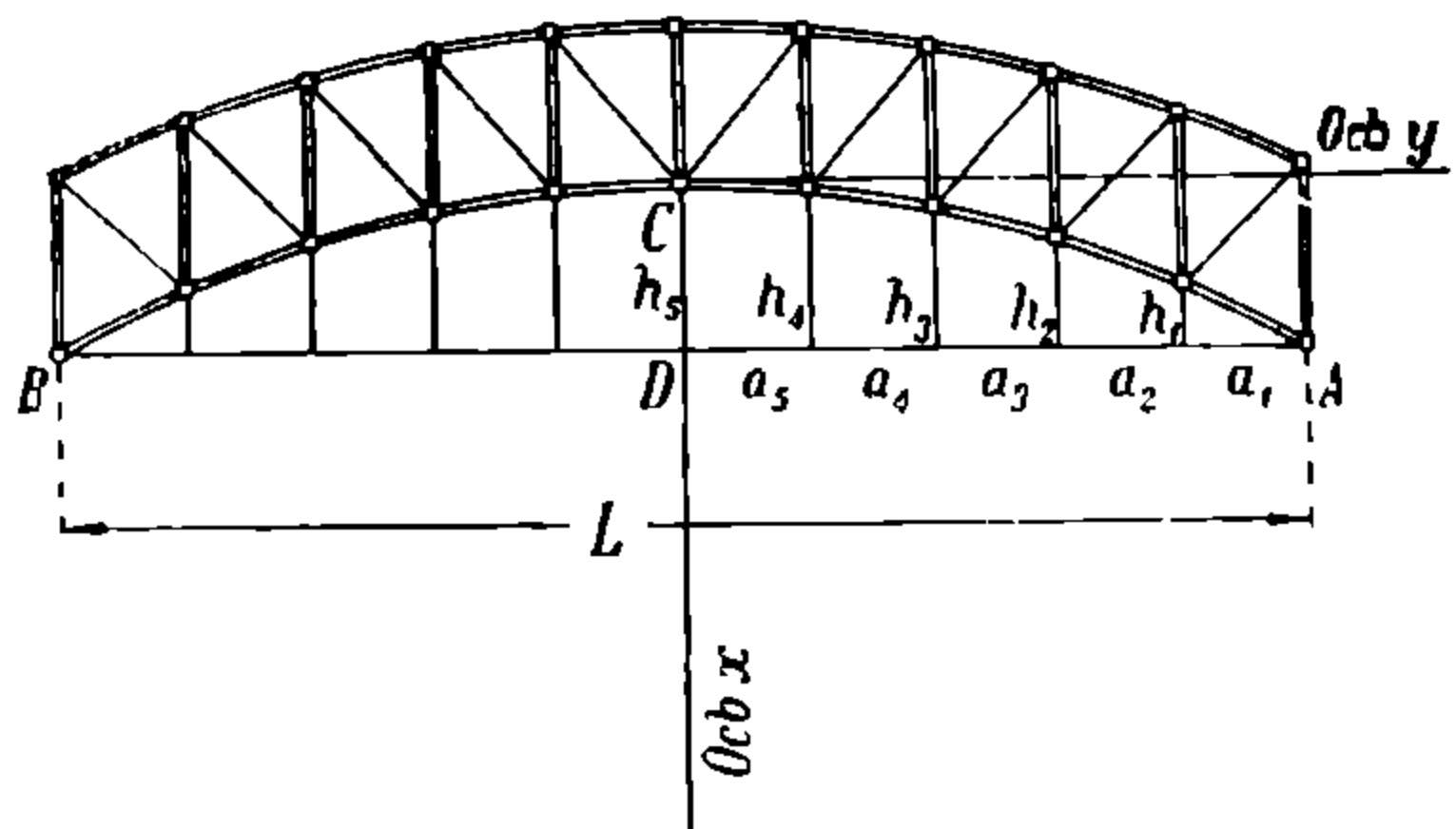


Рис. 273.

для узла 3 при значениях: $y_3 = a_5 + a_4$; $x_3 = \frac{(a_5 + a_4)^2}{2p}$

$$h_3 = h_5 - x_3 = h_5 - \frac{4(a_5 + a_4)^2 h_5^2}{L^2};$$

для узла 2 при значениях: $y_2 = a_5 + a_4 + a_3$; $x_2 = \frac{(a_5 + a_4 + a_3)^2}{2p}$;

$$h_2 = h_5 - \frac{4(a_5 + a_4 + a_3)^2 h_5^2}{L^2};$$

для узла 1 при значениях: $y_1 = a_5 + a_4 + a_3 + a_2$; $x_1 = \frac{(a_5 + a_4 + a_3 + a_2)^2}{2p}$;

$$h_1 = h_5 - \frac{4(a_5 + a_4 + a_3 + a_2)^2 h_5^2}{L^2}$$

Перерасчет схемы фермы. Вследствие придания ферме подъема, ее конфигурация несколько изменится, а именно: в случае, например, мостовой фермы, как показано пунктиром на рис. 274.

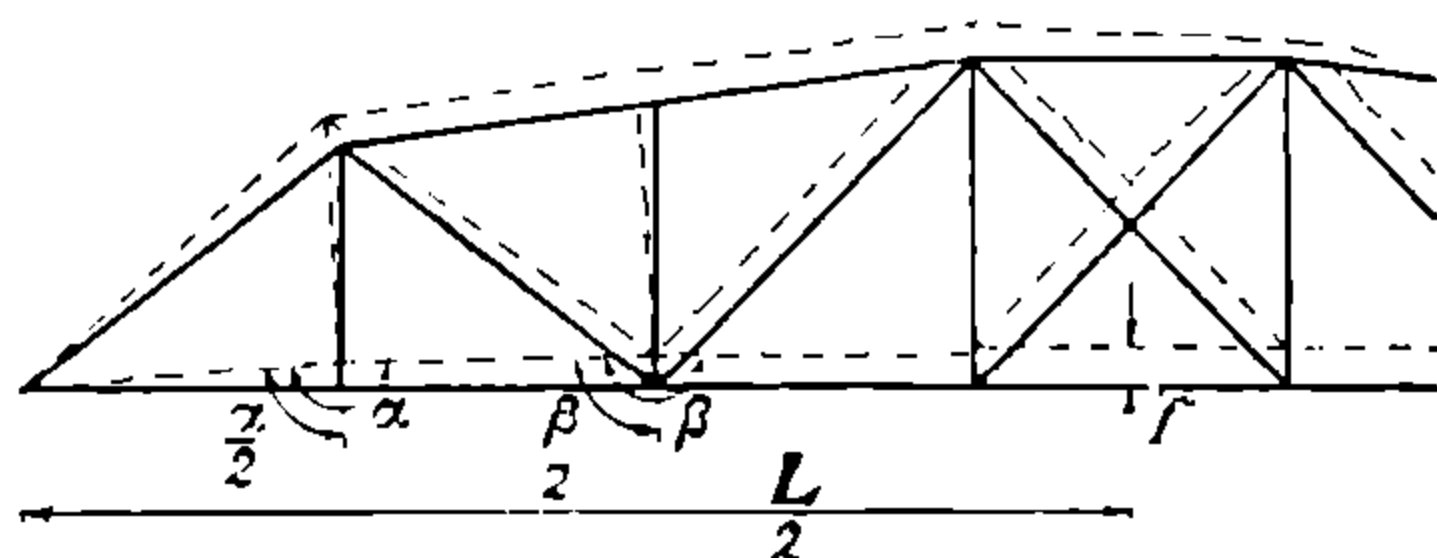


Рис. 274.

Для составления измененной схемы принимают, что:

а) расстояния по горизонтали между узлами фермы остаются неизменными, т. е. что подъемы в узлах откладываются по вертикали;

б) высоты фермы также остаются неизменными, т. е. что стойки сохраняют свою длину;

в) оси стоек перемещаются в положение биссектрис углов, образуемых смежными панелями пояса, вследствие чего:

г) раскосы и панели поясов изменяют свои длины и подлежат перерасчету, исходя из конфигурации новой схемы фермы.

Этот перерасчет производится следующим образом. Пусть (рис. 275) точки 1—2 обозначают узлы пояса, примыкающие к панели (1—2), а (1'—2')—новое положение панели (1—2); тогда, так как горизонтальное расстояние между точками 1 и 2 остается неизменным в предположении, что подошва стоек перемещается (при придании подъема) по вертикали, то, проведя через 1' линию (1'—2''), параллельную (1—2),

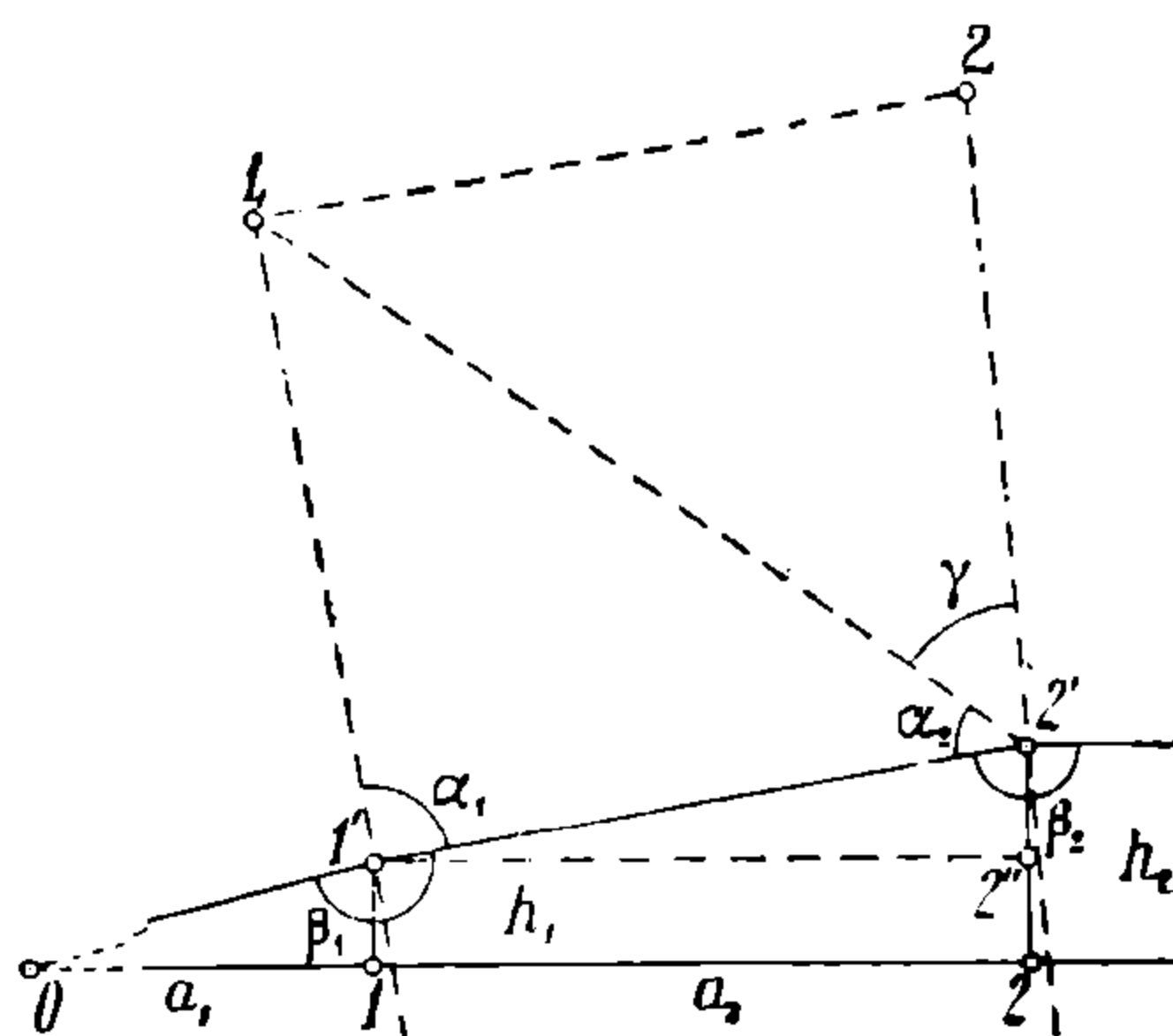


Рис. 275.

мы получим прямоугольный треугольник 1' 2' 2'', в котором новая длина панели (1'—2') является гипотенузой и, следовательно,

$$(1' - 2') = \sqrt{(1' - 2'')^2 + (2' - 2'')^2}, \quad \text{где} \quad (2' - 2'') = (2 - 2') - (2 - 2'') = h_2 - h_1, \quad \text{т. е. разности подъемов в концах данной панели.}$$

Для определения новой длины раскоса ($1_1 - 2'$) мы имеем $\triangle (1' 1_1 2')$, в котором нам известны две стороны: $(1_1 - 1') =$ длине стойки (остающейся неизменной) и $(1' - 2') =$ новой длине панели ($1 - 2$) и угол между ними $1_1 1' 2' = \alpha_1$, на основании которых легко ее определить по известной из тригонометрии формуле:

$$(1_1 - 2') = \sqrt{(1_1 1')^2 + (1' 2')^2 - 2(1_1 1')(1' 2') \cos \alpha_1}.$$

Что касается угла α , то он служит дополнением к углу $\frac{\beta_1}{2}$ до 180° , т. е. $\alpha_1 = 180 - \frac{\beta_1}{2}$, так как, согласно п. „в“ (см. выше) линия $(1_1 - 1')$ делит угол β_1 пополам. Угол β_1 , в свою очередь, определяется как сумма углов $0 1' 1$ и $2' 1' 2''$, легко находимых из прямоугольных треугольников $0 - 1' - 1$ и $2' 1' 2''$, легко находимых из прямоугольных треугольников $0 1 1'$ и $1' 2' 2''$ и прямого угла $1 1' 2''$.

Определив $(1_1 - 2')$, переходят к вычислению длины панели верхнего пояса ($1_1 - 2_1$) из треугольника $1_1 2_1 2'$, в котором известны две стороны: $(2_1 - 2')$ (длина стойки), $(1_1 - 2')$ (только что определенная) и угол γ , определяемый как разность: $\gamma = 180 - \left(\frac{\beta_2}{2} + \alpha_2 \right)$; угол β_2 вычисляется приемом, аналогичным приведенному выше для угла β_1 , а угол α_2 из треугольника $1_1 1' 2'$ по вышеприведенной формуле.

Идя таким же образом дальше, вычисляют углы и стороны одного треугольника за другим и находят постепенно новые длины всех раскосов и панелей обоих поясов. После этого остается вычертить в масштабе новую схему и пересоставить эпюру стыков фермы (рис. 276) в соответствии с новой схемой. При этом случается, что, несмотря на значительные припуски в длинах, даваемые при заказе материала, приходится некоторые листы перезаказывать.

Поэтому в настоящее время считается обязательным делать перерасчет расчетных длин стержней фермы еще до заказа материала в техническом бюро и проверять эпюру, внося в нее, если требуется, соответственные исправления.

Тем не менее, во избежание крупных недоразумений, могущих обнаружиться слишком поздно, можно рекомендовать делать в разметочной мастерской (если эскизы шаблонов изготавливаются ее силами) указанный выше перерасчет длин элементов и проверку эпюры.

Способы проверки эпюры лучше всего уяснить себе на конкретном примере, который приведен в главе VII.

Разметочные и обработочные размеры элементов фермы. Выше говорилось о длинах отдельных стержней фермы, соответствующих ее расчетной (теоретической) схеме. В дальнейшем на основании этих расчетных размеров определяются уже разметочные размеры отдельных элементов.

При этом нужно иметь в виду, что линии расчетной схемы фермы пролегают по центрам тяжести отдельных ее элементов.

Так, например, если сечение панели $1 - 2$ схемы (рис. 277) имеет вид, изображенный на рис. 273, то линия $1 - 2$ проходит через центр тяжести сечения, т. е. точку A , положение которой определяется в техническом бюро соответственными подсчетами, при помощи которых устанавливаются расстояния a и b , указываемые обычно на чертеже фермы. При этом

вместо размера a на чертеже указывается обычно размер $c = 2a$, равный расстоянию между осевыми плоскостями (нейтральный слой) вертикальных листов данного пояса, а размер b обозначает расстояние линии соответ-

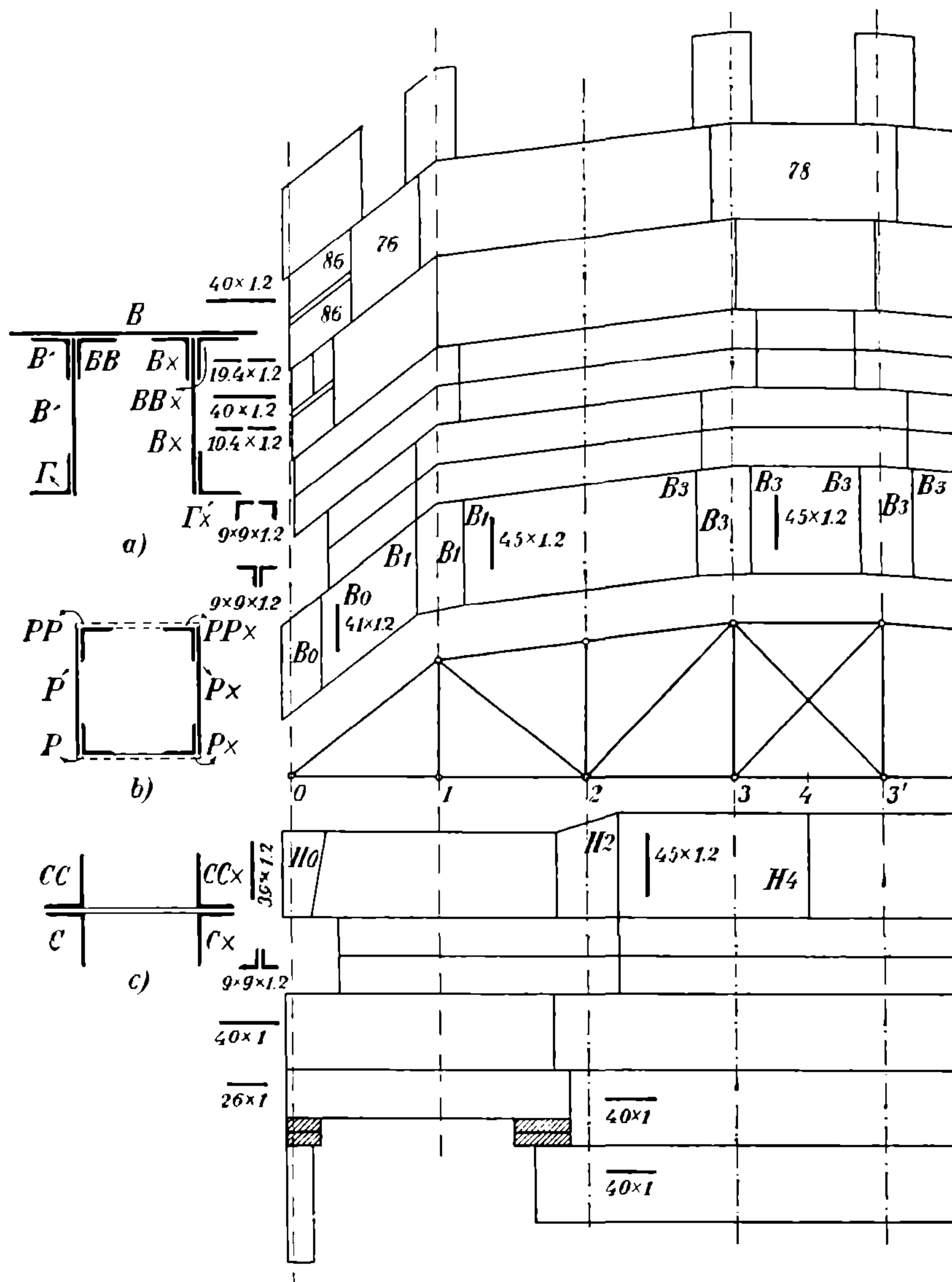


Рис. 276.

ственного стержня схемы, другими словами — центра тяжести сечения, до поверхности ближайшего горизонтального листа пояса (или, что то же самое, до наружной поверхности горизонтальной полки поясных уголков).

Эти последние размеры a и b служат уже для непосредственного определения разметочных, а по ним — и обработочных размеров

(по ширине) горизонтальных и вертикальных листов пояса и поясных угольников.

Пользуются ими следующим образом: прибавив к a по две полутолщины листов B и удвоенную риску наружных уголков, получают разметочную ширину d горизонтального листа, а увеличив ее на удвоенное расстояние от центральной линии заклепочного ряда до кромки листа, имеют обработочную ширину листа. Попутно отметим, что так как на горизонтальные листы идет обычно универсальное железо, кромки которого согласно Техническим условиям НКПС обработки не требуют, то к полученной обработочной ширине листа припуска на обработку прибавлять не требуется.

Размер d обычно также указывается на чертеже, откуда он может быть взят, но должен быть проверен путем увязки его с размером c .

Расположение на листе центральной линии внутреннего заклепочного ряда определяется также на основании размера c , из которого в этом случае нужно вычесть толщину вертикального листа и удвоенную риску внутреннего поясного уголка.

Что касается размера b , то им пользуются для определения разметочной ширины вертикальных листов: приняв одну из кромок листа за базис, проводят прямую линию на расстоянии b от нее и уже от этой линии наносят вычисленный размер до риски вертикальной полки поясного уголка и разметочную ширину листа f , если по верху идет уголок жесткости, или — обработочную ширину, если уголка жесткости нет.

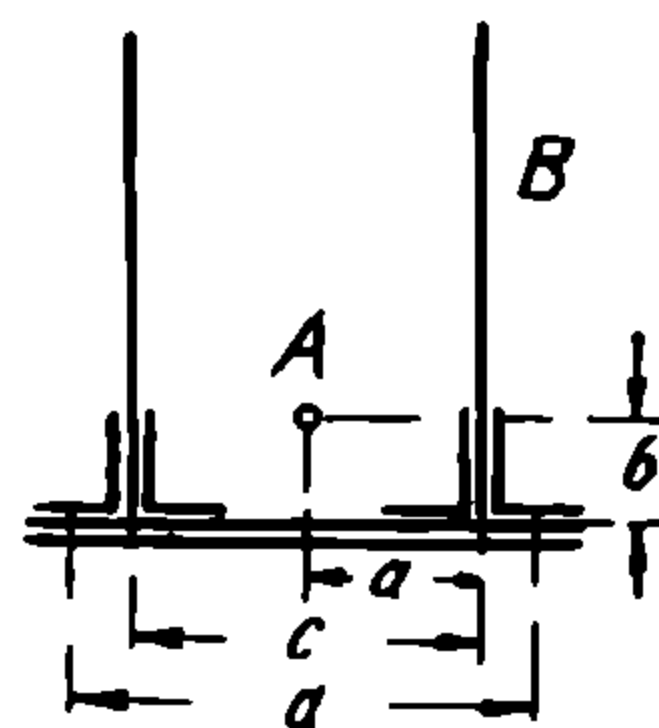


Рис. 277.

Что касается разметочных длин поясных листов и уголков, то берут их конструктивные размеры с эпюры и затем, на основании чертежей узлов фермы, прилегающих к данной панели, разметочные длины вычисляют путем сложения и вычитания соответствующих размеров, показанных на чертеже.

Приемами, только что описанными, определяются разметочные размеры и остальных элементов фермы. Так, например, пусть сечение раскоса представляет собою клепаный четырехугольник, составленный из двух боковых листов, четырех продольных уголков и двух раскосных стенок из планок полосового железа (рис. 278). Центр тяжести сечения находится, допустим, в точке A , определяемой расстояниями до наружных полок продольных уголков a и b . Разметочная ширина бокового листа раскоса определится как $2b - 2e$ (рис. 278), где e — отстояние риски уголка, т. е. центральной линии; обработочная же ширина листа будет: в случае универсального железа $(2b - 2e) + 2c$, где c — расстояние от центральной до кромки полосы, а в случае полос, резанных из листов, кромки которых согласно Техническим условиям НКПС подлежат строганию: $2b - 2e + 2c + 2z$.

Разметочные длины продольных уголков раскоса и боковых листов берутся из чертежа и наносятся на эскиз, если конструкция узлов фермы, к которым примыкает наш раскос, это допускает, т. е. если раскос не имеет никаких высадок или выгибов. В последних случаях приходится подсчитывать длины раскосных уголков и листов, как будет указано ниже для других элементов конструкции (например, уголков жесткости и т. п.).

Подобно только что изложенным приемам устанавливаются разметочные размеры стоек, полураскосов, вертикальных и горизонтальных ветровых фермочек и остальных элементов фермы.

Разметочные длины полосок для переплета на другой боковой стороне раскоса определяются из прямоугольного $\triangle abc$ (рис. 278), у которого сторона $ac = 2a - 2c$, $bc = h_p$ (берется обычно $bc = h_p = ac$), а гипотенуза ab — искомая разметочная длина планок. Таким образом, мы имеем:

$$ab = \sqrt{ac^2 + bc^2} + \sqrt{2ac^2} = \sqrt{2(2a - 2c)^2} = 2(a - c)\sqrt{2}.$$

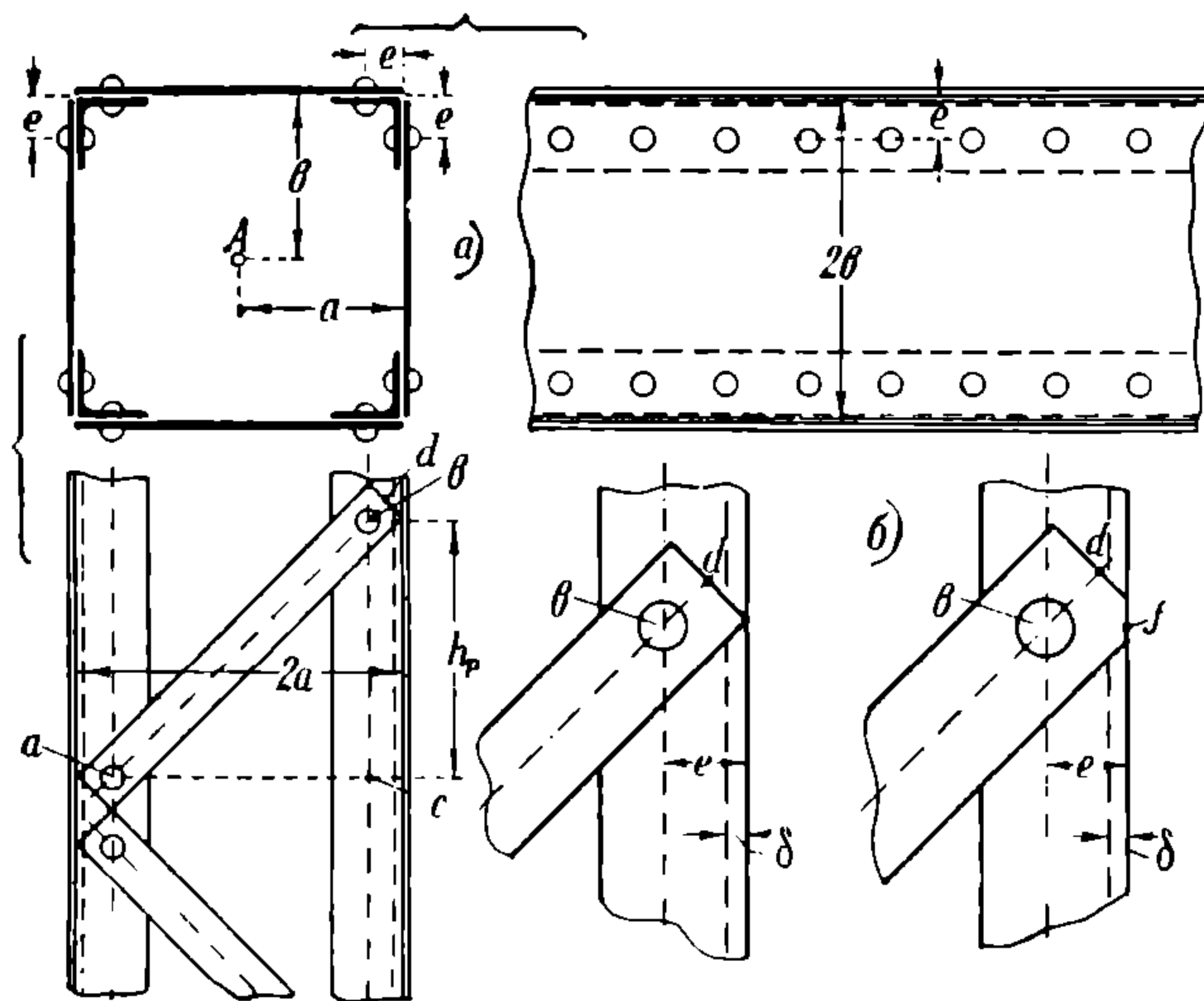


Рис. 278.

Чтобы получить обработочные размеры полосы, поступают обычно так: по центральной оси полосы, от конечных точек ее разметочной длины, откладывают отрезок $bd = 1,5 d$, где d — диаметр заклепки, и проводят линии, перпендикулярные к оси полосы, которыми определяется обработочная длина полосы. При этом если $bd < e - \delta$ (рис. 278 б), e — риска уголка, δ — толщина его полки, то этим и ограни-

вается работа по разметке полосы. Если же $bd > e - \delta$, то приходится один из углов полосы срезать (как указано на рис. 278 б), чтобы она не выступала за ребро продольного угольника раскоса; в этом случае берут $bf < e - \delta$, но не менее $1,5 d$.

Обработочные длины деталей, получающих высадки. Некоторые особенности представляются при определении разметочных и обработочных длин продольных балочек проезжей части мостовых ферм и угольников, имеющих высадки.

Обработочная длина угольника, имеющего по концам высадки (например, уголки стоек фермы или уголки жесткости продольных и поперечных балочек), определяется следующим образом. Взяв с чертежа разметочную длину прямолинейной части, т. е. расстояние между центрами крайних дыр такого уголка L (рис. 279), надо к ней прибавить такую, устанавливаемую обычно опытом, добавочную длину, чтобы после высадки концов угольника он получился равным по длине $L + 2l$. Прибавка это делается на различных заводах различной, в зависимости от методов высаживания (вручную или штамповкой) и от опытности и внимательности кузнеца. В среднем, при штамповке высадки в нагретом виде, необходимо и достаточно размечать такие угольники с прибавкой к разметочной длине по $l + \delta = l'$ на каждую высадку, где δ — толщина полки, на которую угольник высаживается.

Таким образом для угольника с высадками на обоих концах обработочная длина будет $= L + 2l + 2\delta$ и для угольников с высадкой на одном конце $= L + 2l + \delta$.

Если угольник, кроме высадки по концам, высажен еще где-либо по его длине (рис. 280) на какую-либо полосу, толщиной δ , то к его разметочной длине L надо прибавить: на высадку по концам по $l + \delta$ и на среднюю высадку 2δ ; таким образом обработочная длина такого угольника будет $= L + 2l + 2\delta + 2\delta'$.

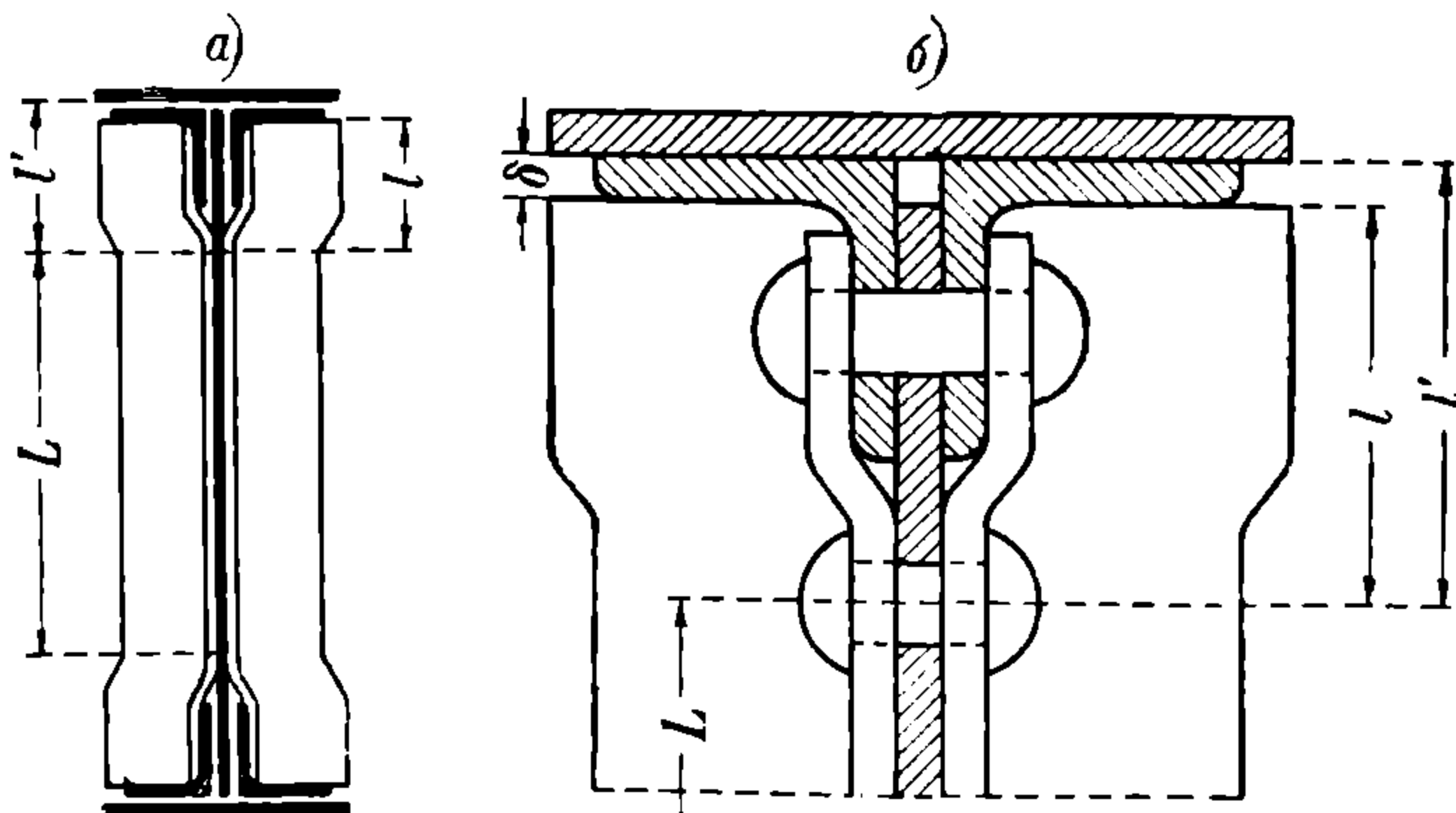


Рис. 279.

В конструкциях судовых корпусов (речных) приходится делать на угольниках особые высадки для пропуска воды (в трюме), называемые голубницами (рис. 281). В этих случаях обработочная длина такого угольника получается (исходя из разметочной длины его L) равной $L + 2e - l + x$, где x — длина дуги bcb , которая может быть вычислена следующим образом: если a — $c - a$ — нейтральный слой угольника, проходящий через центр тяжести его сечения, т. е. на расстоянии от его полок $q \cong \beta^1$), то размеры голубниц для каждого профиля угольника могут иметь стандартную величину. Зная ρ' и ρ'' и соответственные углы α и β , легко по номограмме найти длины дуг db и dc ; тогда $x = 2db + 2dc$. По этим данным при условии станочного изготовления голубниц

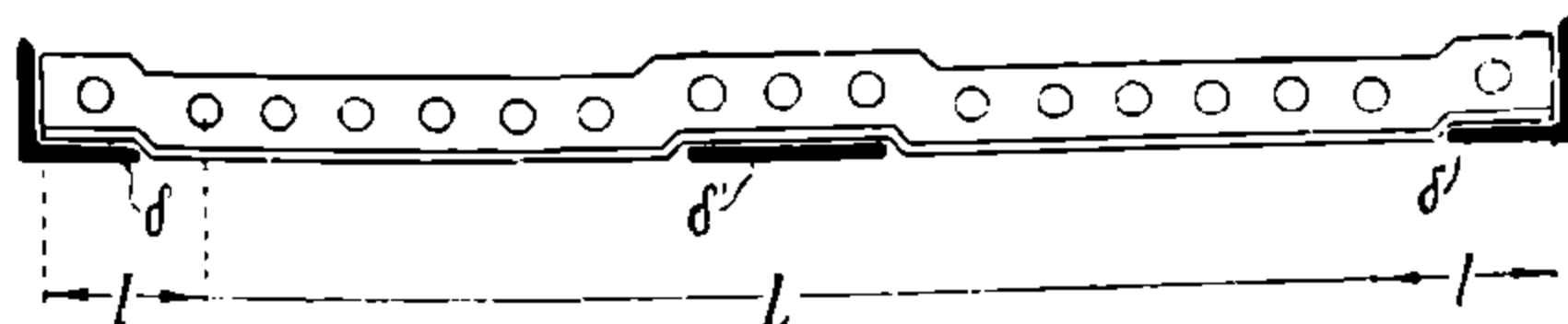


Рис. 280.

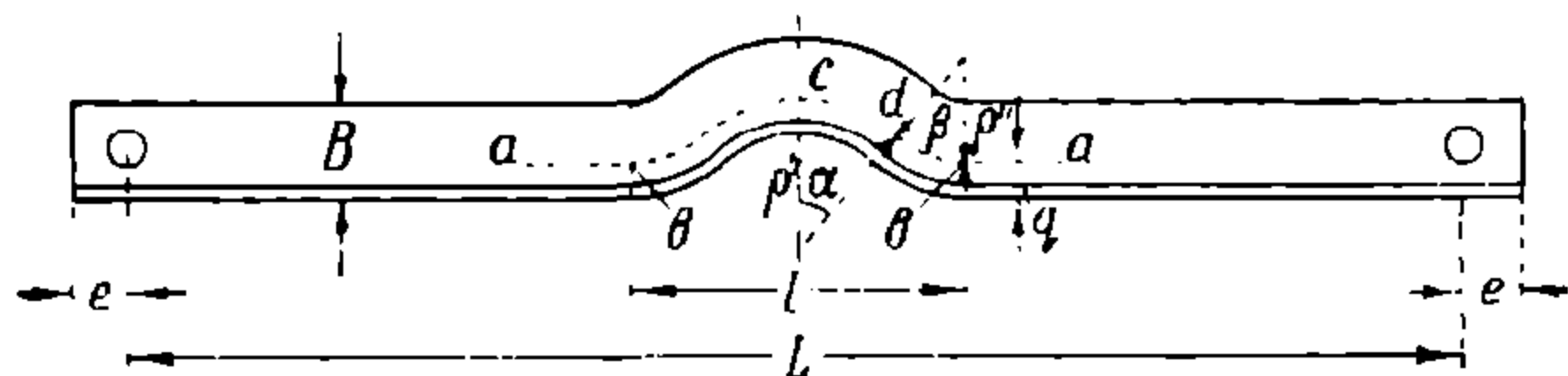


Рис. 281.

можно, с достаточной для практики точностью определить обработочную длину угольника с голубницей (по вышеприведенной формуле) и внести ее в таблицу стандарта.

Если же голубницы выбиваются вручную, то все зависит от опытности и внимательности кузнеца и, осторожности ради, величину x следует принимать на 20 — 30% больше расчетной.

1) См. дальше, „Об изгибе сортов железа“.

Равным образом и обработочная длина листа, получающего высадку, получается прибавлением к обработочной длине по чертежу еще по толщине железа (на которое лист высаживается) на каждую высадку \pm поправка, выводимая из опыта данного завода.¹

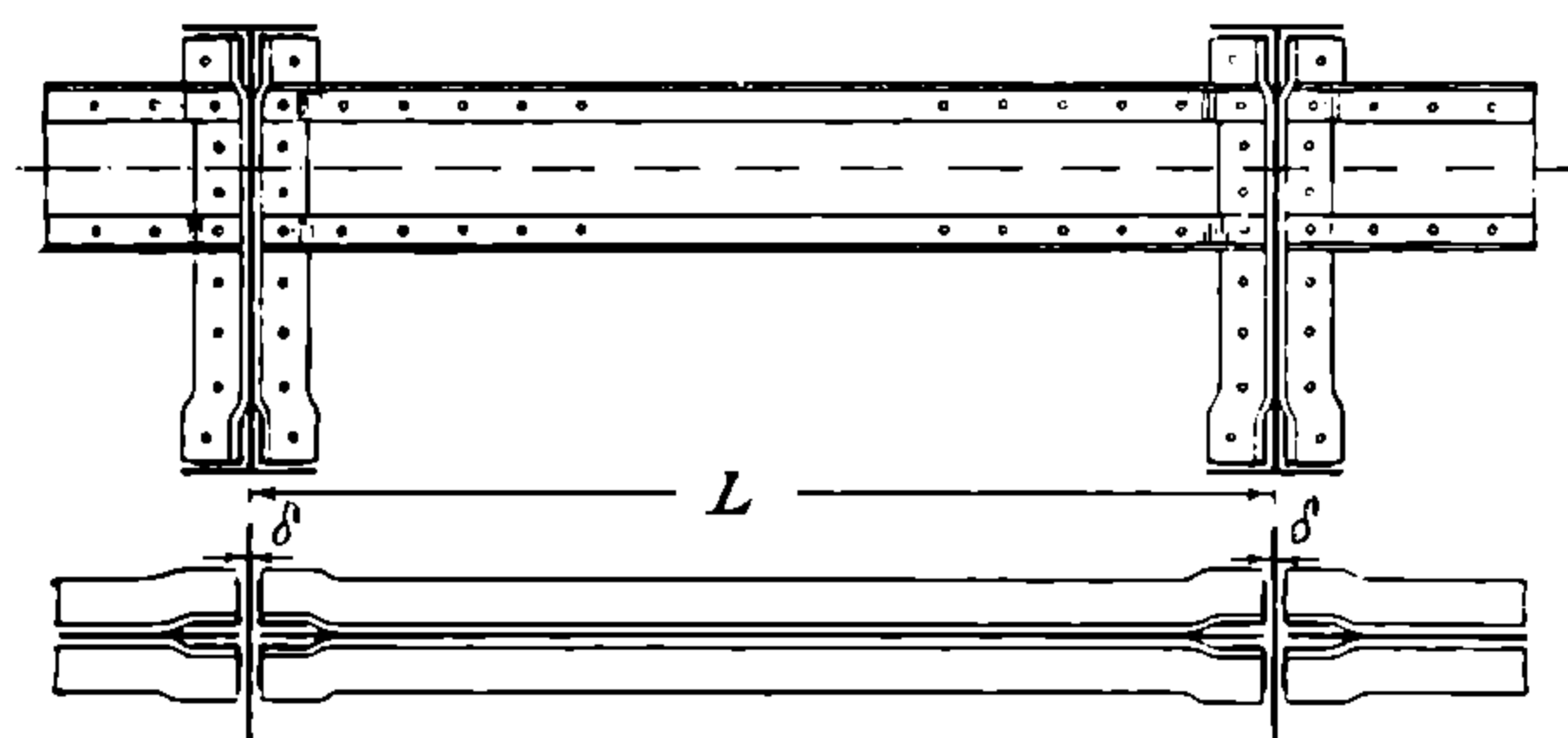


Рис. 282.

Некоторые частные случаи определения разметочных и обработочных размеров элементов мостовой фермы. а) Продольные балки. Обработочная длина продольной балки проезжей части определяется следующим образом. Исходным разметочным размером для исчисления

длин является в данном случае расстояние между осевыми линиями двух соседних поперечных балок L (рис. 282) и обработочная длина вертикального листа балки, казалось бы, должна была быть $L - \delta$. Однако, если взять обработочную длину балки точно равной $L - \delta$, то при сборке проезжей части поперечные балки, вследствие неизбежной небольшой неточности в толщине их листов, начнут продольными балками выпячиваться, и это выпячивание, постепенно суммируясь, нарастает все больше и больше от середины фермы к ее опорам, так что ближайшие к последним продольные балочки уже становится невозможным завести на место. Подобное явление наблюдается во всех случаях сопряжения продольных балок с поперечными на больших длинах, как например, сопряжение днищевых стрингеров или кильсонов с флорами и т. п. в наборе судовых корпусов. Поэтому обработочную длину продольных балочек (стрингеров, кильсонов) берут на 1 мм короче $L - \delta$ и от этого размера исходят для установления разметочной длины вертикального листа балки, которая принимается равной

$$l = L - \delta - 1 \text{ мм} - 2e,$$

где e — риска уголков, которыми продольная балка склепывается с поперечными.

Этот размер l является, в свою очередь, исходным для установления разметочной и обработочной длин поясных уголков продольной балочки. Для этого определяют число делений заклепочного шва вдоль угольника

$$n = \frac{l}{t}, \text{ где } t \text{ — указанный на чертеже шаг заклепок, и уточняют послед-}$$

¹ В виду того, что все эти опытные данные о поправках, вносимых в разметочные и обработочные размеры, на различных заводах получаются весьма различными, что зависит как от методов обработки (вручную или штамповкой), так и от температур нагрева и, наконец, от технологических свойств металла, то было бы весьма желательно, чтобы инженеры-производственники, работающие в области котельного дела, опубликовывали результаты своих наблюдений с приведением данных о влияющих факторах, как то: а) о роде материала (разрывное усилие, удлинение и, если имеется, химический состав), б) о температуре нагрева (по Цельсию или, в крайнем случае, о цвете накала), в) о приемах работ и характеристике механизмов и штампов. В общем же виде вопрос подлежит проработке и освещению со стороны научно-исследовательских институтов.

ний, взяв число делений равным n' (ближайшее большее целое число, если n получилось бы дробным); таким образом уточненный шаг $t' = \frac{l}{n'}$.

Разметочная длина прямой части поясного угольника, если таковой вы-
саживается на вертикальные уголки поперечной балки, будет $L' = l - 2t'$,
а обработочная длина уголка будет, согласно изложенному выше:

$$L'' = L' + 2l + 2\delta.$$

б) *Поясные листы.* Обработочные длины горизонтальных и верти-
кальных листов в поясах фермы также не берут прямо с чертежа, а вы-
числяют, исходя из следующих соображений.

В стыках листов (рис. 283)

расстояние t между ближай-
шими к стыку центровыми ли-
ниями заклепок aa и bb де-
лается: 1) на стыковых наклад-
ках точно по чертежу и 2) на
стыкаемых же листах расстояние
этих линий от кромок наносится
на 1 мм большим, т. е. де-
лается $\frac{t}{2} + 1$ мм, чтобы иметь

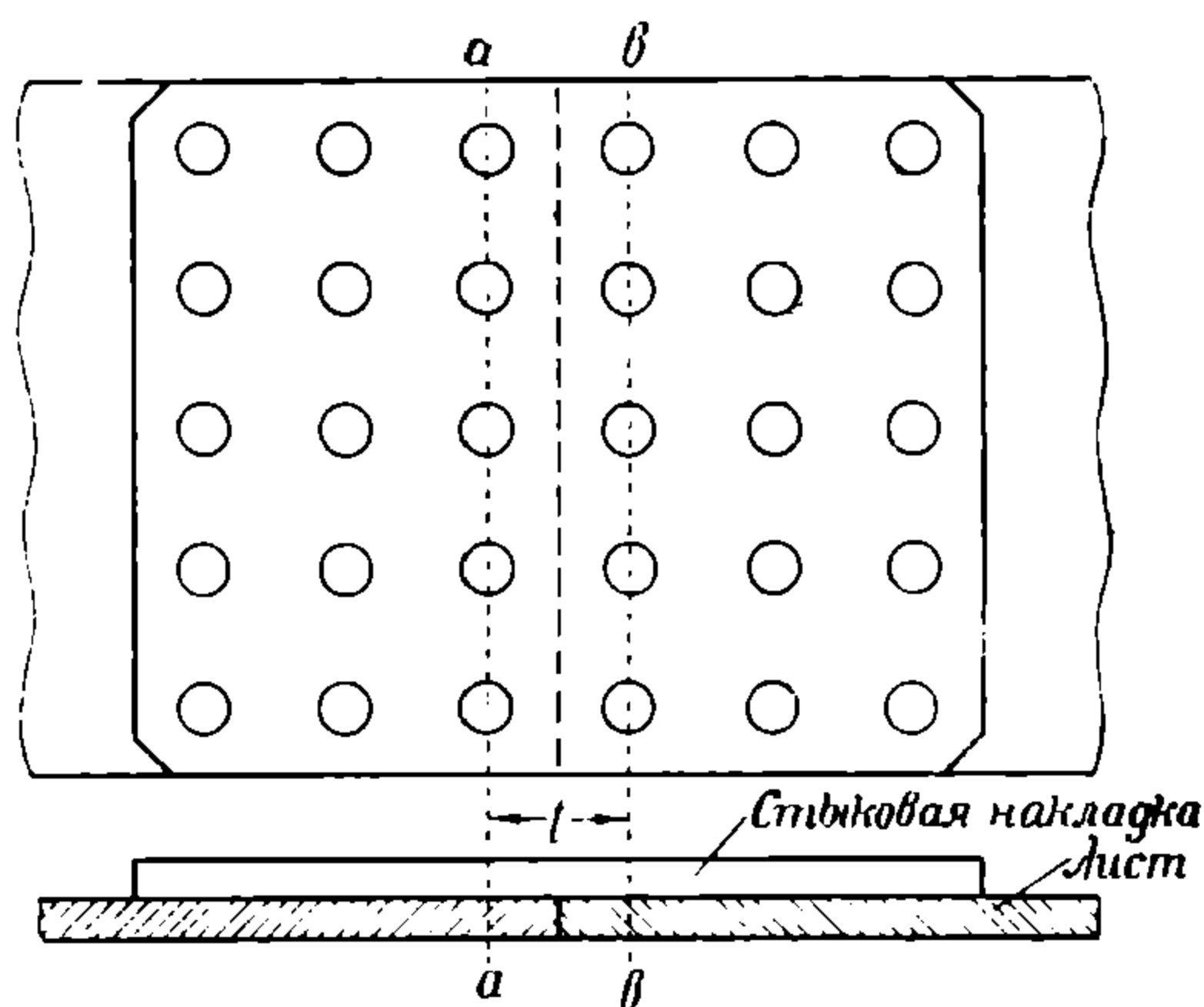


Рис. 283.

возможность плотно припилить
стык. Плотному примыканию
в стыках придавалось действо-
вавшими Техническими усло-
виями НКПС важное значение,
особенно в сжатых поясах—
для разгрузки заклепок от сжи-
мающих (скалывающих) усилий. В настоящее время, с изменением взглядов на
работу заклепочных соединений, естественно, должно было отпасть требо-
вание о плотной пригонке стыков. И действительно, в новых Технических
условиях НКПС на изготовление пролетных строений металлических мо-
стов требование это отсутствует, и в стыках между торцами стыкаемых
листов и угольников допускается зазор до 6 мм.

Однако в изделиях прочно-плотных стыки следует пригонять воз-
можно тщательнее—из соображений уже не прочности, а плотности
шва: чтобы щель стыка между листом и наружной накладкой можно
было с торца зачеканить, необходимо, чтобы стыкаемые листы плотно
прилегали друг к другу.

в) *Листы с перегибами.* В случае перегиба горизонтальных поясных
листов необходимо при определении как разметочных, так и обработочных
длин таких листов учитывать, что расстояния между осями ближайших
к перегибу заклепок в различных листах будут различными.

Если обозначить эти расстояния (рис. 284) в нижнем листе через a и b ,
а в верхнем—через a' и b' , причем эти расстояния должны быть изме-
ряемы по средним линиям толщин листов, т. е. по нейтральному слою, то
очевидно, что $a' > a$ и $b' > b$ на величины $(a' - a)$ и $(b' - b)$. Эти по-
следние могут быть определены из $\triangle cod$ и $\triangle coe$, которые получаются,
если из () с нейтрального слоя нижнего листа (в месте перегиба) опу-

стить перпендикуляры cd и ce на линию нейтрального слоя верхнего листа, или, другими словами, если провести cd и ce параллельно осям соответственных ближайших заклепок I и II (так как оси заклепок должны быть нормальны к поверхностям листов).

Из прямоугольных треугольников cod и coe имеем:

$$od = a' - a = (n - 1) \delta \operatorname{tg} \alpha \text{ и } oc = b' - b = (n - 1) \delta \operatorname{tg} \beta,$$

где δ — толщина склепываемых листов, а n — их число.

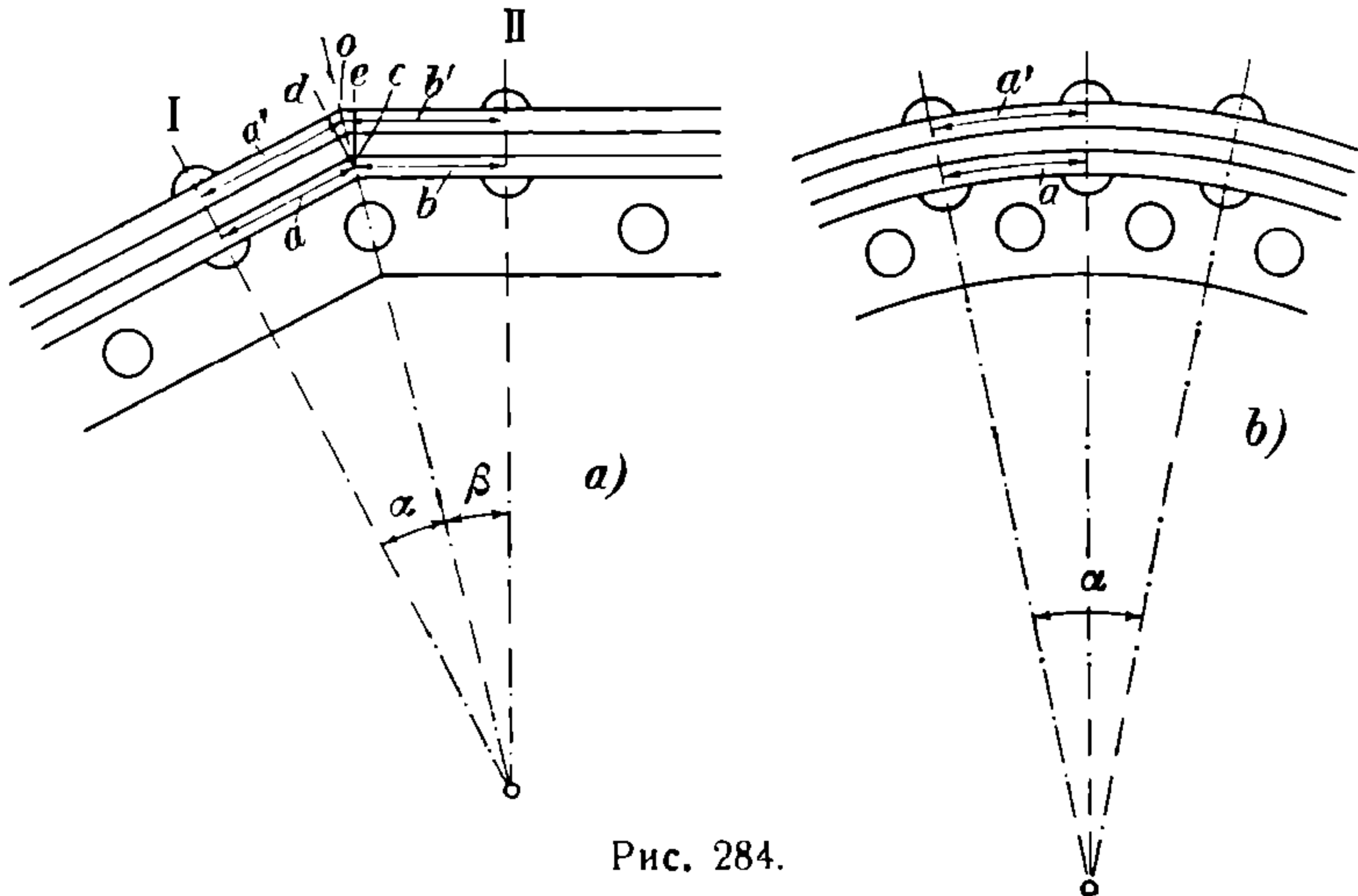


Рис. 284.

Углы α и β определяются обыкновенно углом наклона одной панели по отношению к другой, причем $\alpha + \beta = \gamma$ (рис. 285), как углы со взаимно перпендикулярными сторонами. Углы же α и β в отдельности могут быть определены, если вычертить на плазу схему данного узла (рис. 285), с ко-

торого могут быть измерены и взяты в расчет отрезки op и os , а также oq . Тогда из прямоугольных треугольников opq и osq , у которых oq — сторона общая, имеем:

$$op = oq \sin \alpha \text{ и } os = oq \sin \beta;$$

отсюда:

$$\sin \alpha = \frac{op}{oq} \text{ и } \sin \beta = \frac{os}{oq}.$$

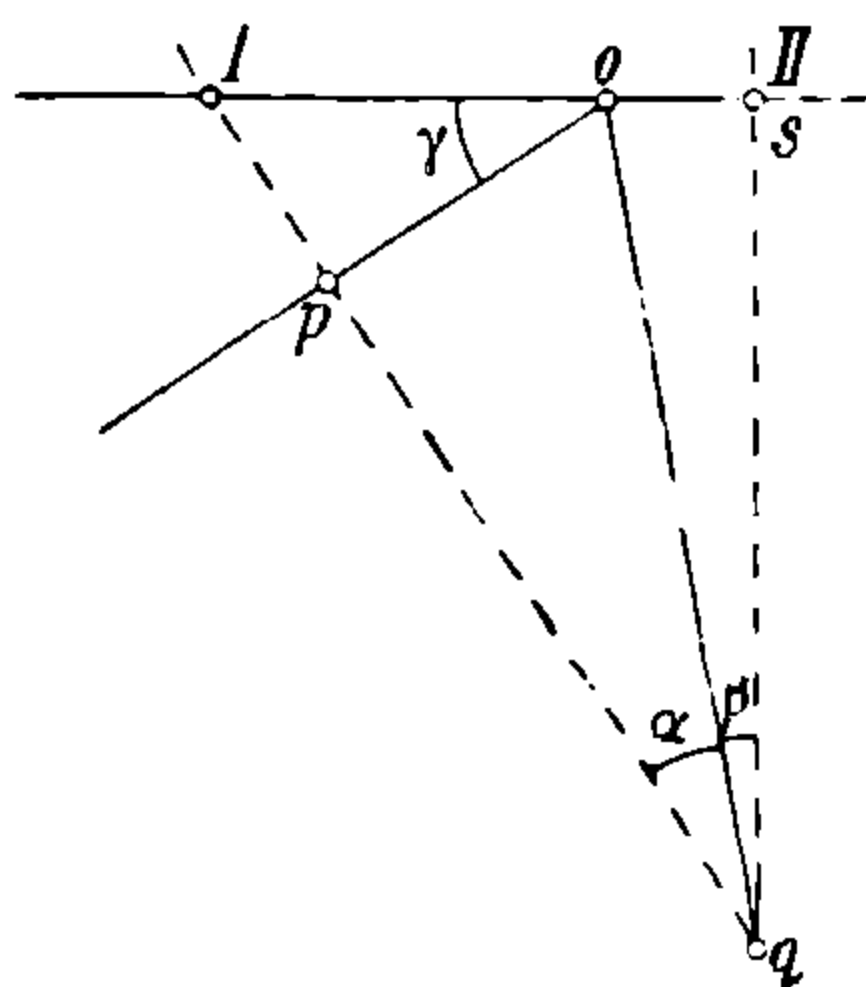


Рис. 285.

Упомянутое выше вычерчивание узла перегиба в натуральную величину приходится делать не только для определения указанных выше углов и отрезков, но и для вычисления разметочных длин самих поясных листов и распределения на них заклепочных делений, так как на чертежах этих данных обычно не имеется.

Определение разметочных и обработочных длин гнутых листов производится следующим образом. Шаг заклепок, согласно чертежу, пусть будет t , но так как в месте перегиба листов $a + b \neq a' + b'$, то шаг $t = t'$ при-

нимают для нейтрального слоя среднего листа, т. е. берут $t'' = a'' + b''$, а размеры a' , a , b' и b вычисляют (для нашего случая при трех листах):

$$a' - a = (n - 1) \delta \operatorname{tg} \alpha$$

и

$$a'' - a = \delta \operatorname{tg} \alpha,$$

откуда

$$a = a'' - \delta \operatorname{tg} \alpha$$

и

$$a' = 2 \delta \operatorname{tg} \alpha + a = 2 \delta \operatorname{tg} \alpha + a'' - \delta \operatorname{tg} \alpha = a'' + \delta \operatorname{tg} \alpha.$$

Равным образом:

$$b = b'' - \delta \operatorname{tg} \beta \text{ и } b' = b'' - \delta \operatorname{tg} \beta.$$

Таким образом, для среднего листа

$$t'' = a'' + b'';$$

для верхнего

$$t' = a' + b' = a'' + \delta \operatorname{tg} \alpha + b'' + \delta \operatorname{tg} \beta = a'' + b'' + \delta (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta);$$

для нижнего

$$t_0 = a + b = a'' - \delta \operatorname{tg} \alpha + b'' - \delta \operatorname{tg} \beta = a'' + b'' - \delta (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta).$$

Поэтому расчетные длины листов будут:

нижнего: $L'_I + L'_{II} + t_0$; среднего: $L''_I + L''_{II} + t$;

верхнего: $L_I + L_{II} + t'$, где L'_I , L''_{II} и т. д. — разметочные длины листов взятые с чертежа от сечений пояса — соответственно I и II и до концевой поперечной центральной линии данного листа.

Определение разметочных размеров узловых планок. При установлении разметочных и обработочных размеров узловых соединительных планок металлических конструкций (часто называемых также косынками или фасонками) камеральным методом, т. е. путем вычислений, приходится проделывать весьма кропотливую и сложную работу по вычислению углов между центровыми линиями, при которой весьма легко впасть в ошибки. Поэтому в таких случаях предпочтительнее пользо-

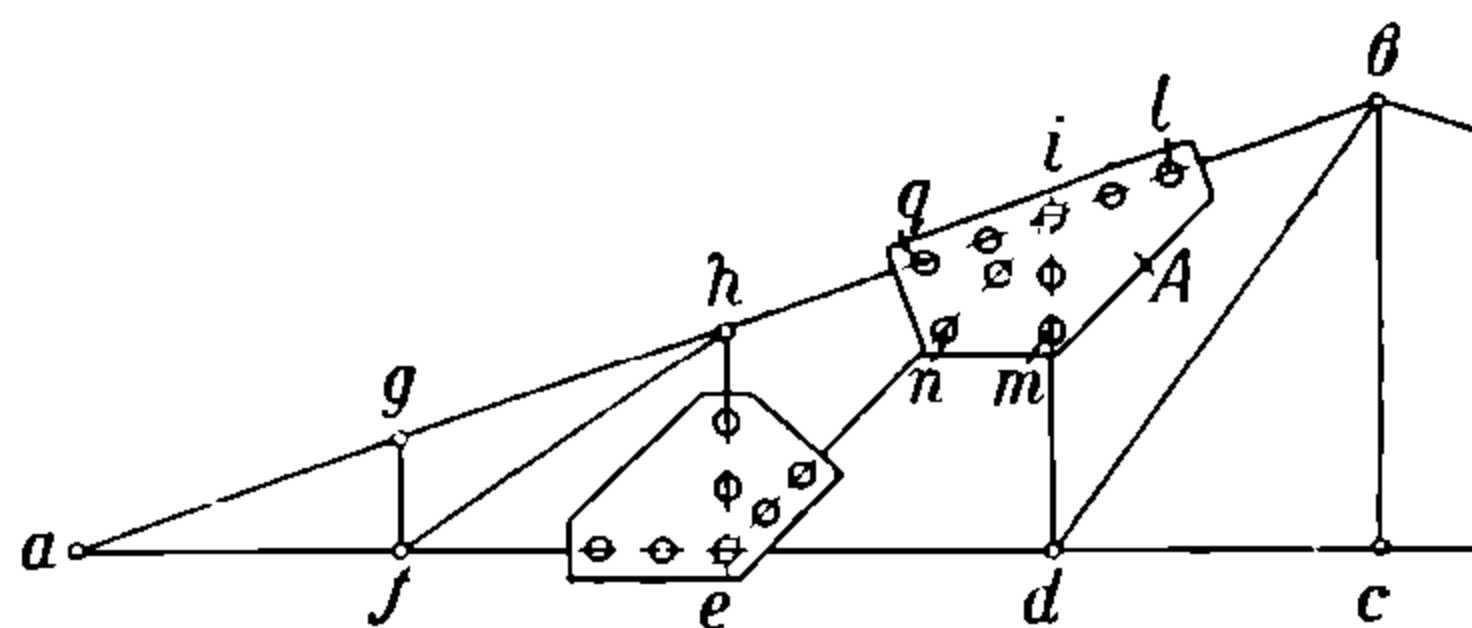


Рис. 286.

ваться особым графическим методом, для которого достаточно иметь чертежную доску, размером $1 \text{ м} \times 2 \text{ м}$, на которой можно было бы вычертить половину схемы размечаемой фермы; с одинаковым успехом можно пользоваться и забеленным листом железа. В том и другом случае одна половина расчетной фермы вычерчивается в возможно крупном масштабе (рис. 286) и на полученных линиях ab , ac , gf , fh , he , ei , id и db , являющихся центровыми линиями косынок и угольников, сходящихся в узлах схемы (для простых сечений элементов), откладывают в натуральную величину расстояния между центрами заклепок (шаг), исходя из точек (на чертеже i , e) пере-

сечения центровых в узлах схемы и руководствуясь чертежом фермы, полученным из Технического бюро.

Затем, отложив от крайних заклепочных центров, например, q , e , t и n косынки A (рис. 287) по центровым линиям указанное на чертеже расстояние до кромки косынки ($1,5 d$ заклепок) и проведя через полученные точки перпендикуляры к центровым, найдем обработочные размеры косынки по центровым линиям. Остается отложить на этих перпендикулярах, сообразуясь с чертежом, расстояния k (риска угольника) и $b - k$ (b — ширина полки уголка), чтобы найти точки, соединив которые, получим обработочную конфигурацию нашей косынки. С этого чертежа размеры переносятся уже на шаблон косынки при помощи циркуля или снимается копия карандашом на бумажную кальку, которая затем накладывается на

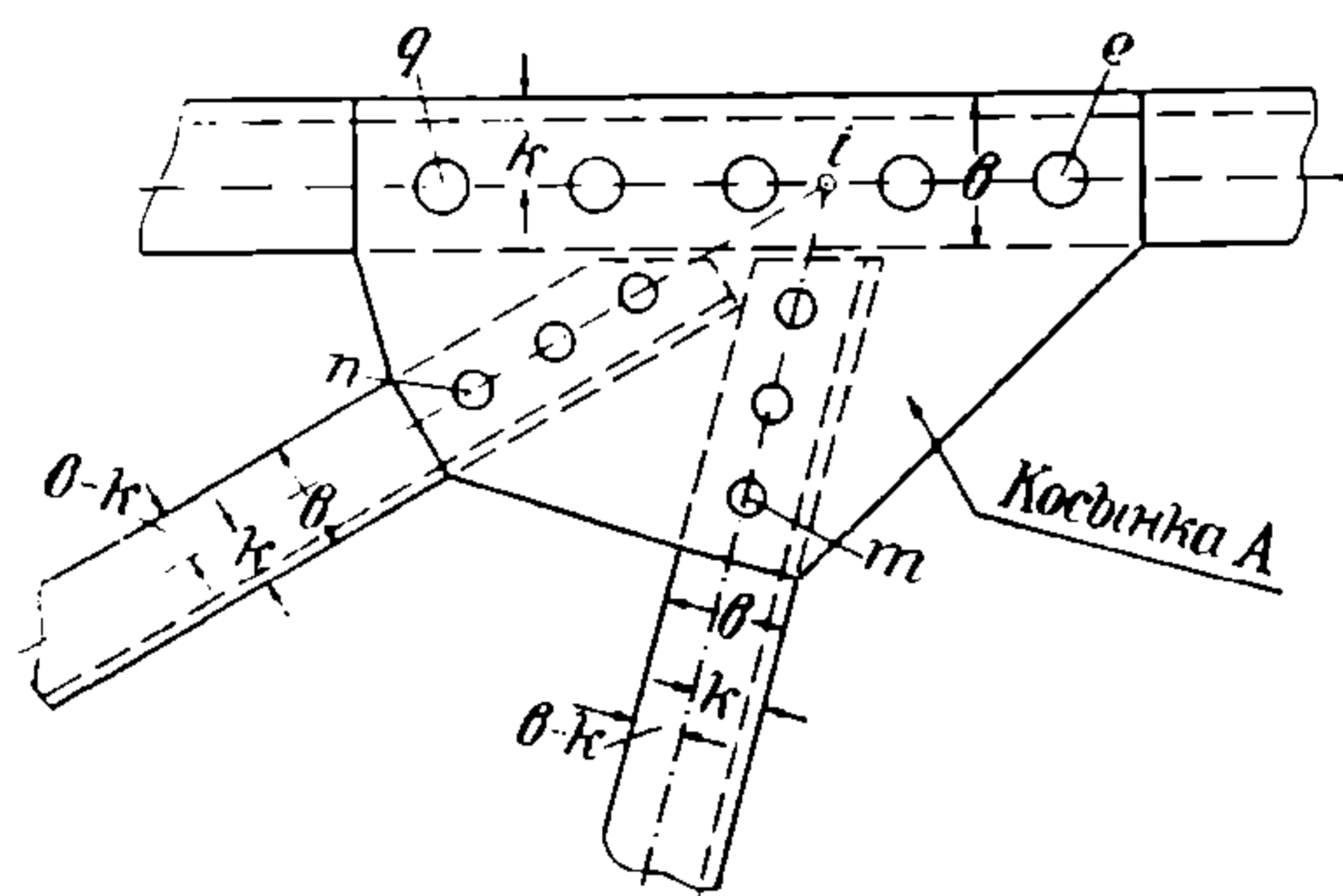


Рис. 287.

планку, предназначенную для шаблона, и необходимые точки и центры намечаются кернером.

Определение разметочных размеров для разметки гиперболоидальных башен системы Шухова. Весьма интересный случай определения разметочных размеров прямолнейных деталей металлических конструкций, представляет собою разметка гиперболоидальных сетчатых башен системы инж. В. Г. Шухова.

Такая башня (рис. 288а и 288б) представляет собою один или несколько поставленных друг на друга гиперболоидов вращения, составленных из двух рядов и симметрично наклоненных прямолнейных уголков, являющихся образующими гиперболоида и составляющих решетчатую поверхность башни. Эти уголки через некоторые промежутки по высоте башни скреплены еще кольцами из углового железа.

Так как все уголки прямые и расстояния между заклепками на всех уголках одинаковы, то задача заключается в том, чтобы составить эскиз для разметки шаблона одного уголка и наметить по нему все остальные.

Сам автор, академик В. Г. Шухов, следующим образом разрешает эту задачу. Пусть мы имеем очертание гиперболоида вращения ABC (рис. 289). Уравнение гиперболоида будет:

$$\frac{h_x^2}{H^2} = \frac{U_x^2 - \rho^2}{R^2 - \rho^2}$$

где ρ — радиус горлового круга (наименьшего круга гиперболоида),

R — радиус основания,

H — высота от основания до горлового круга (наименьшего круга гиперболоида),

U_x — радиус круга в сечении гиперболоида на расстоянии горлового круга.

Из уравнения находим:

$$U_x = \sqrt{\frac{R^2 - \rho^2}{H_1} \cdot h_x^2 + \rho^2}, \quad (1)$$

которым пользуемся для определения радиуса колец башни.

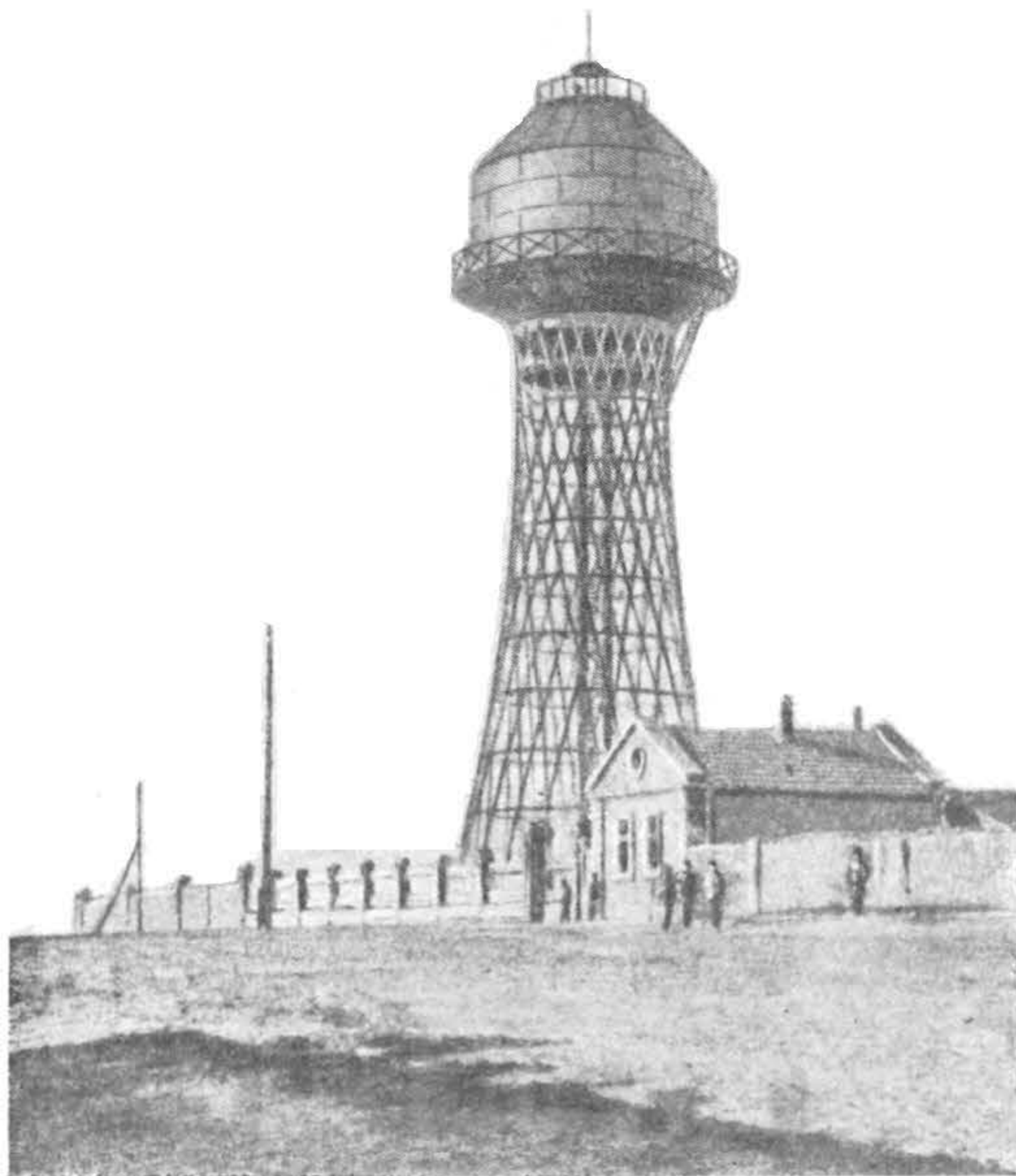


Рис. 288а.

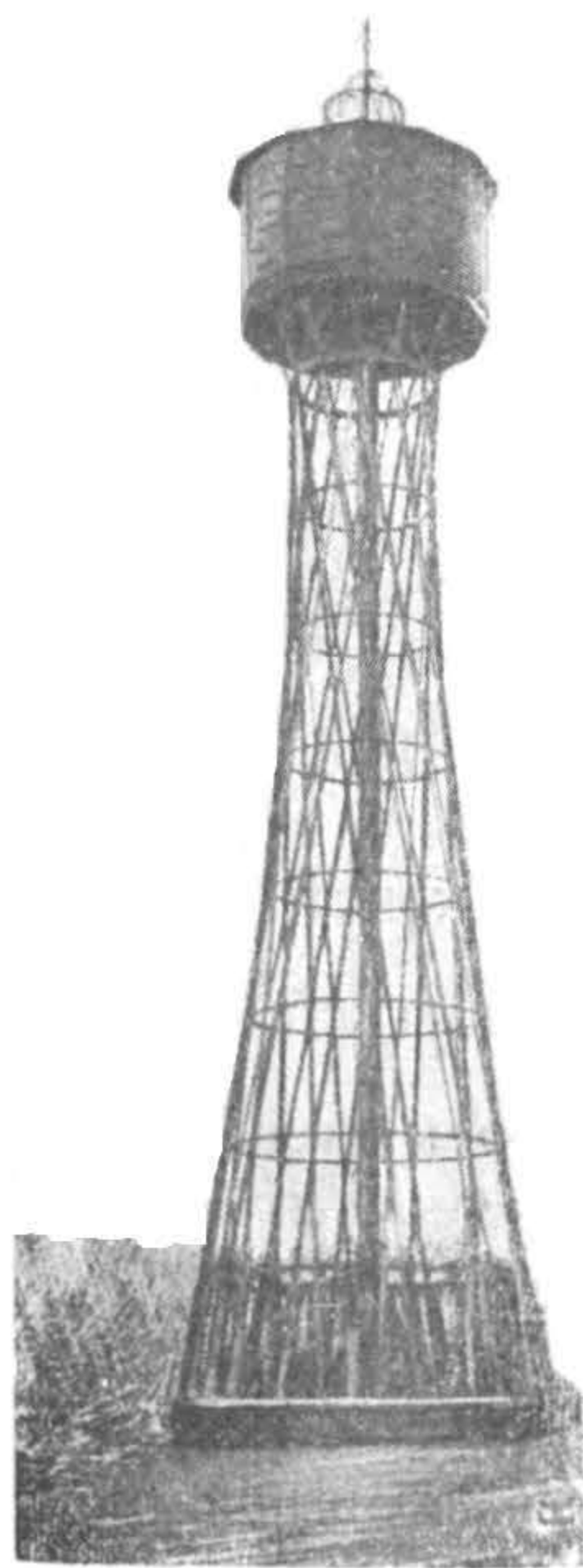


Рис. 288б.

Определяя из уравнения (1) h_x , будем иметь

$$h_x = \frac{H_1}{R^2 - \rho^2} \sqrt{U_x^2 - \rho^2}. \quad (2)$$

Данными являются обычно: радиус нижнего основания башни R , радиус верхнего кольца ρ и высота башни H . Поэтому при пользовании формулами (1) и (2) встречающиеся в них величины: ρ — радиус горлового круга и H_1 — высота, определяющая местоположение горлового круга гиперboloида, должны быть найдены. Величины ρ и H_1 определяем из простых геометрических соображений, рассматривая проекции на плоскость основания башни — горлового круга, верхнего круга и образующих башни (рис. 290). Назовем проекцию образующей через ac , причем точка c может занимать два положения в зависимости от того, имеем ли мы гиперboloид, отсеченный до горлового круга или после него.

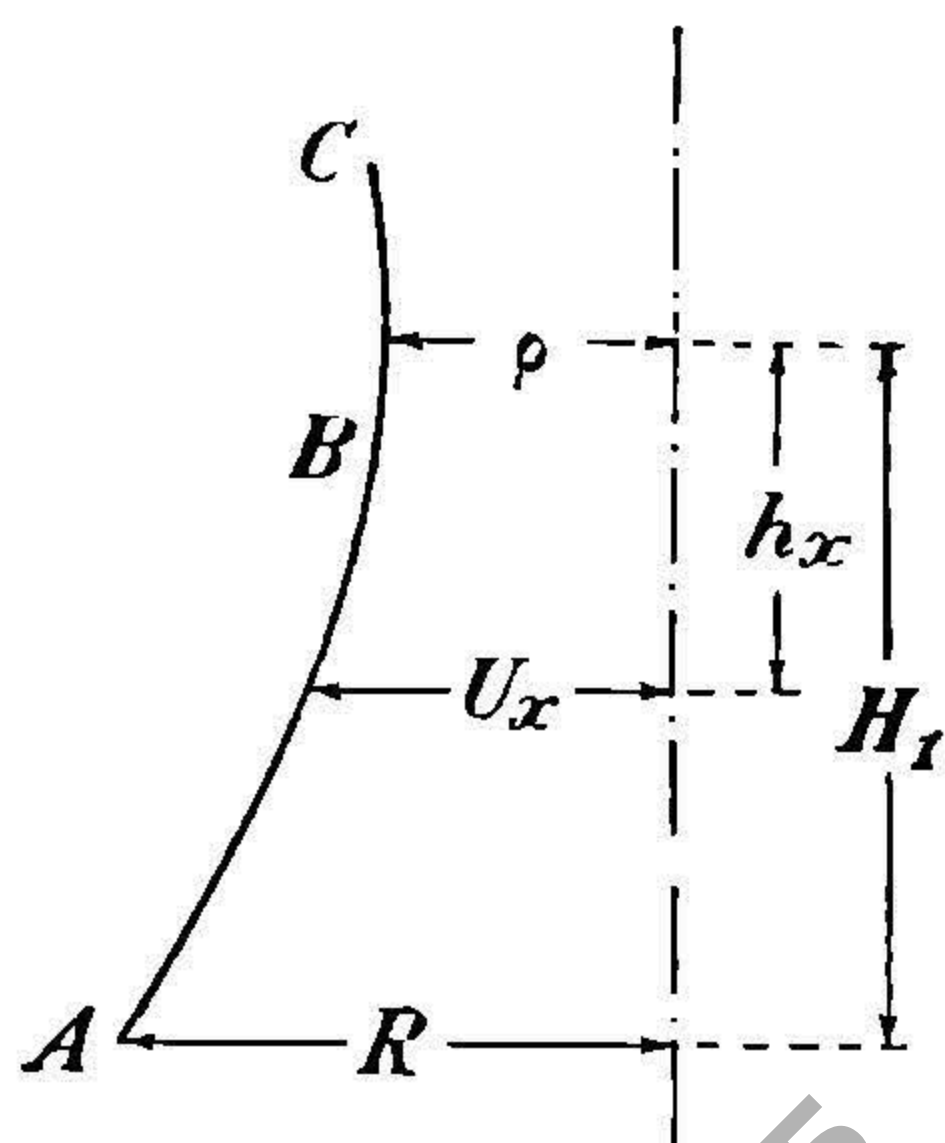


Рис. 289.

The diagram shows a circular sector of a thick-walled cylinder. The inner radius is labeled r , the outer radius is labeled R , and the thickness of the cylinder wall is labeled ρ . A sector of angle Ω is shown, with points a , b , c , and d marked on its boundary. The center of the cylinder is labeled O . The diagram illustrates the geometry for the analysis of stresses in a thick-walled cylinder under internal pressure.

ОТКУДА:

$$\frac{\rho}{R} = \frac{cd}{ac} = \frac{r \sin \Omega}{ac}$$

$$\rho = \frac{Rr \sin \Omega}{ac} \quad (3)$$

и из треугольника Oac

$$\overline{ac} = \sqrt{R^2 + r^2 + 2Rr \cos \Omega} \quad (4)$$

Величина H_1 определяется из отношения $\frac{H_1}{H} = \frac{ab}{bc}$, которое может быть приведено к виду

$$H_1 = H \frac{R^2 - Rr \cos \Omega}{ac^2}$$

Действительная длина образующих башни найдется по формуле:

$$L = \sqrt{ac^2 + H^2}.$$

n -число стоек
 $\varphi = \frac{360^\circ}{2n}$
 $2\varphi = \frac{360^\circ}{n}$

Рис. 291.

$$\frac{\overline{an}}{\overline{nc}} = \frac{l_x}{L - l_r} \quad (5)$$

Но, с другой стороны:

$$\frac{\overline{an}}{nc} = \frac{R \sin \varphi_x}{r \sin (\Omega - \varphi_x)}. \quad (6)$$

Из этих выражений определяем

$$\frac{\overline{an}}{\overline{an} + \overline{nc}} = \frac{l_x}{L} \text{ и } \frac{\overline{an}}{\overline{an} + \overline{nc}} = \frac{R \sin \varphi_x}{R \sin \varphi_x + r \sin (\Omega - \varphi_x)}.$$

Откуда

$$\frac{l_x}{L} = \frac{R \sin \varphi_x}{R \sin \varphi_x + r \sin (\Omega - \varphi_x)}.$$

Истинная длина отрезка образующей от низа до соответствующего пересечения определяется из выражения:

$$l_x = \frac{R \sin \varphi_x}{R \sin \varphi_x + r \sin (\Omega - \varphi_x)} L \quad (7)$$

Для иллюстрации применения этих формул рассмотрим конкретный пример. Пусть нам нужно разметить нижний этаж (рис. 292) многоэтажной башни размерами:

- $R = 17\,000 \text{ мм}$ (нижнее кольцо);
- $r = 12\,900 \text{ мм}$ (верхнее кольцо);
- $H = 24\,900 \text{ мм}$ (высота башни);
- $n = 40$ (число образующих);

$$\varphi = \frac{360}{2 \cdot 40} = 4^\circ 30' \text{ (см. рис. 291);}$$

число пересечений образующих друг с другом = 4

- 1) $4^\circ 30'$; 2) $13^\circ 30'$;
- 3) $22^\circ 30'$; 4) $31^\circ 30'$;

$$\Omega = 36^\circ;$$

$m = 11$ (число колец, не считая опорного).

Вычисляем прежде всего необходимые постоянные величины:

$$\begin{aligned} \overline{ac} &= 10\,028,72 \text{ [формула (4)]} \\ \rho &= 12\,853,22 \text{ [формула (3)]} \\ L &= 26\,843,72 \text{ [формула (6)]} \\ H_1 &= 27\,625,15 \text{ [формула (5)]} \\ \sqrt{R^2 - \rho^2} &= 11\,126,31, \end{aligned}$$

а затем переходим к определению отрезков образующей, от низа до пересечений, по формуле (7), для чего надо предварительно вычислить

$$R \sin \varphi_x \text{ и } r \sin (\Omega - \varphi_x)$$

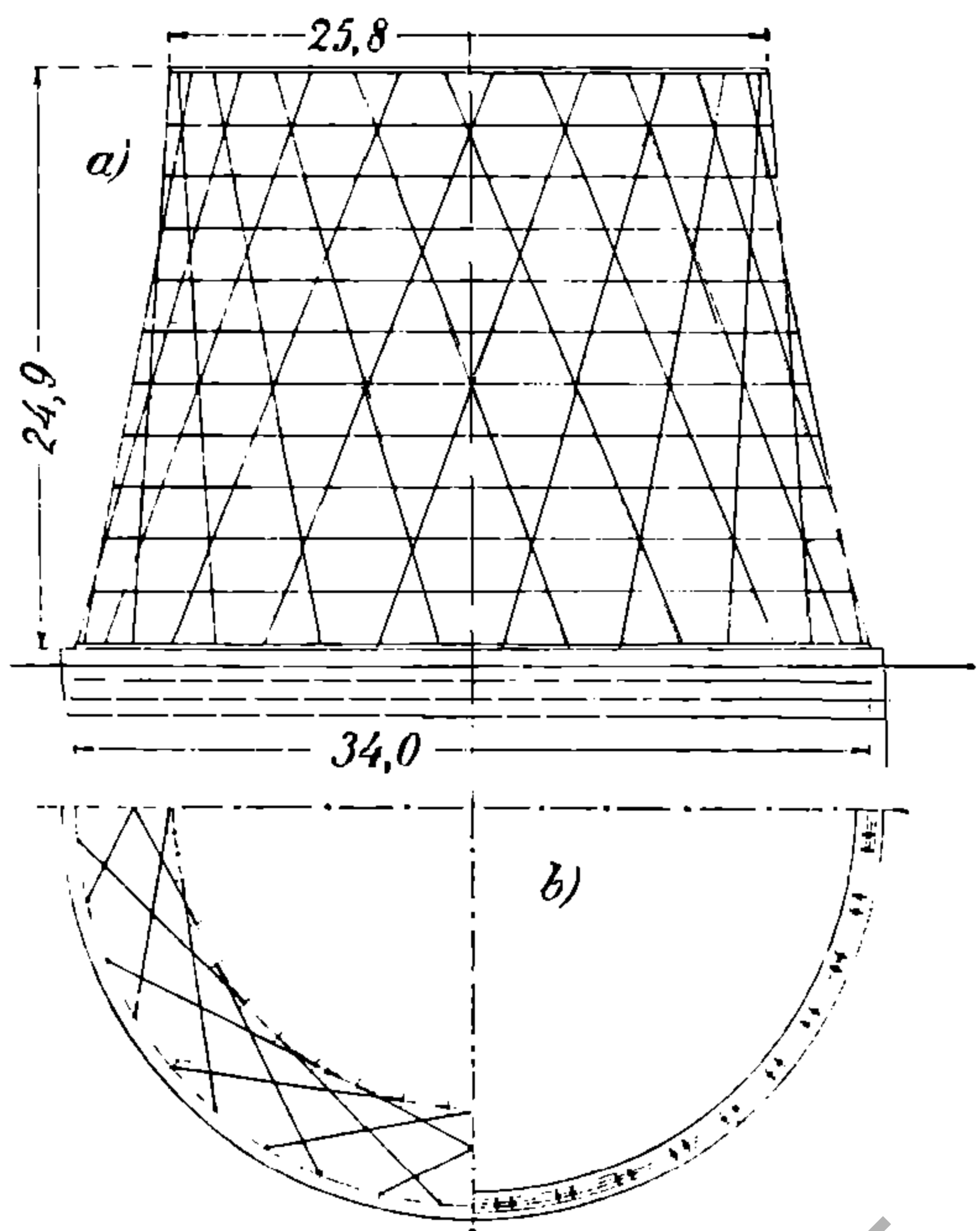


Рис. 292.

для различных пересечений или, другими словами, для разных значений φ_x , приведенных выше, т. е. $4^\circ 30'$ и т. д. Теперь, зная L — длине образующей и отрезки от низа ее до пересечений, легко определить и расстояния между пересечениями. Эти расстояния будут с округлением (до 0,5 мм):

$$\begin{array}{r} l_{0-1} = 4\,434 \\ l_{1-2} = 7\,528 \\ l_{2-3} = 6\,387 \\ l_{3-4} = 5\,748 \\ l_4 \text{ вверх} = 2\,746 \\ \hline L = 26\,843 \text{ мм} \end{array}$$

Отрезки образующей между кольцами определяются как

$$\frac{L}{m} = \lambda.$$

В нашем случае $\lambda = \frac{26843}{11} \cong 2440 \text{ мм.}$

Остается определить диаметры колец, для чего мы располагаем формулой (1), которая дает величину радиусов колец и в которой $\frac{R^2 - \rho^2}{H_1^2} =$
 $= K = 0,1622$ и $\rho^2 = 1652053326,0638$, а h_x определяется:

для 1-го кольца $h_1 = H_1 - \frac{H}{m} = H_1 - \frac{24900}{11} = 25361,5193;$

для 2-го $h_2 = h_1 - \frac{H}{m} = 23097,8830;$

для 3-го $h_3 = h_2 - \frac{H}{m} = 20834,2467$ и т. д.

После подстановки вычисленных числовых значений радиусы колец получаются:

$$\begin{array}{l} u_1 = 16417,77; \\ u_2 = 15866,60; \\ u_3 = 15349,83 \text{ и т. д.} \end{array}$$

Подобный же расчет применим и к разметке решетчатых мачт на современных военных судах — дредноутах, имеющих также гиперболоидальное очертание.

По этим же формулам определяются расстояния между точками пересечения образующих между собою, которые лежат на оси обязательных заклепок.

Отрезки образующего уголка между центрами соединительных болтов, скрепляющих кольца жесткости с образующими, определяются делением длины образующей на $(n + 1)$, где n — число промежуточных колец жесткости, не считая верхнего и нижнего опорных колец. К вычисленной разметочной длине образующей надо прибавить $2e$, где e — расстояние от центра крайней дыры на образующей до обреза уголка.

Разумеется, что U_x , R , r и ρ измеряются по окружности соприкосновения между полками образующих уголков, h_x — расстоянию от окружности

радиуса R , H — расстояние по вертикали между плоскостями, в которых лежат окружности радиусов R и r .

Поэтому, если например R и r даны как радиусы окружности, образуемой ребром уголка опорного круга, то для применения приведенных выше формул нужно как в их числовые значения, шаг и в числовые значения H внести соответственные поправки.

Предельный шаг заклепок. Если разметчику приходится самому выбирать расстояния между заклепками (шаг), как это часто случается при разметке малоответственных изделий, то можно пользоваться следующими таблицами, составленными по Баху (в мм).

А. Швы прочно-плотные.

а) Для однорядного шва $\delta =$	6	8	10	12	14	16	18	20
Диаметр заклепок $d = \frac{4,5 \delta}{\delta + 15}$	13	15	18	20	22	23	25	26
Шаг заклепок $t = 2 d + 10$ мм	36	40	46	50	54	56	60	62
Расстояние от центральной до кромки листа $e = 1,5 d$	20	23	27	30	33	35	38	39
б) Для двухрядного шва $\delta =$	6	8	10	12	14	16	18	20
Диаметр заклепок $d = \frac{4,5}{15 + \delta}$	13	15	18	20	22	23	25	26
Шаг заклепок (в каждом ряду) $t = 2,6 d + 15$ мм	49	54	62	67	72	77	80	83
Расстояние между рядами $a = 0,6 t$	29	32	37	40	43	46	48	50
Расстояние от центральной до кромки $e = 1,5 d$	20	23	27	30	33	35	38	39

Б. Швы только прочные.

а) Для однорядных швов $\delta =$	6	8	10	12	14	16	18	20
Диаметр заклепки $d = \frac{4,5 \delta}{\delta + 15}$, где δ — толщина отдельного листа	13	15	18	20	22	23	25	26
Шаг заклепок $t \geq 3,6 d$	47	54	65	72	79	83	90	94
Предельный шаг заклепок: $t \leq 5 d$ при клепке уголка с листом $\delta = 8 - 10$ мм	65	75	90	100	110	115	125	130
$t \leq 6 d$ при клепке уголка с листом $\delta > 10$ мм;	78	90	108	120	132	138	150	156
$t \leq 8 d$ при клепке уголка с уголком	104	120	144	160	176	184	200	208

В американской практике для только прочных изделий расстояния между заклепками выбирают, не выходя за пределы нижеследующей таблицы:

Предельный шаг заклепок.

Для листов и полос				Для уголков, склепанных с прокладною шайбою	
Диаметр заклепок		Шаг заклепок		Шаг	заклепок
в дюймах	в мм	однорядный шов в мм	2- и 3-рядный шов мм	Сжатые стержни в мм	Растянутые стержни в мм
1 1/4	32	254	406	914	1 219
1 1/8	28	203	355	914	1 219
1 —	25	178	305	914	1 219
7/8	22	152	254	610	914
3/4	19	127	203	610	914
5/8	16	102	152	305	610
1/2	13	76	102	305	610

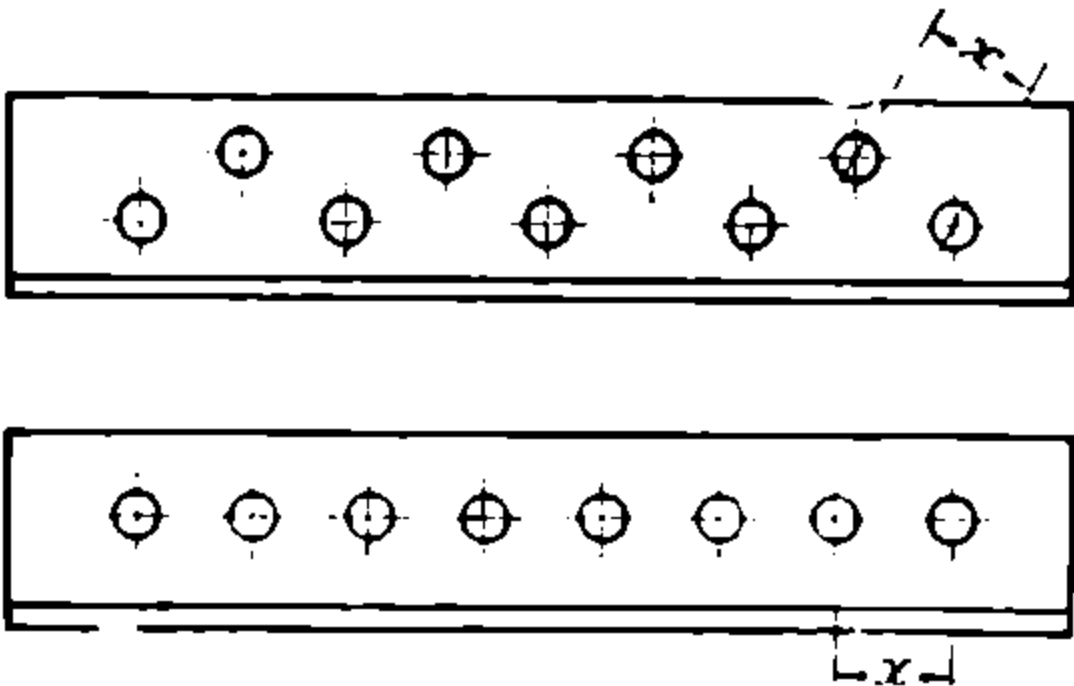


Рис. 293.

Примечание. Наибольшие предельные допустимые расстояние между заклепками обуславливаются требованием, чтобы на протяжении между ними отдельные листы или полосы не могли получать продольного изгиба. Поэтому в сжатых стержнях эти расстояния должны быть меньше, чем в растянутых, причем они ставятся обычно в зависимость от диаметра заклепки, как это видно из таблицы.

Наименьшие расстояния между заклепками (рис. 293) в металлических конструкциях видны из следующей таблицы:

Диаметр заклепок в мм	6	10	13	16	19	22	25	28	32
Наименьший размер x	25	32	44	51	57	66	76	86	96

В судостроительной разметке расстояния между центрами заклепок дается в зависимости от характера шва и диаметра заклепок и приводится в правилах тех-классификационных обществ (Русский Регистр, Английский Ллойд, Бюро Веритас и др.), по правилам которого строится судно.

§ 26. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕТОЧНЫХ РАЗМЕРОВ ГНУТЫХ ДЕТАЛЕЙ КОТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ.

Предварительные замечания. Выше мы уже приводили один из случаев, когда требуется определение разметочных размеров гнутых деталей. Основным положением, с которым приходится считаться при определении разметочных размеров таких деталей, является факт неизбежности усадки или вытяжки материала при всяком формоизменении давлением или ударом в холодном или в горячем состоянии. Разница только в том, что в горячем

состоянии, благодаря свойству пластичности, присущему в большей или меньшей степени каждому металлу, явления эти выступают более заметно, при меньшей затрате работы и при меньших усилиях: под действием одинаковых усилий коэффициент (степень) формоизменения получается при горячей обработке большим, по сравнению с холодным формоизменением.

Из учения о сопротивлении материалов известно, что при изгибе бруса, внутренние слои (*A*) сжимаются, а наружные (*B*) растягиваются (рис. 294) и тем больше, чем меньше радиус загиба. Заметим здесь кстати, что во многих случаях этот радиус не указывается на чертеже и его приходится выбирать самому разметчику. При этом необходимо иметь в виду, что в случае изгиба в холодном состоянии этот радиус, во избежание вредного перенапряжения металла, должен быть выбран равным не менее 20-кратной толщины листа, т. е.

$$R \geq 20 \delta.$$

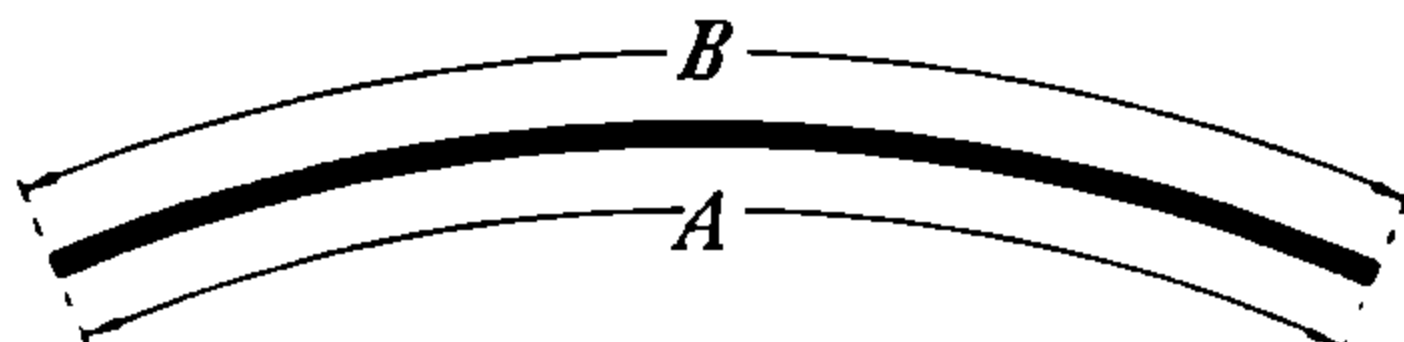


Рис. 294.

Вместе тем в бруске находится слой материала, не претерпевающий при изгибе ни растяжения, ни сжатия и называемый поэтому нейтральным слоем. В виду того, что литое железо (сталь) обладает одинаковым сопротивлением сжатию и растяжению, нейтральный слой располагается посередине толщины листа. Наблюдаемое в некоторых случаях кажущееся отклонение от этого положения ¹⁾ надо объяснить или неточностью измерений, или неправильностью обработки, например несвободным изгибом, как это может иметь место при зажиме между штампами прессы.

Таким образом, если мы имеем цилиндр с внутренним диаметром D_b , то положение нейтрального слоя определится диаметром $D_b + 2 \frac{\delta}{2} = D_b + \delta$ и, следовательно, если вырезать лист длиной $L = \pi (D_b + \delta)$, т. е. равной длине окружности нейтрального слоя, и согнуть такой лист в цилиндр, то внутренний диаметр последнего получится равным D_b .

И обратно, если нам требуется получить цилиндр с наружным диаметром D_n , то лист должен быть вырезан длиной $L = \pi (D_n - \delta)$.

Понятно, что L в обоих случаях одна и та же, т. е.

$$\pi (D_b + \delta) = \pi (D_n - \delta).$$

Отсюда можно видеть, что $D_n - D_b = 2\delta$, т. е. что разность между наружным и внутренним диаметром цилиндра равна двойной толщине стенки цилиндра.

Все подсчеты разметочных размеров гнутых деталей производятся во всех случаях разметки по нейтральному слою.

В котельном деле встречаются, вообще говоря, три вида гибки железа в холодном или горячем состоянии:

- а) с сохранением первоначальной толщины железа,
- б) с уменьшением ее (вытяжка),
- в) с увеличением ее (осаживание металла).

¹⁾ См. Boiler Maker за 1928 г., стр. 217, 242, 280 и 307.

Как на пример случая „а“ можно указать на изгибание листов в вальцах, к случаю „б“ должны быть отнесены все случаи отгибания горловин посреди листа (например, отвороты в днищах котлов для жаровых труб) и к случаю „в“ — отгибание бортов у днищ.

Рассмотрим по порядку приемы определения разметочных размеров во всех трех случаях, для чего возьмем чертеж парового котла ланкаширской системы (рис. 295).

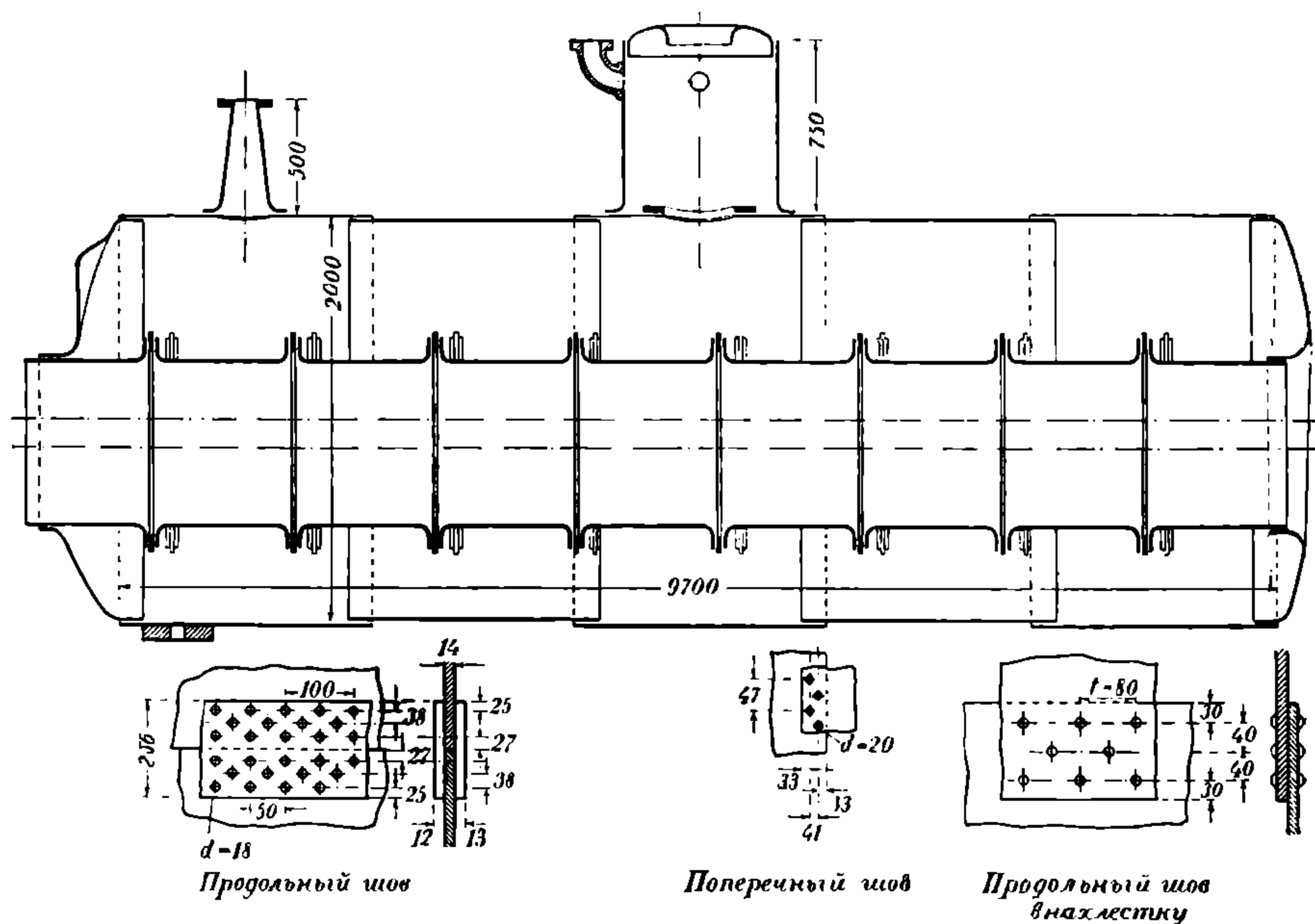


Рис. 295.

Гибка с сохранением толщины. Примером такой гибки могут служить листы цилиндрического корпуса котла.

Прежде чем перейти к определению разметочных размеров этих листов по длине, т. е. по окружности цилиндра, посмотрим, как определяется разметочная ширина этих листов.

Разметочной шириной листов является, согласно определению, расстояние между крайними центровыми линиями, т. е. в данном случае — между линиями поперечных швов, которое нам и надо найти, так как на чертежах указывается обычно только общая длина цилиндрического корпуса L .

Чтобы найти разметочную длину каждого звена корпуса (или, что то же самое, разметочную ширину соответственных листов), поступают следующим образом.

Принимая, что все звенья имеют одинаковые длины (если в чертеже нет никаких указаний, исключающих это положение), что ширина перекрышек во всех швах равна e и что число звеньев (согласно чертежу) равно n , легко найдем разметочную длину звеньев (ширину листа):

$$l_p^{\text{III}} = \frac{L - 2 \frac{e}{2}}{n} = \frac{L - e}{n}.$$

Заметим, кстати, что обработочная ширина листа l_0 определится как

$$l_0^{\text{ш}} = l_p^{\text{ш}} + 2 \frac{e}{2} + 2z,$$

где z — припуск на обработку кромки (каждой) листа.

Что касается разметочной длины листа, то при определении ее, приходится различать два случая (рис. 296 а и б):

- 1) корпус котла склепан встык с двумя накладками и
- 2) корпус склепан внахлестку.

1) Если корпус склепан встык, то обе кромки листа (если звено составлено из одного листа) должны встык прилегать друг к другу (стыкаться), и следовательно в этом случае разметочная длина листа будет, согласно вышеизложенному, равна длине окружности нейтрального слоя $l_p^{\partial} = (D_b + \delta) \pi$ и обработочная: $l_p^{\partial} = l_p^{\partial} + 2z = (D_b + \delta) \pi + 2z$.

Таким образом лист звена корпуса может быть развернут в разметочный прямоугольник с размерами $\pi (D_b + 2\delta) \left(\frac{L - e}{n} \right)$.

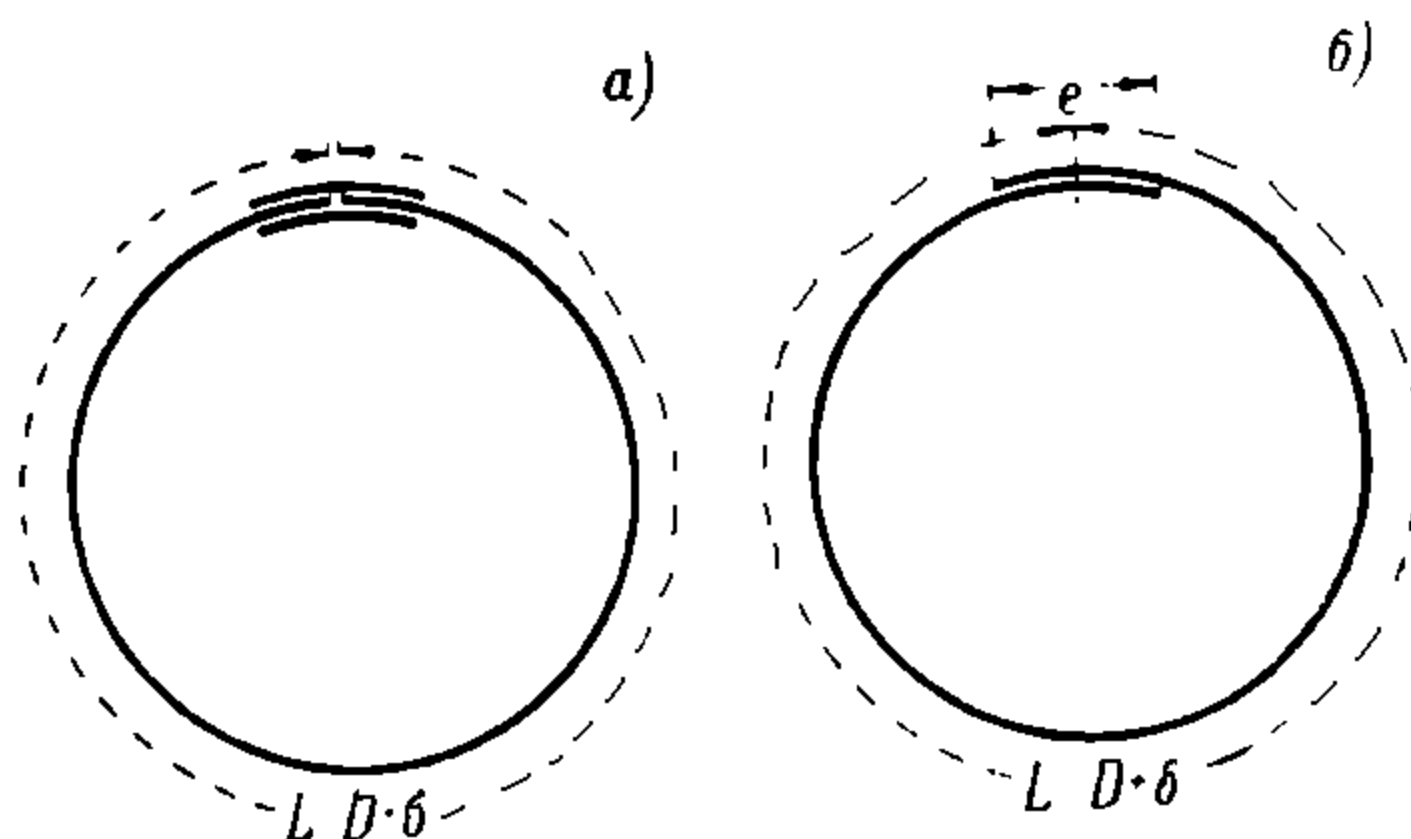


Рис. 296.

Если же корпус котла склепан продольным швом внахлестку, то в этом случае, как легко усмотреть из рис. 296 б, разметочная длина листа будет $l_p^{\partial} = \pi (D + \delta) + e$, где e — ширина перекрыши продольного шва: ¹⁾

Когда таким образом определены разметочные длина и ширина листа, то приступают к дальнейшей его разметке, т. е. к проведению осевых и центровых линий и к нанесению на последние центров заклепочных отверстий. При этом надо иметь в виду, что в случае продольного шва (котла) встык вычисленные размеры представляют собою полную геометрическую длину листа его обработки (L на рис. 296 а и 297 а), а в случае шва

¹⁾ Размеры продольных и поперечных швов на чертежах паровых котлов непременно должны быть указаны на чертеже, и если это упущено, то разметчик должен обратиться за точными указаниями в конструкторское бюро, отнюдь не выбирая их самостоятельно по справочнику. На чертежах менее ответственных изделий (резервуаров, баков, трубопроводов, дымовых труб и т. п.) размеры швов часто не указываются, и тогда разметчику приходится брать их по справочнику, например, по Hütte (1926 г., т. I, стр. 880). Так например для паро- и газопроводов или для резервуаров и дымовых труб нормальный шаг заклепок $t = 3d + 5 \text{ мм}$, где d — диаметр заклепки; расстояние от кромки листа $a = \frac{e}{2} = \frac{t}{2} \cong 1,5 d + 2,5 \text{ мм}$ (e — ширина перекрыши); диаметр заклепки $d = \sqrt{5\delta} - 4 \text{ мм} \cong 2,25 - 4 \text{ мм}$ (в большинстве случаев достаточно $d \cong 2 \delta$).

Длину $\pi (D + \delta)$ некоторые заводы (английские) увеличивают на 1,5 — 3 мм для компенсации неточностей в загибе барабана — с одной стороны, и неточности в толщинах соединяемых листов — с другой, которые выражаются таким образом вместе (по диаметру) около: $\cong 0,5 \text{ мм}$ — при тонких листах (до 10 — 12 мм) и $\cong 1,0 \text{ мм}$ — при толстых ($> 12 \text{ мм}$); прибавки эти относятся к звену большего диаметра (если поправки эти отнести к барабану меньшего диаметра, их надо вычесть). Однако в практике заводов СССР эти поправки обычно не делаются.

в перекрышку — расстояние между осевыми линиями шва, т. е.
 а) при тройном шве — как обозначено на рис. 296 б и 297 б буквою L' , и
 б) при двойном — как на рис. 297 в, буквою L'' .

Нанесение заклепочных отверстий и т. п. производится приемами, уже изложенными ранее.

Стыковые накладки. Разметочные размеры стыковых накладок определяются также по нейтральному слою, причем указанные на чертеже размеры заклепочного шва относятся к нейтральному слою корпусного листа, а соответственные размеры шва на стыковых накладках исчисляются следующим образом.

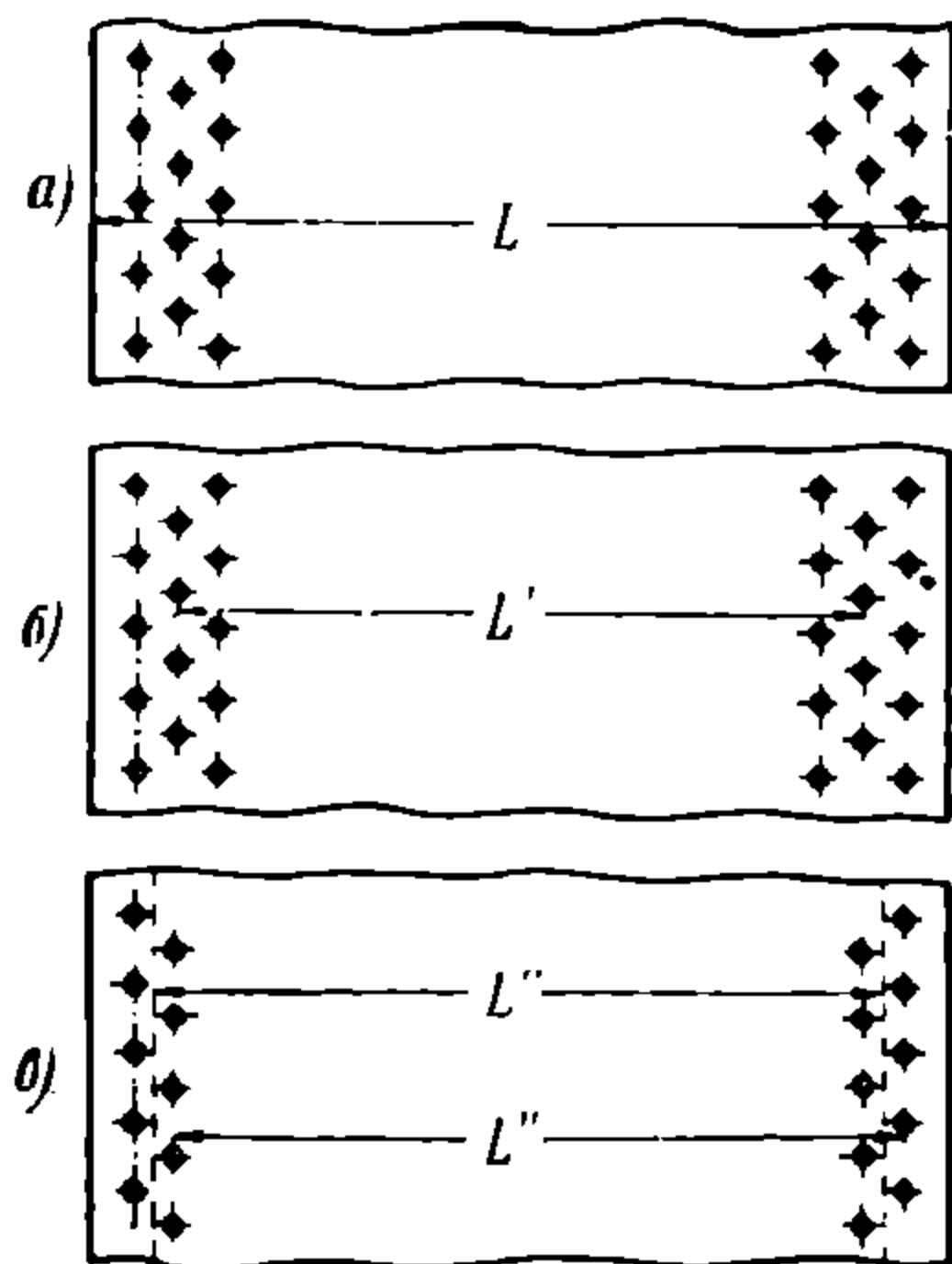


Рис. 297.

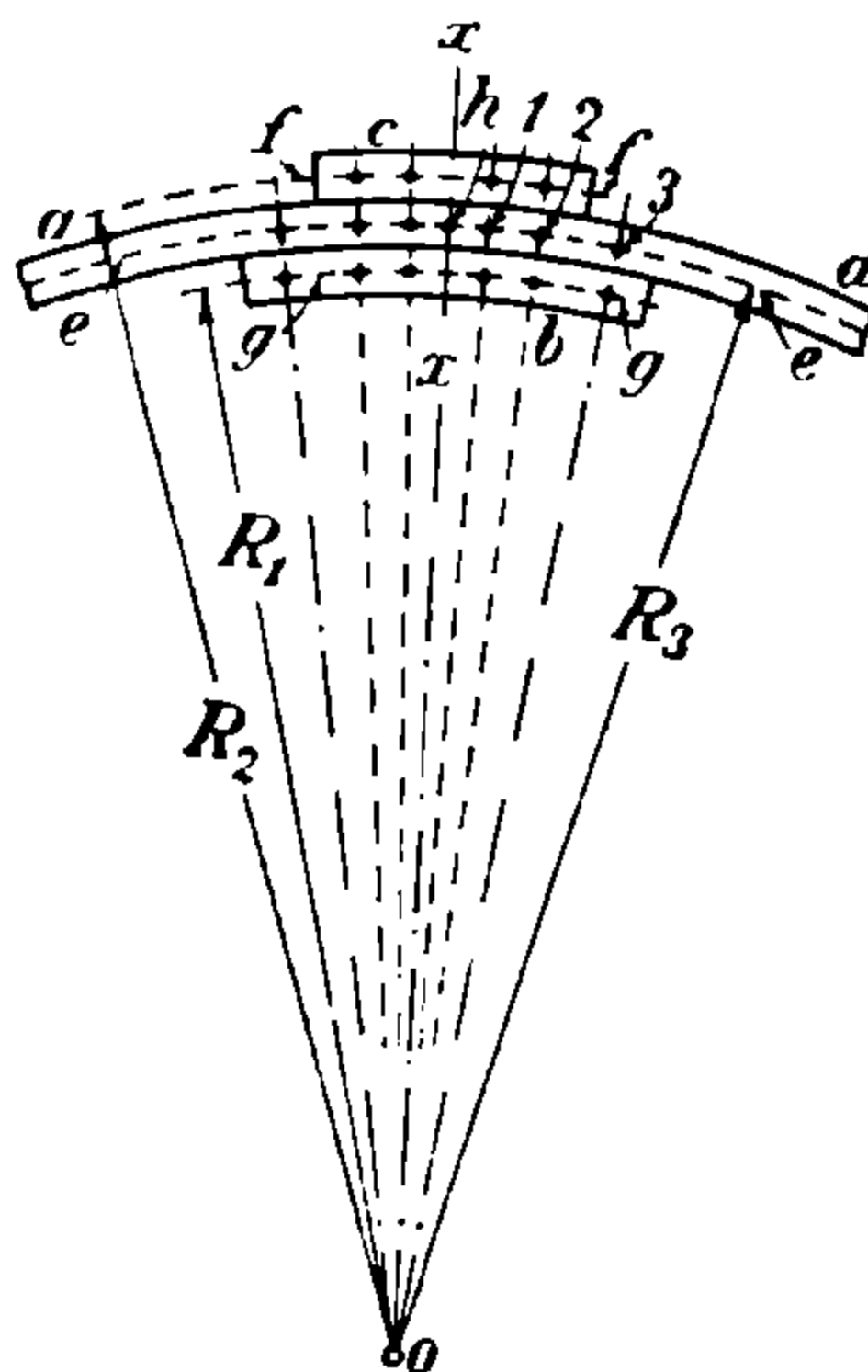


Рис. 298.

Пусть R_3 (рис. 298) обозначает радиус окружности нейтрального слоя корпусного листа, R_1 — радиус нейтрального слоя наружной накладки и R_2 — то же внутренней накладки. В таком случае все поперечные (по окружности) размеры шва для этих трех нейтральных слоев будут находиться в такой же пропорциональной зависимости, как и их радиусы, т. е. например расстояния между рядами заклепок, расстояния до кромок и т. п. будут относиться друг к другу так же, как $R_1 : R_3 : R_2$.

Например, если расстояние между рядами заклепок мы обозначим:

для наружной накладки через m_1 (рис. 298),

для корпусного листа через m_3

и для внутренней накладки через m_2 ,

то $m_1 : m_3 = R_1 : R_3$ и $m_3 : m_2 = R_3 : R_2$,

из каковых соотношений легко определить m_1 и m_2 , так как $R = R_3 + \frac{\delta_3}{2} + \frac{\delta_1}{2}$ и $R_2 = R_3 - \frac{\delta_3}{2} - \frac{\delta_1}{2}$ а $R_3 = \frac{1}{2}$ внутреннего диаметра $+$ $\frac{1}{2}$ толщины корпусного листа. ¹⁾

Чтобы покончить с рассмотрением разметки корпусных листов, отметим еще следующее.

¹⁾ Само собою разумеется, что продольные размеры заклепочного шва, расположенные по образующим цилиндра, остаются для обеих накладок и для корпусного листа неизменными и одними и теми же и берутся прямо с чертежа.

Поверхность соприкасания листов. Из рис. 295 легко видеть, что наружный диаметр внутреннего звена равен внутреннему диаметру наружного звена. Этот общий диаметр называется диаметром соприкасания листов, а соответствующая ему цилиндрическая поверхность — поверхностью соприкасания листов.

Конструкция шва встык с двумя накладками изображена на рис. 299, где фиг. а представляет собою продольный разрез котла по продольному шву наружного звена для показания сопряжений его с внутренним звеном и со стыковыми накладками, а фиг. б и в — то же для внутреннего звена.

Из рис. 299 видно, что наружная накладка внутреннего звена и внутренняя накладка наружного звена получают на концах лацканы для сопряжения этих накладок с соответственными корпусными листами. Это обстоятельство разметчик должен учесть и настолько отнести первый ряд заклепок на накладке и на листах ($c'c'$ на фиг. в), чтобы имелась возможность зачеканить ближайшую кромку корпусного листа ($a'a'$).

Надо отметить еще, что в настоящее время для облегчения этой работы, а главное, для устранения вредного влияния на материал оттягивания лацканов и для упрощения сборочных работ участки стыка, заштрихованные накрест (рис. 299 и 300) завариваются вольтовой дугой, чем обеспечивается полная их непроницаемость. Вследствие этого стыковая накладка делается короче ($b'b'$

рис. 299) настолько, чтобы можно было прочеканить кромки листа $a'a'$ и накладки $b'b'$ (рис. 299 и 300).

Гибка с изменением толщины. Прежде чем приступить к ознакомлению с методами определения разметочных размеров деталей, подвергающихся деформации с изменением толщины, необходимо отметить, что такие детали требуют обычно двукратной разметки: в первый раз на листы и полосы профильного железа в плоском виде наносят разметочные и обработочные размеры, необходимые для обрезки и последующей горячей или холодной обработки, и во второй — уже согнутые детали размечаются под холодную обработку; при этом на них наносятся знаки для обработки кромок и для образования отверстий.

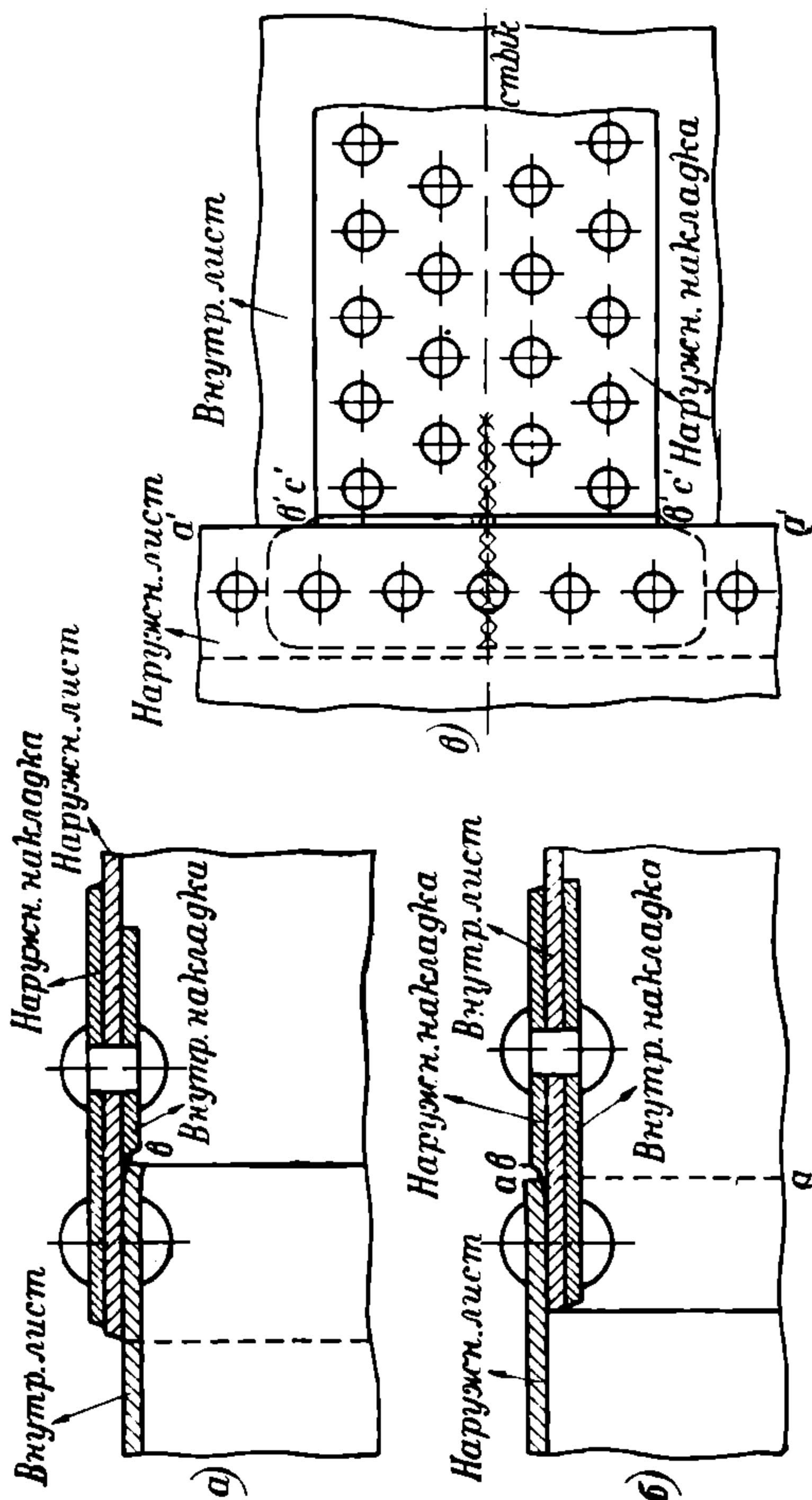


Рис. 299.

Разметка под горячую обработку производится приемами, характерными для котельной разметки, тогда как вторичная разметка, уже гнутых деталей, приближается по приемам скорее к механической разметке и производится чаще всего на выверенных по ватерпасу строганных разметочных плитах при помощи угольников, рейсмасов и т. д., как это будет ниже описано.

Обратимся теперь к разметке под горячую обработку, причем отметим, что так как этого рода обработка всегда бывает связана с формоизменениями, сопровождающимися вытяжкой или осаживанием металла, требующими внесения в вычисляемые или снимаемые с чертежей размеры тех или иных поправок, то эти случаи разметки требуют от разметчика наибольшей квалификации и знания так называемых разметочных „секретов“. Последние до недавнего времени передавались среди разметчиков только от отца к сыну

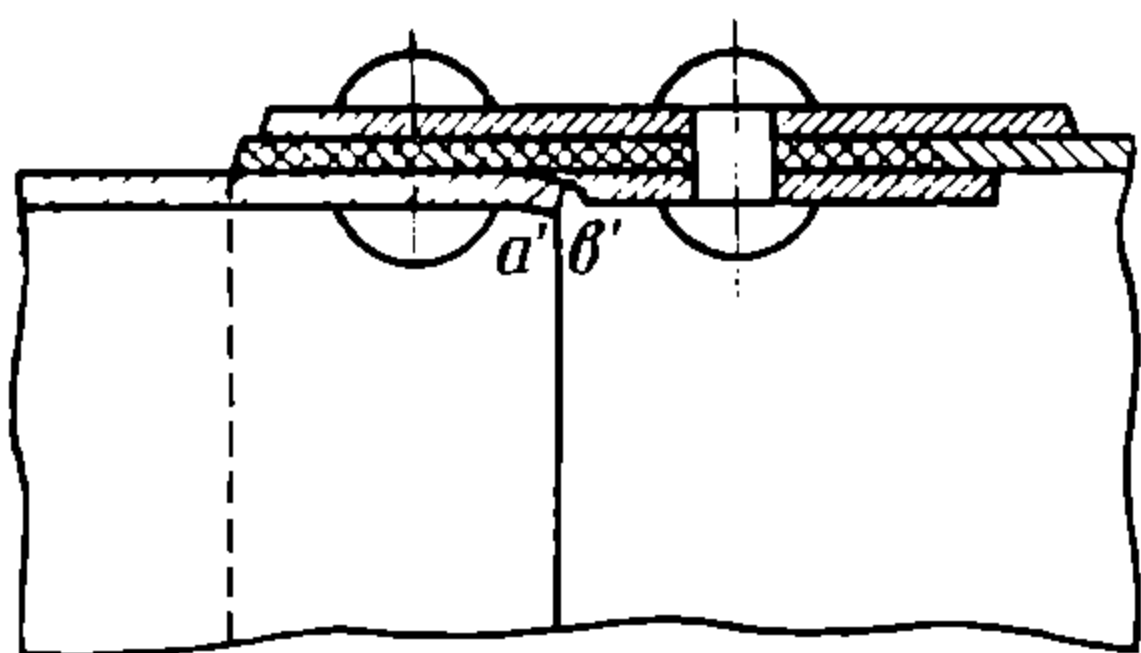


Рис. 300.

или в крайнем случае (чуть ли не под клятвенным обещанием о неразглашении) — особо покровительствуемому ученику, подчас не без коварных недомолвок. Но и эти „секреты“ были обычно таковы, что требовали проделывания нескольких „проб“, прежде чем удавалось получить изделие должной формы и надлежащих размеров. По этому поводу необходимо подчеркнуть, что вследствие почти полного отсутствия научно поставленных

наблюдений над явлениями, сопровождающими формоизменения металлов в горячем состоянии ударом или давлением, разметчикам и по сей день приходится идти в этой работе ощупью, пользуясь данными собственного опыта и лишь в виде исключения — эмпирическими формулами. Попробуем поэтому в дальнейшем установить основные положения для определения в этих случаях нулевых разметочных размеров и наметить те пути, которыми следует идти, чтобы устанавливать, выбирать или отыскивать поправочные коэффициенты.

С повышением требований к гнутым или штампованным изделиям как со стороны точности их размеров, так и в смысле понижения их себестоимости, все субъективные методы стали совершенно непригодными, и техника начала искать более точных, быстрых и дешевых методов разметки таких изделий.

Метод Музиола для отыскания размеров разверток при холодной штамповке. В 1902 году англичанин Оберлин Смит (Oberlin Smith) опубликовал свой метод расчета (выкроек) при помощи двух простых формул, а в 1908 году появился на немецком языке труд варшавского инженера Карла Музиола ¹⁾ (Karl Musiol), излагающий расчетные и графические методы нахождения разверток для холодных штамповочных и даvilных работ.

Хотя прямого отношения к котельному делу, в узком смысле слова, эти способы и не имеют, но знакомство с ними весьма полезно для дальнейшей разработки вопроса в интересующей нас области, а в некоторых случаях метод Музиола непосредственно применим и к разметке деталей котельных изделий.

¹⁾ Rechnerische und Zeichnerische Methode der Zuschnittermittlung in der Ziehpress technik.

Музиол исходил из известного физического закона о сохранении материи, согласно которому при холодной штамповке вес штампованной детали должен быть равен весу заготовки (развертки или выкройки). Это правило по отношению к деталям, штампованным в горячем состоянии, изменяется в том смысле, что вес отштампованной детали равен весу заготовки, за вычетом веса угара (т. е. части металла, переходящей в окалину).

Обозначая через

G_0 — вес заготовки (развертки),

F_0 — поверхность

δ_0 — толщину

G, F и δ ¹⁾ — те же измерения для готовой детали,

γ — удельный вес металла,

Музиол принимал что

$$G_0 = G, \quad (1)$$

но так как $G_0 = F_0 \delta_0 \gamma$ и $G = F \delta \gamma$, то, подставляя в формулу (1), получаем $F_0 \delta_0 = F \delta$, откуда он получал свою основную формулу

$$F_0 = F \frac{\delta}{\delta_0}. \quad (2)$$

В этой формуле $\frac{\delta}{\delta_0} \geq 1$, так как при изгибе материала могут иметь место или вытяжка $\left(\frac{\delta}{\delta_0} > 1\right)$, или осаживание $\left(\frac{\delta}{\delta_0} < 1\right)$ или, наконец, толщина металла может оставаться неизменной $\left(\frac{\delta}{\delta_0} = 1\right)$.

Из формулы (2) вытекает, что и $\frac{F}{F_0} \geq 1$, т. е. что поверхность развертки может в различных случаях быть большей, меньшей или равной поверхности гнутой детали (измеряемой по нейтральному слою).

Величина $\frac{\delta}{\delta_0} = \alpha$, названная Музиолом модулем вытяжки, зависит, как показывает опыт, от свойств металла и от радиуса загиба, и чем тягучее металл, а равно, чем больше радиус загиба (чем положе изгиб), тем он ближе к единице. Этот модуль может быть устанавливаем только опытным путем, и, поскольку велико разнообразие свойств штампуемых металлов и поскольку различны радиусы прогибов и другие измерения, постольку различным будет и модуль вытяжки. Поэтому в интересах техники было бы крайне желательно, чтобы соответственные специалисты опубликовали по мере накопления свои наблюдения над величиной этого модуля в различных условиях, на основании которых удалось бы, вероятно, установить известную закономерность в его изменениях. До тех пор техника должна будет продолжать идти ощупью, и вполне точных разверток штампованных изделий мы, должны признаться, строить пока еще не умеем.

¹⁾ Для гнутой детали δ обозначает среднюю толщину (среднюю арифметическую из наибольшей и наименьшей).

Для определения диаметра выкройки из железа под штамповку, воспользуемся формулой (2):

$$F_0 = F \frac{\delta}{\delta_0} = F \alpha;$$

подставляя в нее, вместо поверхности F_0 , ее значение $-\frac{\pi d^2}{4}$, имеем:

$$\frac{\pi d^2}{4} = F \alpha,$$

откуда

$$d = \sqrt{\frac{\pi}{4} F \alpha}. \quad (3)$$

Прежде чем перейти к применению метода Музиола к нахождению разверток штампованных деталей котельных изделий, имеющих более или менее значительную толщину стенок, необходимо

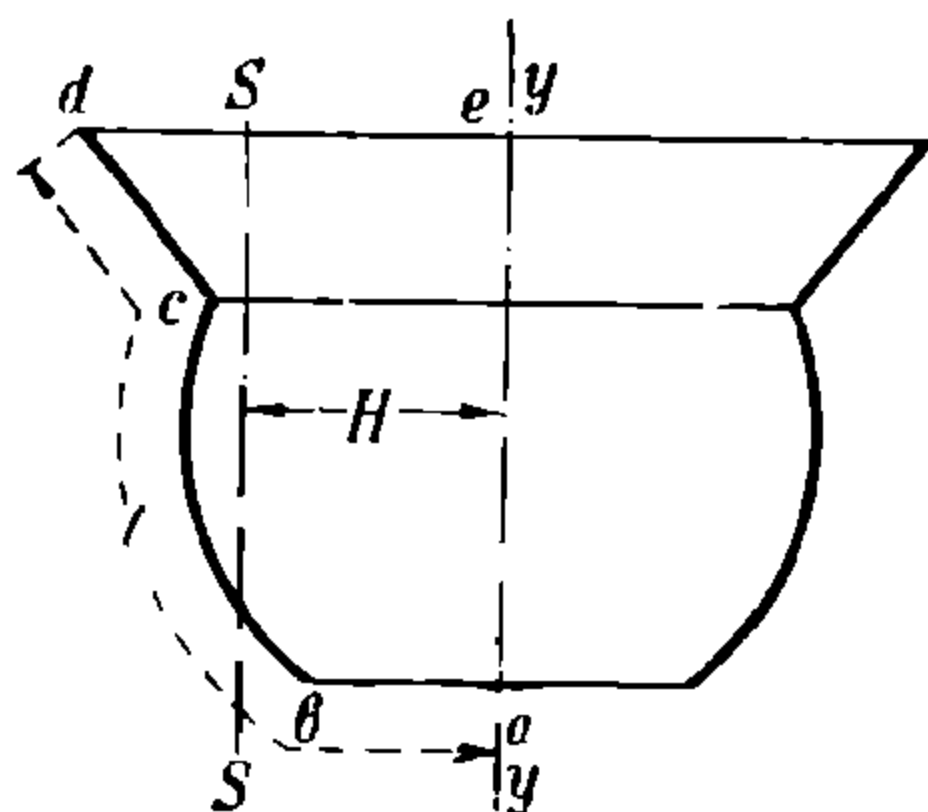


Рис. 301.

ознакомиться с основами применения его метода к нахождению разверток тонкостенных полых тел (сосудов), причем для наших целей достаточно ограничиться рассмотрением полого тела, имеющего ось симметрии, проходящую через центры всех его поперечных сечений, имеющих вид кругов различных диаметров (рис. 301). Такой сосуд является телом вращения, и поверхность его можно представить себе образовавшейся путем вращения линии $abcd$ (образующей) вокруг оси yy .

Поверхность эта легко определяется по так называемой формуле Гюльдена-Папуса умножением длины линии $abcd$ на длину пути, пройденного центром тяжести этой линии; другими словами, если обозначить через H расстояние центра тяжести линии $abcd$ от оси вращения yy , то поверхность тела вращения может быть найдена по формуле

$$F = l \cdot 2\pi H, \quad (4)$$

где l — длина линии $abcd$.

Таким образом, определение поверхности круглого тела вращения любого очертания сводится к нахождению длины его образующей и к отысканию расстояния центра тяжести этой образующей от оси вращения. Так как образующими тел вращения могут быть или прямые линии (цилиндры и конусы), или ломаные (различные комбинации из цилиндров и конусов) (см. рис. 302) и кривые (см. рис. 303), и комбинации из кривых и прямых линий, то мы рассмотрим два случая, при помощи которых легко уяснить себе способы, применяемые к любому случаю практики.

Пусть мы имеем тело, образованное вращением ломаной линии $abcde$ вокруг оси yy (рис. 302). Центр тяжести этой линии находится на некоторой вертикальной линии $S-S$, удаленной от оси вращения на величину H , определение которой и составляет нашу задачу.

Вспомним, что центр тяжести каждого отрезка прямой линии, независимо от расположения последнего в пространстве (вертикально, горизон-

тально или наклонно), находится на его середине и таким образом точки S_1, S_2, S_3, S_4 , лежащие соответственно по середине отрезков ab, bc, cd и de , и являются центрами тяжести этих отрезков.

Чтобы найти вертикальную линию, на которой находится центр тяжести всей образующей, т. е. ломаной $abcde$, нанесем на произвольную вертикаль последовательно отрезки $a'b' = ab, b'c' = bc, c'd' = cd$ и $d'e' = de$ так, что отрезок $a'e'$ представляет собою длину выпрямленной ломаной линии $abcde$.

Соединив точки a', b', c', d' и e' с произвольно выбранной () P и проведя затем через центры тяжести отрезков нашей ломаной вертикальные линии, мы найдем линию, на которой находится центр тяжести нашей образующей, следующим образом. Выбрав произвольную () I на вертикали S_1 , проведем через нее две линии: $0—I \parallel a'P$ и $I—2 \parallel b'P$, до встречи последней в () 2 с вертикалью S_2 . Из полученной () 2 проводим параллель линии $c'P$ до встречи ее в () 3 с вертикалью S_3 ; через () 3 параллель к $d'P$ до встречи с S_4 в () 4 и, наконец, $4—5$ и $0—I$. Пересечение линий $4—5$ и $0—I$ и дает точку, через которую проходит вертикаль, несущая на себе искомый центр тяжести. Таким образом определяется расстояние H и становится возможным пользование формулой Гюльдена (4).

В случае криволинейной образующей, последнюю делят на короткие отрезки, которые без большой погрешности могут быть приняты за прямые; затем с помощью только что описанных приемов может быть найдено

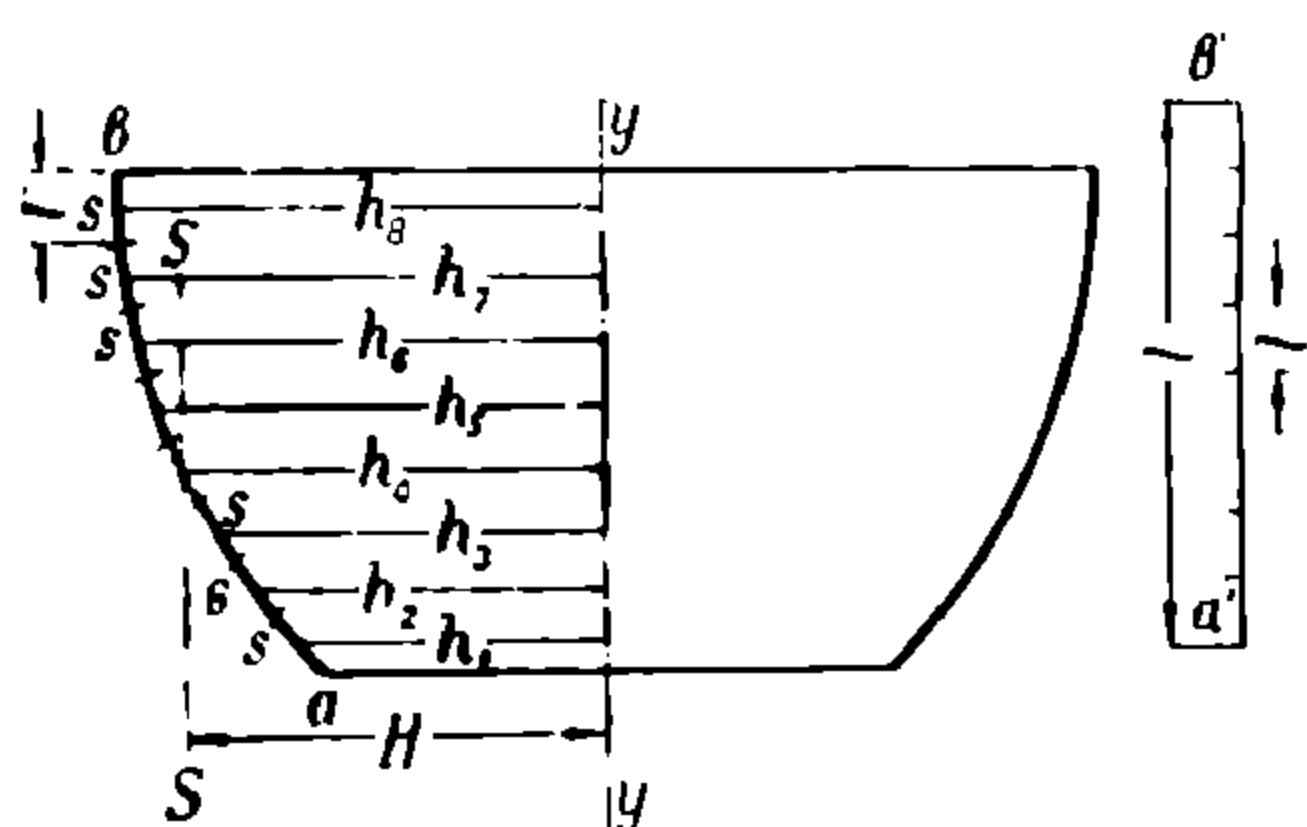


Рис. 303.

искмое расстояние центра тяжести образующей от оси вращения. Той же цели можно, впрочем, достигнуть и иным путем, для чего кривую образующую ab (рис. 303) разворачивают в прямую одним из описанных ранее способов, делят как самую кривую, так и ее развертку на произвольное число равных, достаточно мелких, частей (длиной 8—10 мм) l' и через середины делений кривой (центры тяжести) проводят горизонтальные прямые до пересечения с осью вращения, причем получаются отрезки h_1, h_2 и т. д.

Так как согласно учению о центре тяжести

$$h_1 l' + h_2 l' + h_3 l' + \dots + h_n l' = H l,$$

и так как $l = n l'$, то, следовательно,

$$l' (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n) = H n l',$$

откуда

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n}. \quad (5)$$

Если образующая представляет собою какую-либо правильную кривую, например дуга круга, можно пользоваться и другими формулами.

Центр тяжести дуги круга находится на равноделящем диаметре (оси симметрии) (рис. 304) Ox , на расстоянии $c = \frac{rs}{k}$ от центра дуги (с диаметром r , хордой s и длиной дуги k).

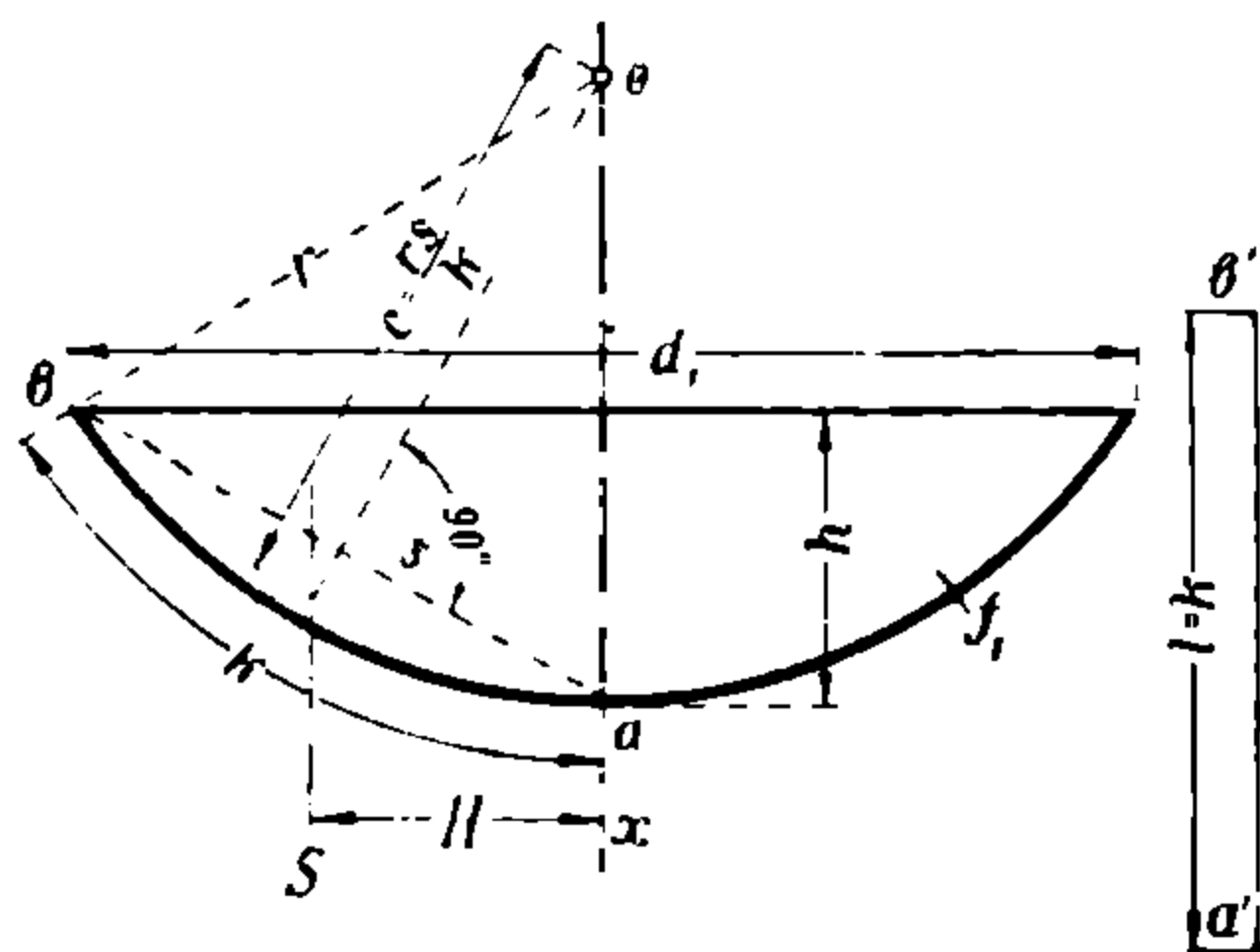


Рис. 304.

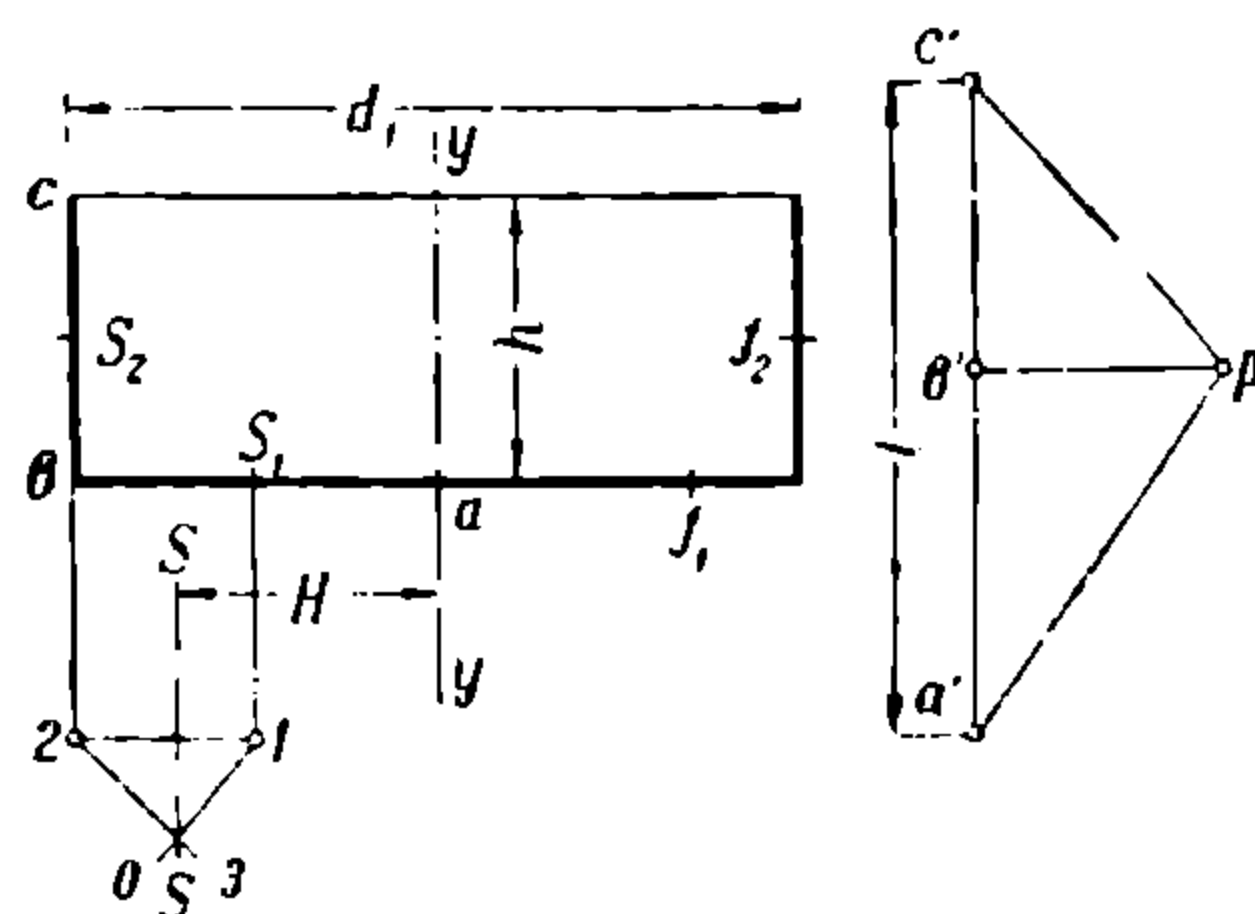


Рис. 305.

Если в формуле (3) вместо F подставить его выражение, взятое по формуле (4) ($F = 2\pi Hl$), то мы получим следующую формулу, годную для всех без исключения случаев круглых тел вращения:

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha F} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha 2\pi Hl} \quad \text{или} \quad d = \sqrt{8\alpha Hl}, \quad (6)$$

где d означает диаметр выкройки, а нахождение величин α , H и l не представит затруднений после всего вышесказанного.

Полые тела вращения цилиндрической формы. Наиболее часто встречающейся формой штампованных изделий является цилиндрическая, и размеры выкроек (разверток) могут во всех без исключения случаях быть находимы указываемыми ниже способами расчетного и графического определения, причем все построения и расчеты надо понимать как относящиеся к нейтральному слою.

Пример 1 (рис. 305). Определить диаметр выкройки для получения путем штамповки полого цилиндрического тела, образованного вращением линии abc вокруг оси uu (радиус закругления в пункте перегиба b не превышает 5 мм).

Вывод. Согласно формуле (3) искомый диаметр выкройки

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha F},$$

а так как

$$F = f_1 + f_2 = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h,$$

то

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha \left(\frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h \right)} = \sqrt{\alpha (d_1^2 + 4 d_1 h)}.$$

Построение. Вычертив сосуд в натуральную величину или в крайнем случае в возможно крупном масштабе, проводят линии центров тяжести S_1 и S_2 , откладывают один за другим отрезки \overline{ao} и \overline{bc} на произвольной вертикали и находят таким образом длину образующей $a'c' = l$. Соединив точки a' , b' и c' этой вертикали с произвольной () P , проводят через произвольную же () 1 , выбранную на S_1 , линию $\overline{1-0} \parallel Pa'$ и $\overline{1-2} \parallel b'P$ до встречи $\overline{1-2}$ с линией S_2 , из точки встречи $\overline{1-2}$ с S_2 линию $\overline{2-3} \parallel c'P$, и тогда находят положение линии S — общего центра тяжести образующей abc , определяющей расстояние H центра тяжести от оси вращения uu . Остается измерить величину H и подыскать для данного случая модуль α , чтобы найти искомый диаметр развертки по формуле (6):

$$d = \sqrt{8\alpha \cdot Hl}.$$

Как это делается, лучше всего пояснить на числовом примере: пусть, например, диаметр нашего сосуда $d_1 = 200$ мм, глубина $h = 85$ мм. Тогда для литого железа (при соотношении $\frac{d_1}{h} = \frac{200}{85} = 2,35$) находим по данным Музиола, что модуль $\alpha \approx 1$.

Допустим далее, что при штамповке боковая сторона сосуда удлинится на 5 мм; тогда после штамповки получим

$$h = 85 + 5 = 90 \text{ мм.}$$

Вывод. Согласно вышеприведенному,

$$d = \sqrt{\alpha (d_1^2 + 4 d_1 h)},$$

а так как $d_1 = 200$ мм, то $d_1^2 = 40000$ и $4 d_1 h = 4 \cdot 200 \cdot 90 = 72000$.

Сумма $d_1^2 + 4 d_1 h = 112000$, а так как $\alpha = 1$, то

$$d = \sqrt{112000} = 334,7$$

или, округленно,

$$d = 335 \text{ мм.}$$

Построение. Указанными выше приемами находим: $l = 190$ мм и $H = 73,3$ и следовательно:

$$8\alpha Hl = 1 \cdot 8 \cdot 73,3 \cdot 190 = 112\,024,$$

а по извлечении корня из этого числа найдем $d \cong 335$ мм.

Пример 2. Пусть мы имеем сосуд с большим радиусом закругления у дна, как показано на рис. 306.

Вывод. Боковая поверхность сосуда:

$$F = f_1 + f_2 + f_3 = \frac{\pi}{4} (d_1 + 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_1 - 0,726r) + \pi d_1 h_1$$

и, следовательно

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha F} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha \left[\frac{\pi}{4} (d_1 + 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_1 - 0,726r) + \pi d_1 h_1 \right]}$$

или по преобразовании

$$d = \sqrt{\alpha [d_1^2 + 4d_1 (h_1 + 0,57r) - 0,56r^2]}. \quad (7)$$

Построение. Ведется, как указано на рис. 306, с учетом того, что $c = \frac{rs}{k}$ и что в данном случае $z = 0,637r$, а длина дуги (четверть окружности) $bc = b'c' = 1,571$.

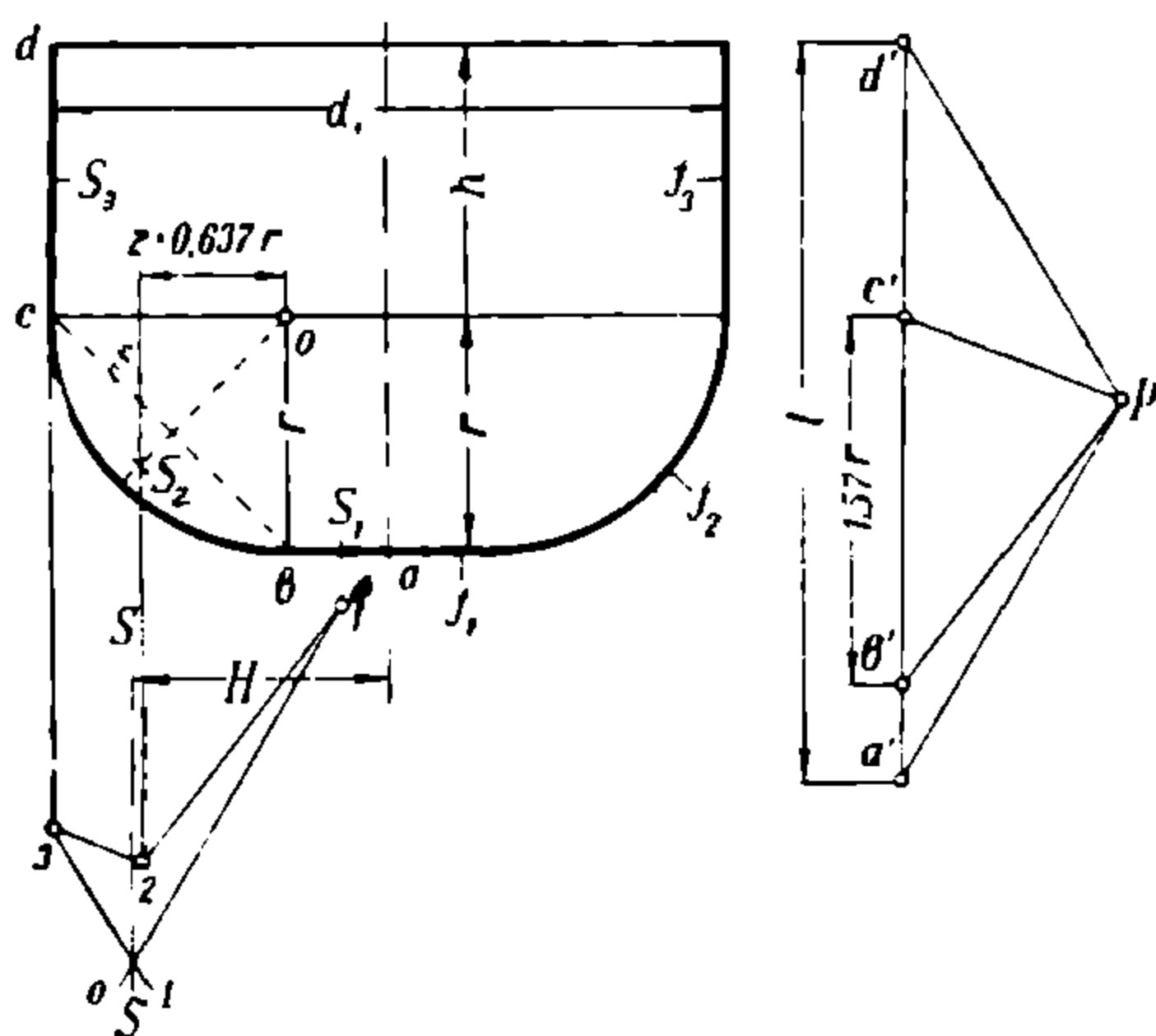


Рис. 306.

Полые тела вращения конической формы. *Пример.* Пусть нам требуется отштамповать сосуд, имеющий форму усеченного конуса, показанного на рис. 307.

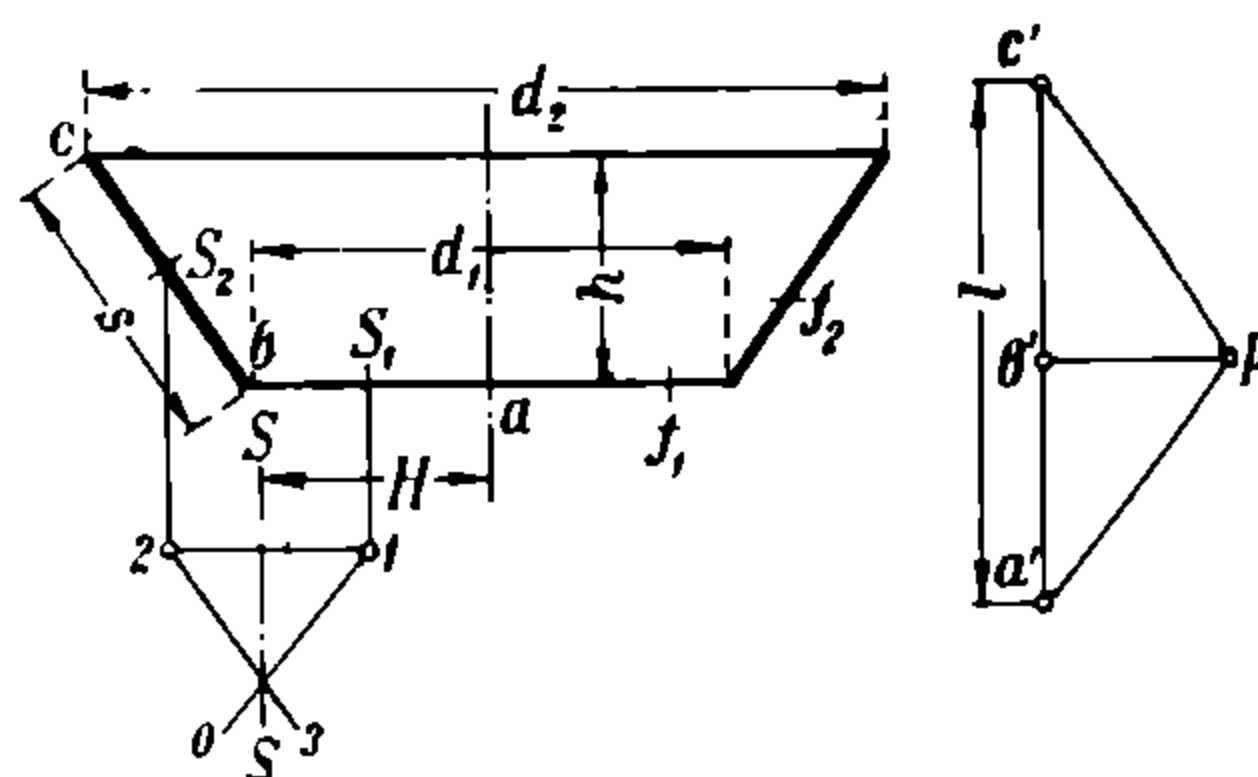


Рис. 307.

Вывод. По формуле (3) $d = \sqrt{\frac{\pi}{\pi} \alpha F}$ а так как

$$F = f_1 + f_2 = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi s \frac{d_1 + d_2}{2},$$

то

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha \left(\frac{\pi d_1^2}{4} + \pi s \frac{d_1 + d_2}{2} \right)}$$

или, после сокращений:

$$d = \sqrt{\alpha [d_1^2 + 2s (d_1 + d_2)]}. \quad (8)$$

Построение производится аналогично предыдущим примерам, но в применении к рис. 307 с помощью формулы (6).

Полые тела вращения полусферической формы. Пример. (рис. 308). Для определения диаметра развертки обратимся к известным нам уже формулам (3) и (6).

Вывод. $d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha F}$, где $F = \frac{\pi d_1^2}{2}$ (поверхность полусферы) ¹⁾

и следовательно

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha \frac{\pi d_1^2}{2}} = 1,414 d_1 \sqrt{\alpha}. \quad (9)$$

Построение ведется согласно рис. 308, принимая во внимание, что центр тяжести $1/4$ окружности отстоит от оси вращения на расстоянии $H = 0,3185 d_1$, а длина образующей дуги ($\smile ab$) $l = 0,785 d_1$.

При этих условиях формула (6) $d = \sqrt{8\alpha Hl}$ превращается в:

$$d = \sqrt{8\alpha \cdot 0,3185 d_1 \cdot 0,785 d_1},$$

а эта последняя, после перемножений, даст

$$d = d_1 \sqrt{2\alpha}. \quad (9a)$$

Если модуль $\alpha = 1$, то как формула (9), так и (9a) дают: $d = 1,414 d_1$.

Полые тела вращения шарового сегмента. Пример. (рис. 304)

Вывод. Так как для данного случая

$$F = \frac{\pi}{4} (d_1^2 + 4h^2),$$

то

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha \frac{\pi}{4} (d_1^2 + 4h^2)},$$

или после сокращения

$$d = \sqrt{\alpha (d_1^2 + 4h^2)} \quad (10)$$

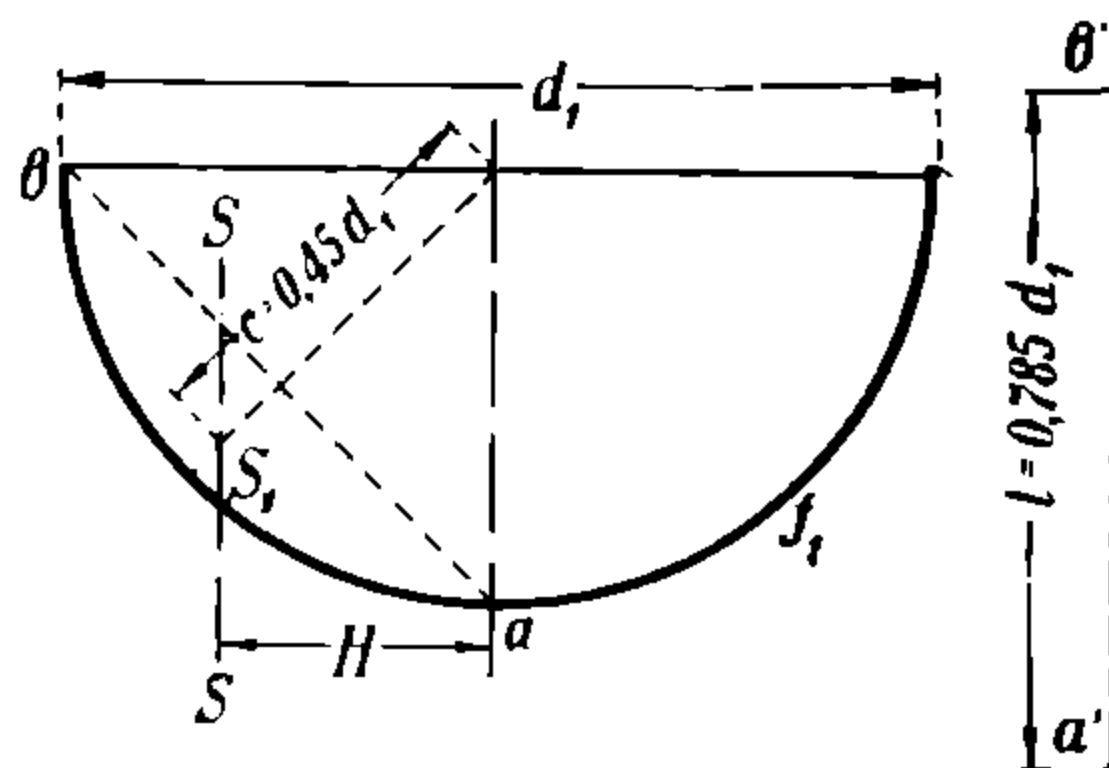


Рис. 308.

Построение. Измерив длину $\smile ab = a'b' = k = l$, а также радиус r и хорду s , опускают на последнюю перпендикуляр (на котором должен находиться центр тяжести $\smile ab$) и на нем откладывают расстояние $c = \frac{rs}{k}$.

Проведя затем через полученную точку линию $S \parallel Oa$, измерим расстояние H . Зная l и H , легко вычислить искомый диаметр выкройки по формуле (6):

$$d = \sqrt{8\alpha \cdot Hl}.$$

¹⁾ Из числа кривых поверхностей в плоскость могут быть развернуты только конус и цилиндр, поэтому выражение „развертка полусферы“ следует понимать условно, как круг, из которого — выбиванием или штамповкой — можно получить требуемую полусферу.

Полые тела вращения формы усеченного шарового сегмента. Пример (рис. 309).

Вывод. $F = f_1$ $f_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} + 2\pi rh$; следовательно, согласно формуле (3)

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha \left(\frac{\pi d_1^2}{4} + 2\pi rh \right)}$$

или после приведения

$$d = \sqrt{\alpha (d_1^2 + 8 rh)}. \quad (11)$$

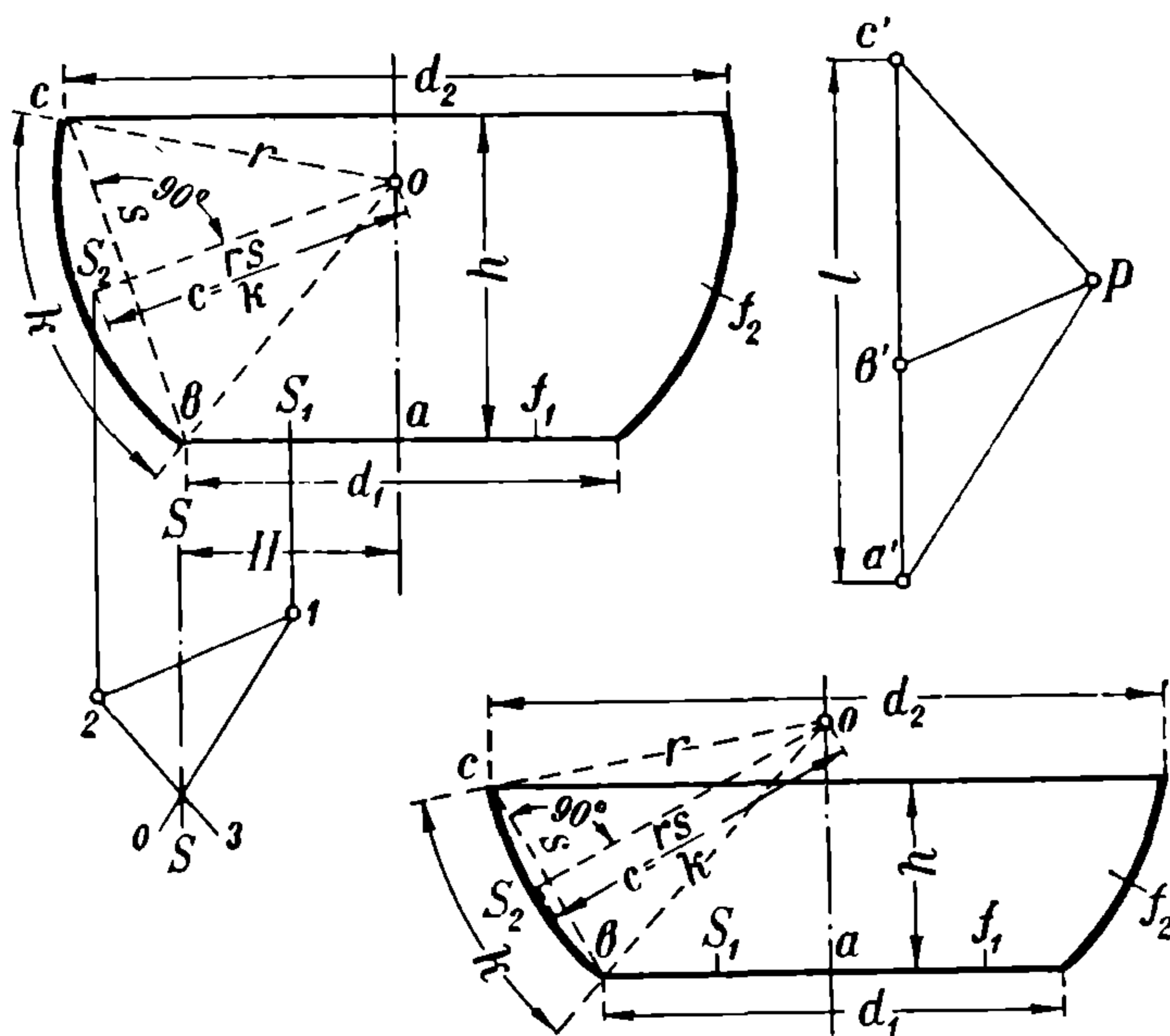


Рис. 309.

Полые тела формы параболоида вращения. Пример (рис. 310). Такие тела (например, рефлекторы) получаются вращением полупараболы ab вокруг оси uu .

Вывод. Как известно, поверхность параболоида выражается следующей формулой:

$$F = \frac{2}{3} \pi \sqrt{p} \left[(2h + p)^{\frac{3}{2}} - p^{\frac{3}{2}} \right],$$

где полупараметр $p = \frac{y^2}{2x} = \frac{d_1^2}{8h}$.

Если в формулу (3) вставить это значение F , то мы получим

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \alpha \cdot \frac{2}{3} \pi \sqrt{p} \left[(2h + p)^{\frac{3}{2}} - p^{\frac{3}{2}} \right]}$$

или после сокращений

$$d = \sqrt{\frac{8}{3} \alpha \sqrt{p} \left[(2h + p)^{\frac{3}{2}} - p^{\frac{3}{2}} \right]} \quad (15)$$

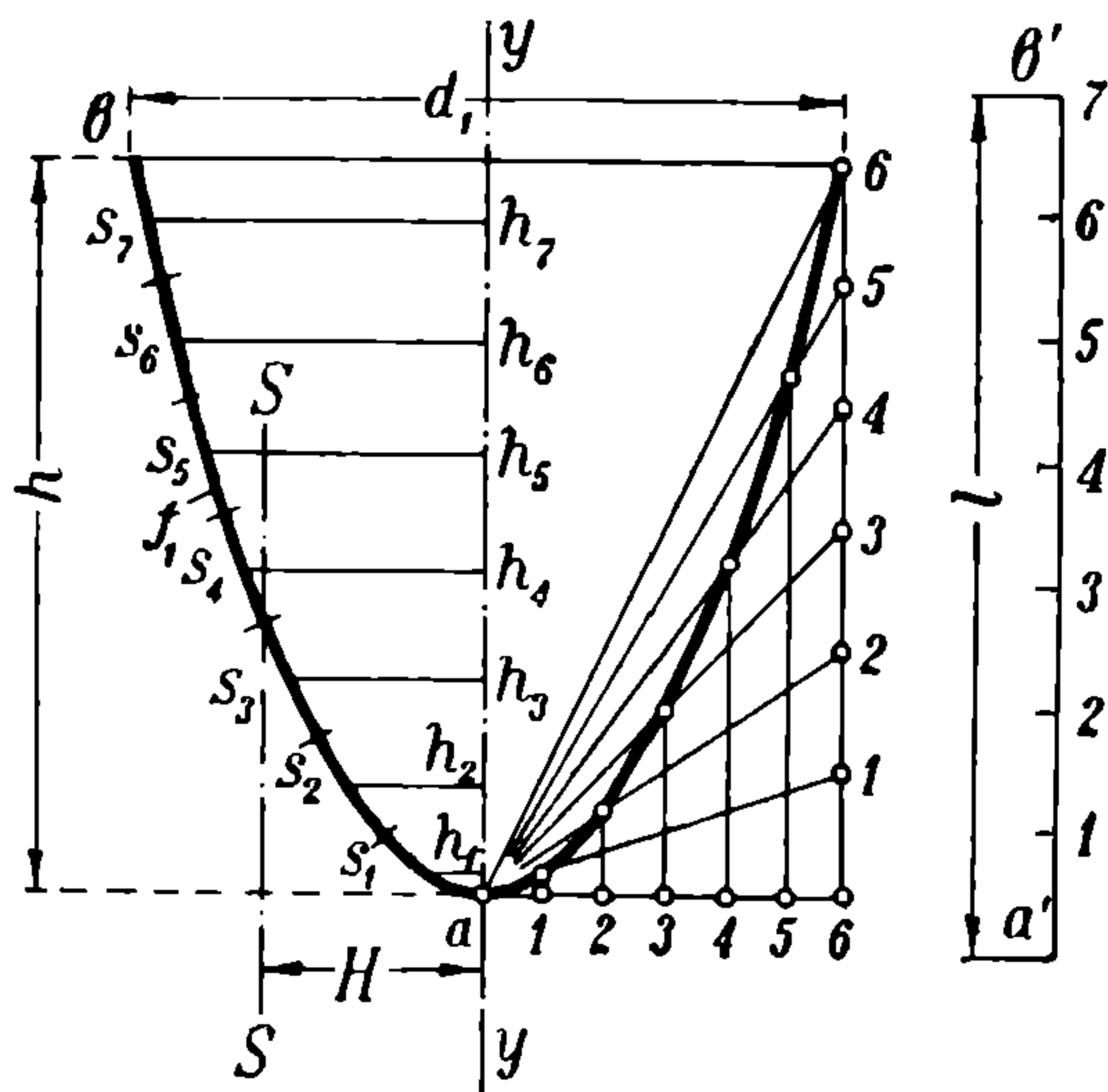


Рис. 310.

Построение начинается с нахождения длины l развернутой полупараболы ab , которую откладывают на вертикали $a'b'$ и делят на произвольное число равных делений по 8—10 мм длиной каждое. Эти деления переносят затем с помощью циркуля на одну из ветвей (левую) параболы и получают на ней отрезки $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$. Затем из середины каждого из этих отрезков проводят горизонталь до пересечения с осью вращения yy , которые обозначим соответственно через $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$. Как выше уже указывалось, средняя арифметическая из длин этих горизонталей (представляющих расстояние центров тяжести отрезков s_1, s_2, s_3 и т. д. до yy) и даст расстояние центра тяжести полупараболы (образующей наше тело вращения) от оси вращения, т. е.

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n}.$$

Зная величины H, l и α , легко вычислить искомый диаметр по знакомой нам формуле $d = \sqrt{8\alpha Hl}$.

Условия установления поправочных коэффициентов на вытяжку и осаживание. Можно констатировать, что при машинной работе, т. е. при штамповании на прессах или под молотами, поправочные коэффициенты на вытяжку или осаживание материалов могут быть опытным путем устанавливаемы довольно точно при соблюдении следующих условий:

1) Однородности свойств металла в изделиях, подвергающихся данной обработке.

2) Нагрева кусков металла в строго одинаковых условиях до одной и той же температуры.

3) При одной и той же толщине металла.

4) При полной исправности штампов и неизменности взаимного соотношения их размеров (отсутствия износа).

В будущем, когда накопится достаточное число наблюдений, инженеры технического бюро должны будут вместе с эскизами давать цеху указания — до какой температуры должны быть нагреваемы куски металла, каковы должны быть зазоры в штампах, каковы могут быть допуски размеров металла по толщине, ширине и длине (или диаметру), чтобы штамповщик мог получать годные изделия по нанесенным на шаблон разметочным и обработочным знакам.

Но в настоящее время, так как таких наблюдений за указанными ниже исключениями не имеется, приходится удовлетворяться способами, которые дают возможность получать хотя бы грубо-приближенные размеры, подлежащие нанесению на листы и полосы катаного железа, чтобы после соответственной горячей обработки получать годные изделия, хотя бы и требую-

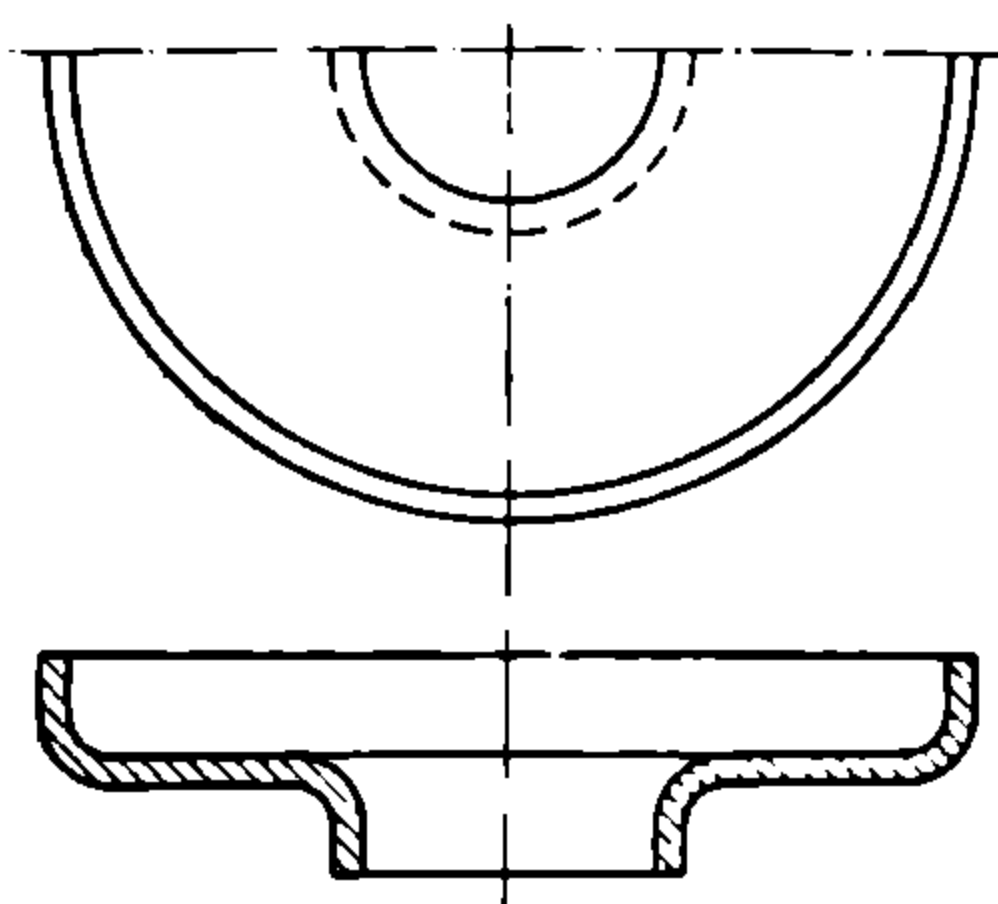


Рис. 311.

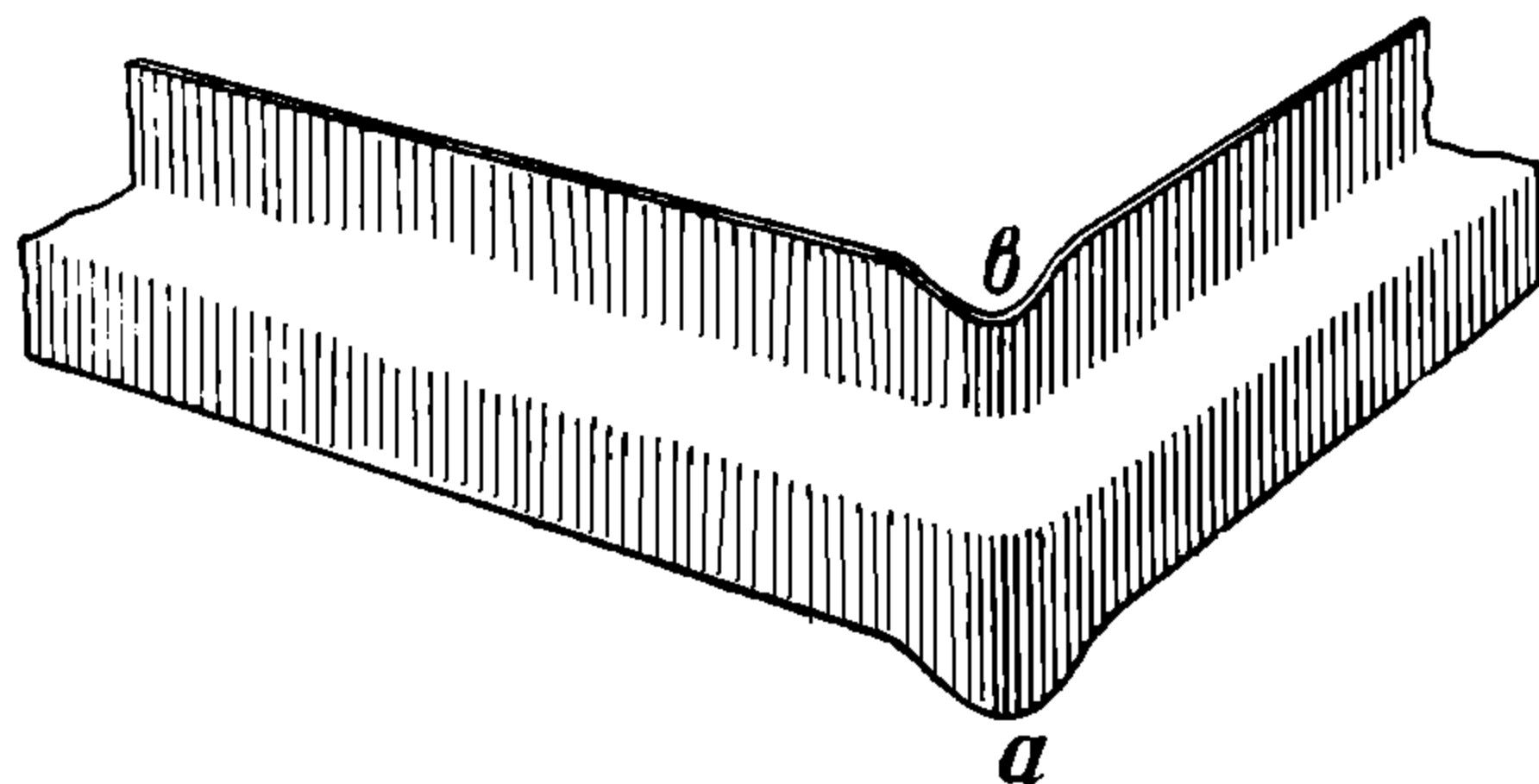


Рис. 312.

щие последующей холодной обработки для придания окончательных размеров. В будущем, когда будут накоплены упоминавшиеся выше результаты наблюдений, эта холодная обработка может оказаться излишней и в некоторых случаях котельной штамповки, как мы это встречаем уже при кузнечной штамповке.

Остается еще отметить, что вытяжка металла сопровождается его утонением и получается в тех случаях, когда масса металла, расположенная по какой-либо кромке листа, должна в результате горячей обработки распределиться по периферии, имеющей большее протяжение, чем первоначальная (исходная) кромка. Примером такого случая может служить отгибание воротника (фланца) по середине листа, как например для пропуска жаровой трубы через днище корнваллийского или вертикального котла.

Наоборот, осаживание металла, сопровождающееся его утолщением, наблюдается в тех случаях, когда при горячей обработке происходит перераспределение металла с большей периферии на меньшую. Примером такого случая может служить отгибание наружного фланца у круглого днища (рис. 311).

Оба эти явления особенно заметны при отвороте горловины и загибе фланца у прямоугольной формы листа с прямоугольной же горловиной. Если лист обрезать согласно геометрической развертке и не внести в его размеры поправок в соответственных местах на вытяжку и на усадку, то после штамповки мы обнаружим характерное для упомянутых выше случаев явление. Так, на рис. 312 ясно видно, как в месте *b* „утянуло“ горловину и высота ее в этом месте получилась меньшей, и насколько, наоборот,

в месте a борт фланца получился шире, чем требуется. Произошло это потому, что в пункте b материал должен был распределиться на большей периферии, чем до штамповки; подвергаясь сильной вытяжке, он значительно утонился, и все же его нехватило, в результате чего получилось ущербленное место (b). В пункте a , наоборот, материалу предстояло расположиться на более короткой периферии, чем та, которую он занимал до штамповки, причем он осаживался, утолщаясь, и все же оказался в избытке, который был выдавлен штампами, вследствие чего получилось у ш и р е н и е фланца (a).

Процесс фланцевания. Характеристичные треугольники. Рассмотрим теперь круглое полое тело, например, плоское днище или трубную решетку (рис. 313а) и пусть рис. 313б изображает его развертку.

Пусть окружность fgh представляет собой линию конца загиба (см. фиг. а), а отрезок gb — ширину фланца. Нанесем на развертке произвольный $\angle aOb$ и проведем его биссектрису Od ; если из точек f, g пересечения Oa и Ob с линией конца загиба проведем линии, параллельные биссектрисе Od , то получим треугольники afm и kgb . Если ширину полосы $fmkg$ представить себе равной толщине листа, то она может быть принята за часть поверхности цилиндра (по нейтральному слою), образуемого фланцем, а треугольники gkb и afm будут характеризовать собою тот избышек металла, который в данном месте имеется в заготовке (выкройке).

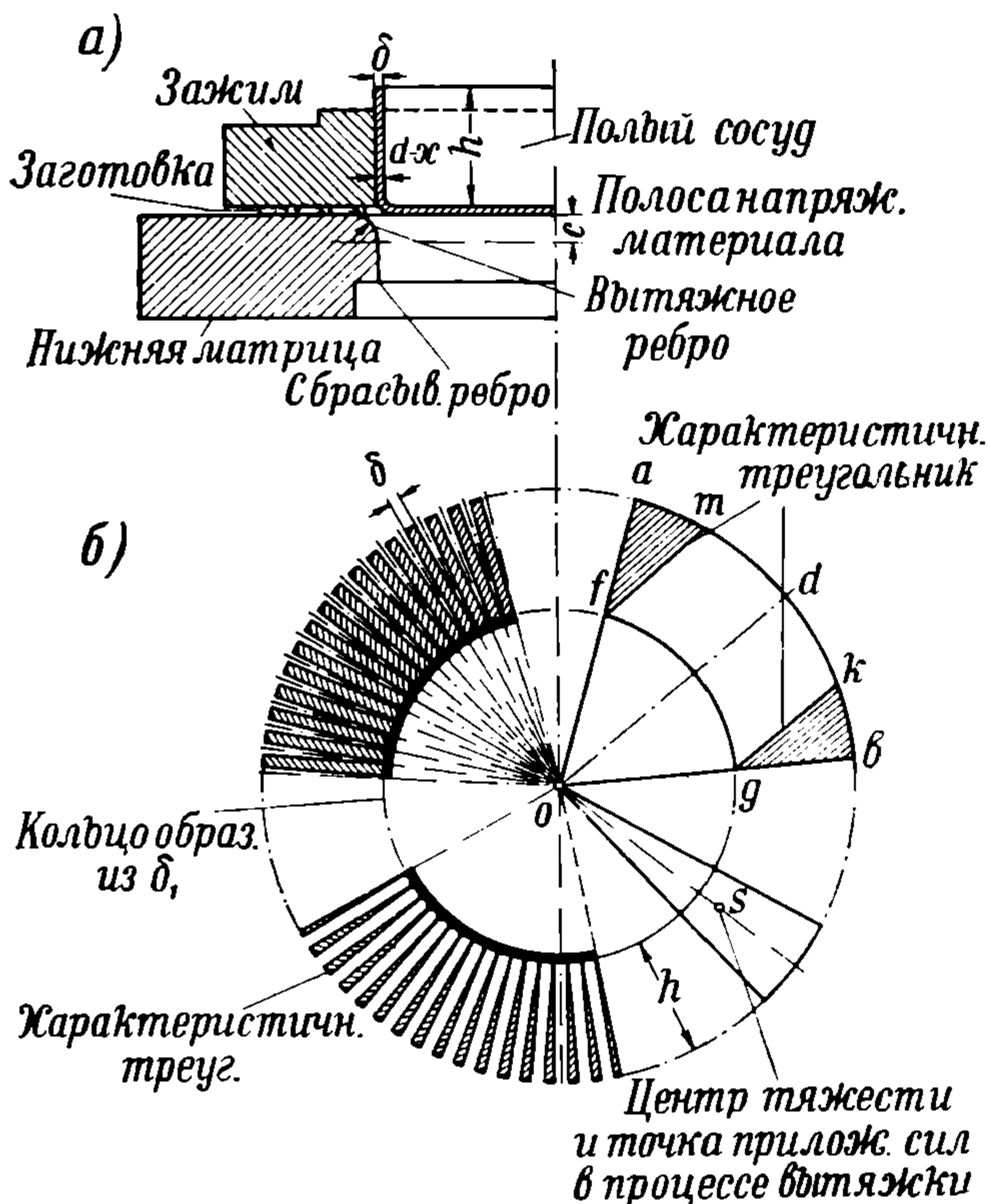


Рис. 313.

Эти треугольники называются поэтому характеристическими треугольниками, и площади их находятся в определенном соотношении к площадке $fmkg$, шириной δ , так как с увеличением δ увеличиваются и площади характеристичных треугольников.

Если представить себе эти треугольники вырезанными, то, загнув все полосы, подобные $fmkg$, мы получили бы цилиндрический сосуд, высота которого была бы равной заданной h и толщина фланца осталась бы неизменной и равной толщине заготовки δ . Но так как характеристичные треугольники при штамповке не вырезаются, то они устраняются путем

осаживания металла и своим объемом увеличивают толщину фланца и его ширину.

Точки приложения сил, необходимых для отгиба фланцев, должны совпадать с центрами тяжести характеристичных треугольников, т. е. закругление загибающей штампы *A* (рис. 314) должно начинаться, примерно, на расстоянии $\frac{h}{3}$ от края заготовки. При этих условиях, рассуждая теоретически, не должно образоваться складок, так как усилие распространяется равномерно во всех направлениях от центра тяжести по характеристичному треугольнику, вызывая лишь внутреннее взаимное перемещение его частиц. Практически эта картина не получается, вследствие весьма многих причин, столь четкого выражения, и всегда наблюдается стремление металла к образованию складок. Вообще считается, что избежание складок возможно при ширине фланца, не превышающем 14δ , т. е. 14-кратной толщины железа.

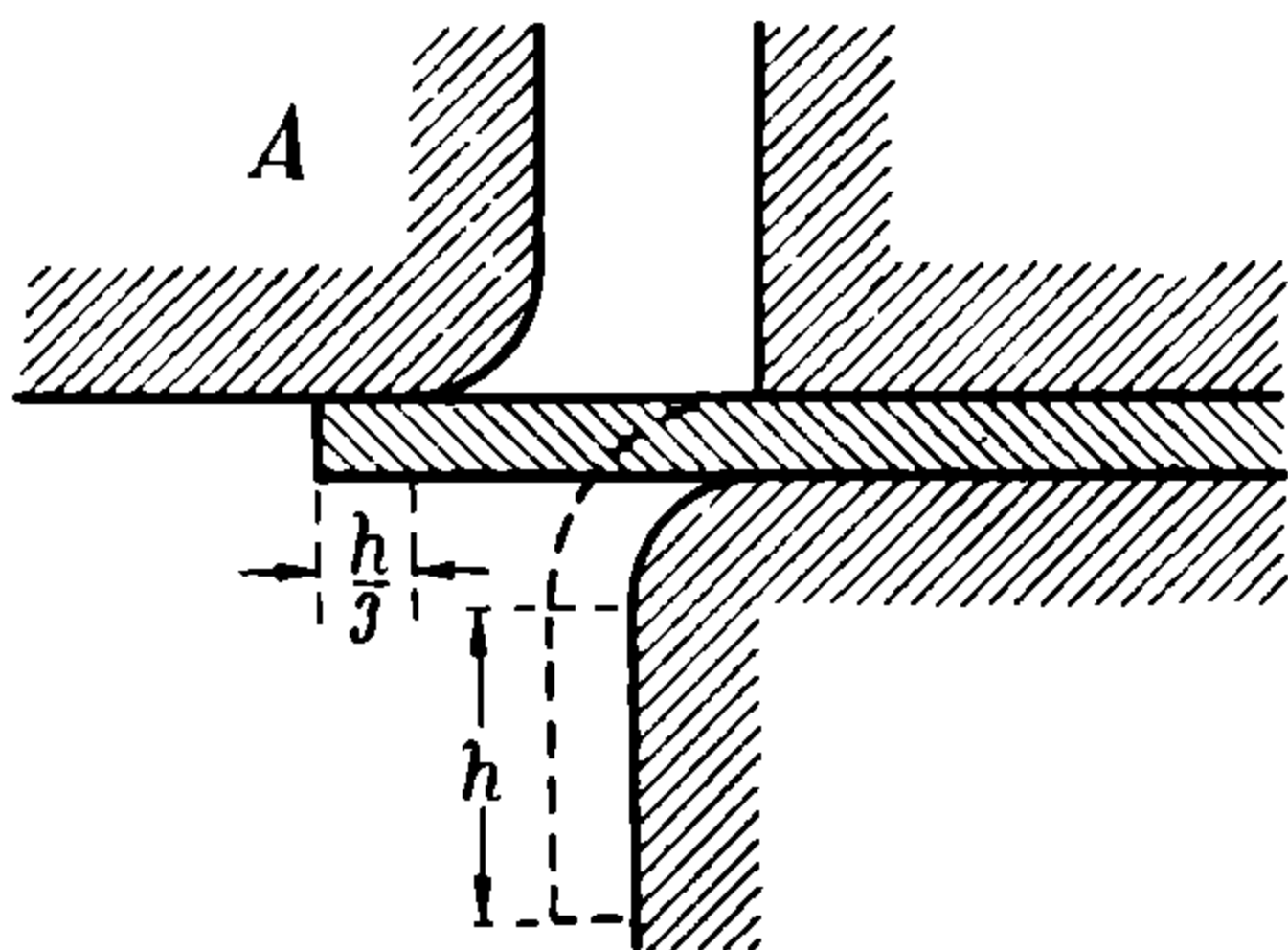


Рис. 314.

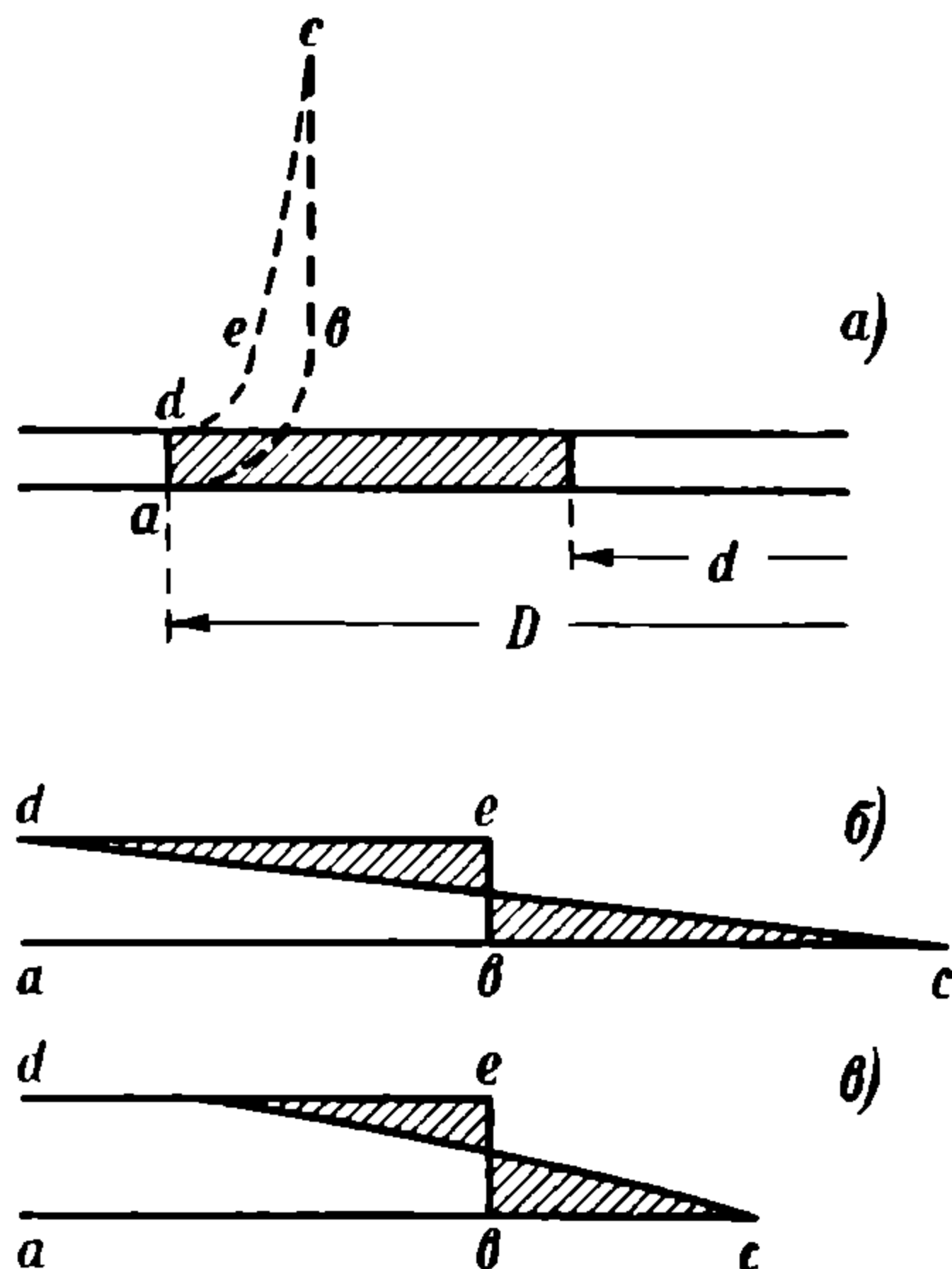


Рис. 315.

Увеличение толщины стенок в обычных условиях штамповки, при употребительных размерах зазоров между штампами, ее превышает 5—10% от первоначальной толщины (заготовки).

При штамповке горловин (по середине листа), т. е. в тех случаях, когда имеет место вытяжка, ширина фланца горловины, которая может получиться (в предположении изменения толщины стенки по закону прямой линии), могла бы быть вычислена следующим образом.

Объем кольца заготовки (рис. 315а) от начала загиба до окружности отверстия будет $\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4} \right) \delta$; требуется определить длину лишь \overline{abc} , на протяжении которой материал должен равномерно утониться до нуля. Для простоты можно себе представить, что прямоугольная площадка $adcb$ должна превратиться в равновеликий ей треугольник, причем заштрихованные треугольники (фиг. б) должны быть равновеликими. Это возможно лишь в том случае, если сторона eb делится при вытяжке пополам, а это значит, что длина ac после вытяжки будет вдвое больше $\frac{D-d}{2}$.

В действительности вытяжка происходит не по закону прямой линии, а по какой-то неизвестной пока кривой (фиг. в), вследствие чего длина ac получается лишь немного более $\frac{D-d}{2}$, так что отогнутая горловина, будучи отрезана по линии bc , оказывается отличающейся по толщине от заготовки лишь на 20—30% и материал практически никогда не вытягивается до нуля, а имеет некоторую толщину, дальше которой он не утоньшается, а начинает давать разрывы по кромке.

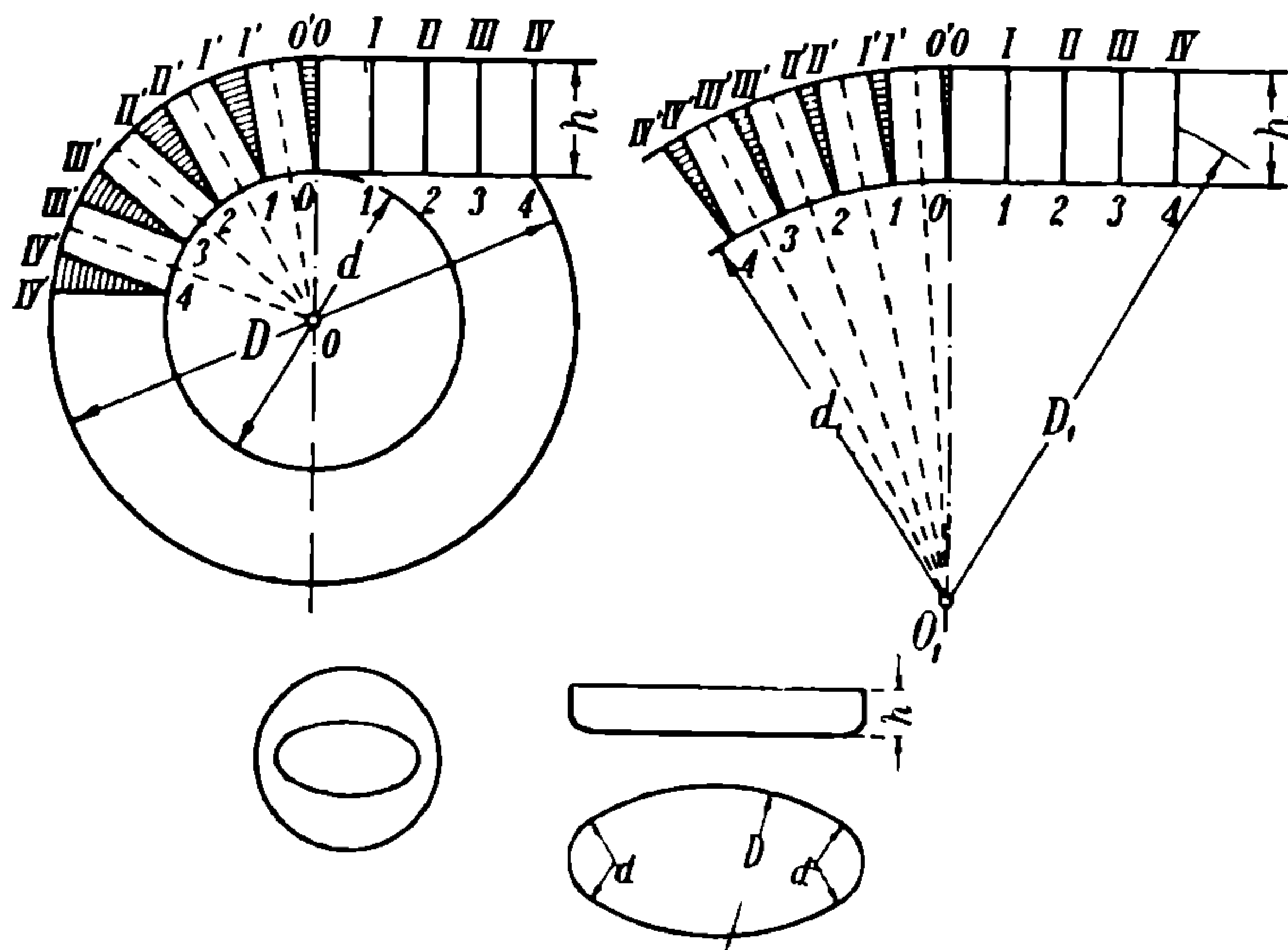


Рис. 316.

К сожалению, никаких исследований в этом направлении, повидимому, не производилось, и никакой закономерности между толщиной железа, диаметром горловины и шириной фланца не установлено.

В дальнейшем будет указано, как практически разрешаются эти вопросы и как определяется диаметр первоначального отверстия, которое должно быть вырезано в заготовке для получения фланца требуемой ширины.

Фланцевание эллиптических днищ. Здесь уместно отметить, что в случае фланцевания эллиптических днищ очертание заготовки не будет подобно очертанию плоской части днища, так как соотношение полуосей заготовки будет иное, чем у эллипса днища, а именно: большая ось получится соответственно короче, а короткая — длиннее. Это явление объясняется тем, что если мы представим себе заготовки двух днищ диаметрами d и d_1 (рис. 316) и разделим обе на равной ширины части, то увидим, что если бы мы хотели составить из этих заготовок цилиндры (фланцы) одинаковой высоты h , то должны были бы удалить в каждой из них характеристичные треугольники, представляющие собою избыток материала, который при штамповке должен быть осажен, чтобы не образовалось складок и притом, что эти треугольники меньше по площади в заготовке днища большего диаметра, чем у малого. Отсюда ясно, что в развертке малого

днища относительно больше излишка материала и, следовательно, диаметр заготовки должен быть соответственно меньшим, т. е. следовательно, большая полуось разверстки эллиптического днища должна быть взята соответственно короче, чем малая полуось.

Поэтому, чтобы достигнуть одинаковой вытяжки и осаживания при штамповке, необходимо, чтобы ширина отгибаемого кольца у большого днища была уже, чем у малого, т. е. при условии, что

$$\frac{D_1 - d_1}{2} < \frac{D - d}{2}.$$

После этих предварительных пояснений можно перейти к конкретным примерам.

Для получения (рис. 317) соответственной заготовки прежде всего необходимо вычертить эллиптическое очертание плоской части днища. Для нахождения радиусов дуг, которыми может быть описан наш эллипс, поступают следующим образом. Около эллипса описывают прямоугольник $1-3-3'-1'$ со сторонами, параллельными осям эллипса, и проводят диагональ $1'-2$, на которую из $(\cdot)3'$ опускают перпендикуляр. Точки пересечения этого перпендикуляра осями эллипса M и N и являются центрами дуг, а расстояния $N-2 = D_1$ и $M-1' = d_1$ — их радиусами. Эти радиусы могли бы быть найдены и вычислены по формулам:

$$d_1 = \frac{b^2}{a} \quad \text{и} \quad D_1 = \frac{a^2}{b}$$

где a — большая ось эллипса,
 b — малая ось эллипса.

Остается определить для этих двух цилиндров, из частей которых состоит наш эллиптический фланец, диаметры заготовок по формуле (7)

$$d = \sqrt{(a)(d_1^2 + 4d_1h)} \quad \text{и} \quad D = \sqrt{(a)(D_1^2 + 4D_1h)},$$

а оси заготовки будут равны

$$A = a + 2m \quad \text{и} \quad B = b + 2n,$$

где $2m = d - d_1$
 и $2n = D - D_1$.

Таким образом,

$$A = a + d - d_1 \quad \text{и} \quad B = b + D - D_1.$$

Если далее обозначить:

δ — толщину заготовки в миллиметрах,

и γ — удельный вес металла,

то вес ее может быть определен с достаточной для практики точностью из формулы:

$$G = \frac{0,785 AB \delta \gamma}{1000000} \text{ кг.}$$

Построение. После вычерчивания вышеуказанным способом эллипса и определения очерчивающих его радиусов переходят к определению расстояний центров тяжести H_1 и H_2 обоих цилиндров с осями вращения MM и NN .

Затем извлекают корни из знакомых нам величин $\alpha 8 H_1 l$ и $\alpha 8 H_2 L$, находят соответственные диаметры d и D и описывают из точек M и N

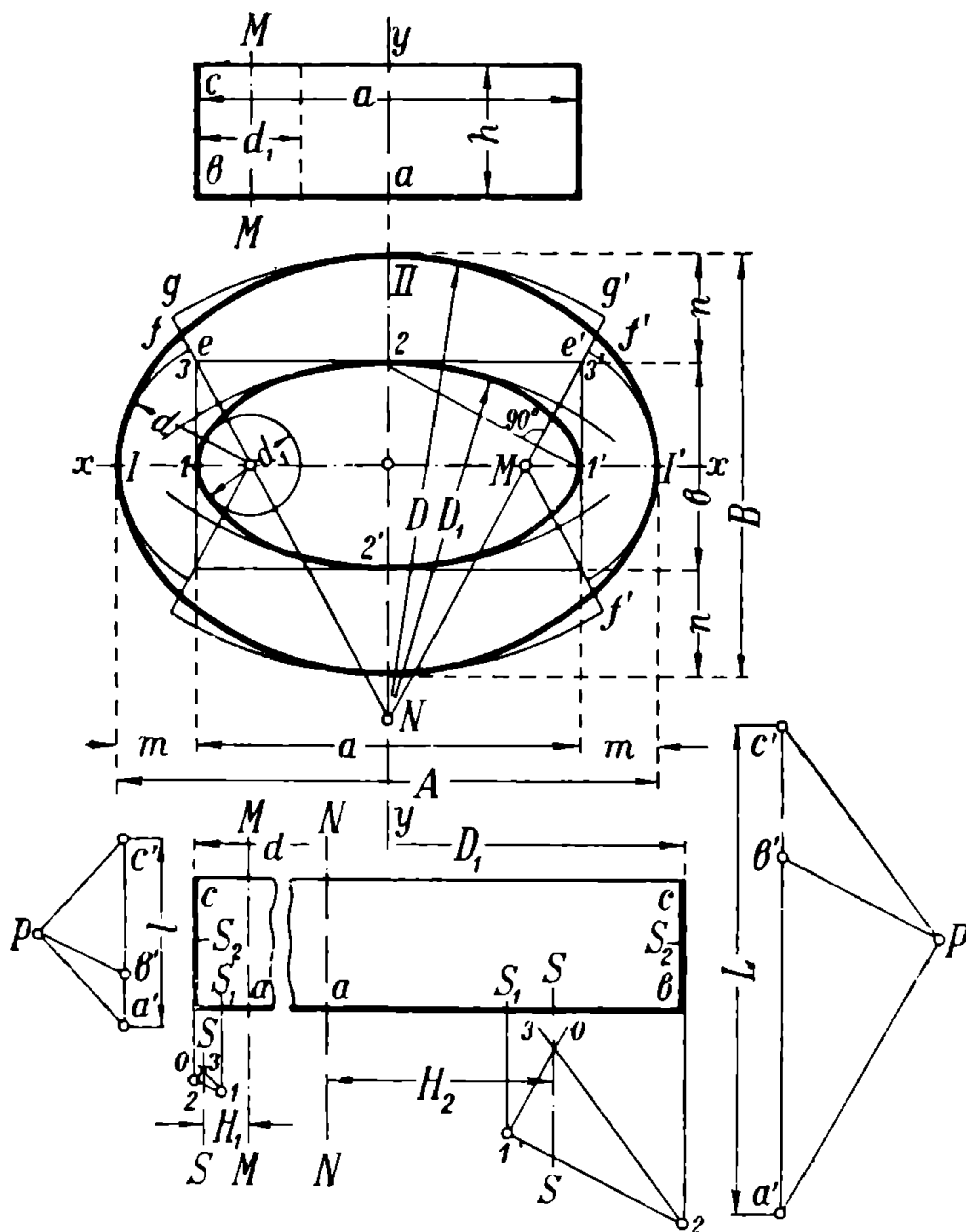


Рис. 317.

(рис. 317) радиусами $\frac{d}{2}$ и $\frac{D}{2}$ дуги $f'I'f'$ и $gIIg'$. Так как ширины колец m и n относятся только к точкам 1 и $1'$ и 2 и $2'$, то ширина кольца в промежуточных точках будет промежуточной между ними, причем в местах перехода (например, на линии Ng) ширина эта будет $\frac{m+n}{2}$. Поэтому очертание выкройки получается таким образом, что в каждом квадрате оно будет выражаться кривой, проходящей через середину отрезка eg .

Для желающих получить вполне точную выкройку можно отметить, что для каждой точки эллипса, например e , ширина кольца ef может быть определена с большой точностью, если воспользоваться формулой:

$$d_e = a^2 b^2 \left(\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{\frac{3}{2}}$$

где x и y — координаты соответственной точки эллипса.

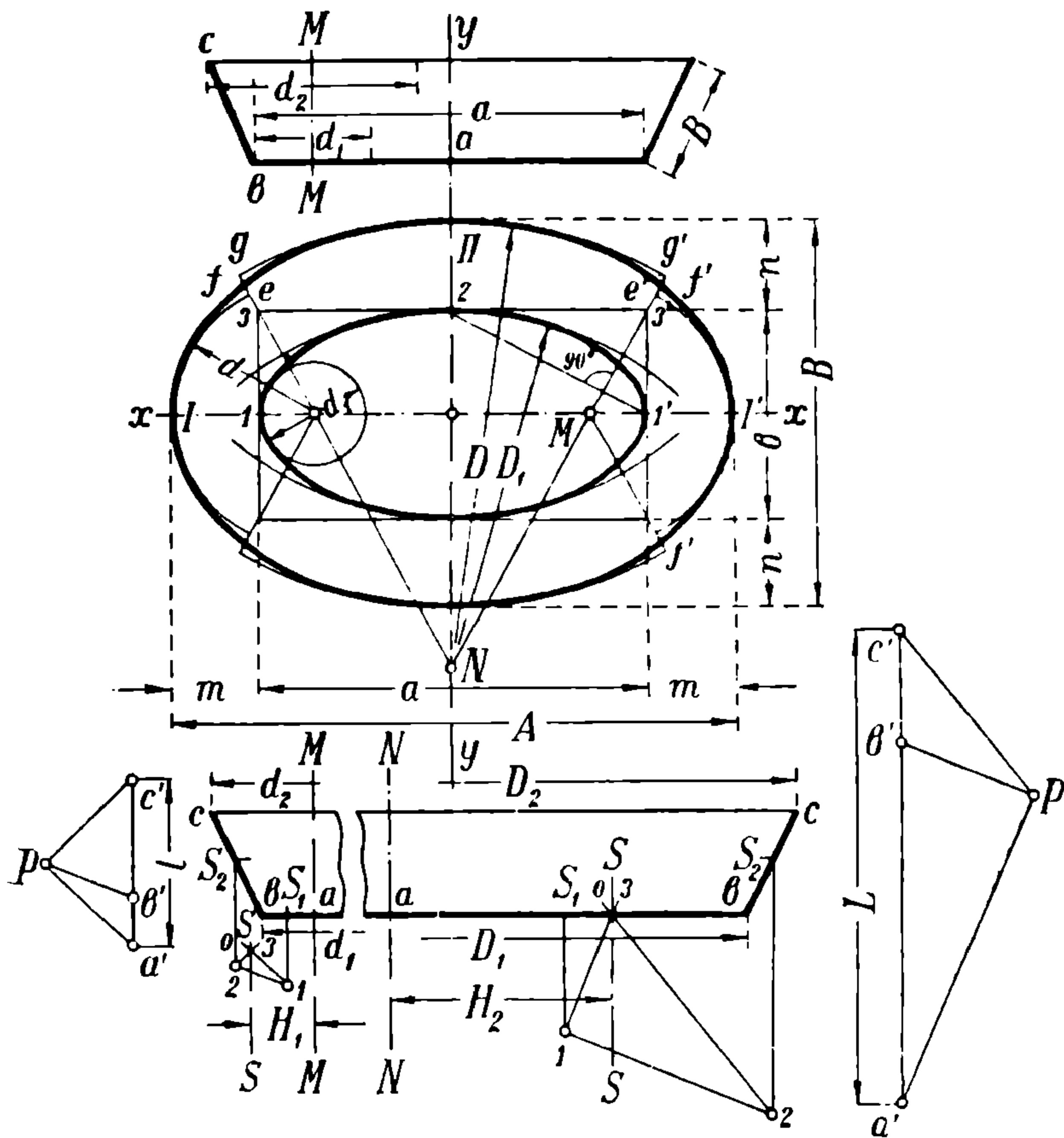


Рис. 318.

Аналогично предыдущему примеру можно представить себе конический сосуд (рис. 318), состоящий из частей двух конусов, и определить для них радиусы заготовки.

Вывод. Имеем: $d_1 = \frac{b^2}{a}$ и $D_1 = \frac{a^2}{b}$

$$d = \sqrt{a[d_1^2 + 2s(d_1 + d_2)]} \text{ и } D = \sqrt{a[D_1^2 + 2s(D_1 + D_2)]}$$

$$A = a + d + d_1 \text{ и } B = b \quad D + D_1.$$

Построение. Вычертив очертание эллипса, как это было указано в предыдущем примере, определяют для обоих конусов с осями вращения MM и NN расстояния центров тяжести H_1 и H_2 , как указано на рис. 318, извлекают корни из выражений $\alpha 8H_1l$ и $\alpha 8H_2L$ и описывают из точек M и N радиусами $\frac{d}{2}$ и $\frac{D}{2}$ дуги flf' и $fllf'$. В четырех местах переходов соединяют эти дуги между собою плавными кривыми, проходящими через середины f отрезков eg .

Общие условия штамповки. Наиболее выгодной температурой нагрева для штамповки катаных материалов (листов) с сопротивлением до 50 кг/мм^2 можно считать от 1100 до 1200°C . Штамповка должна заканчиваться при температуре не ниже $700—800^\circ$. В виду присущего железу свойства расширяться при нагревании и сжиматься при охлаждении, штампы следует проектировать с учетом теплового коэффициента (усадочный) расширения, который может быть в среднем принимаем в $1,2\%$ (линейное расширение железа $c = 0,0078$).

При проектировании штампов, необходимо иметь в виду, что материал под давлением прессы имеет стремление „течь“ вниз примерно в $1\frac{1}{2}$ раза сильнее, чем вверх. Поэтому штампам целесообразно придавать такую конструкцию, при которой отворачиваемый фланец был бы направлен вниз.

Чтобы штампованное изделие легко снималось со штампа, стенкам последнего придают наклон; несмотря однако на эту предосторожность, все же изделие, охлаждаясь, заклинивается на штампе и приходится помогать снятию его чаще всего 3—4 коликми, закладываемыми между кромками изделия и обжимным штампом.

Наклон стенок делается обычно в $3—5^\circ$. Таким образом, строго говоря, цилиндрического фланца при штамповке получить нельзя и его „доводят“ до требуемых размеров и формы путем правки. На доведение размеров при обточке рассчитывать нельзя, так как в этом случае с изделия пришлось бы снимать слишком большой слой материала (рис. 319), а именно:

при ширине фланца $h_1 = 100 \text{ мм} \cdot x_1 = 100 \cdot \sin 5^\circ = 100 \cdot 0,08716 = 9 \text{ мм};$
 $h_2 = 150 \text{ мм} \cdot x_2 = 150 \cdot \sin 5^\circ = 150 \cdot 0,08716 = 12 \text{ мм}.$

При наклоне в 3° получаются соответственно: $x_1 = 5,2$ и $x_2 = 8 \text{ мм}.$

При штамповке глухих днищ следует помнить о необходимости оставлять в верхнем и нижнем штампах отверстия для выхода воздуха (отдушины), диаметром 5—10 мм.

Определение разметочных размеров круглых плоских днищ. Посмотрим теперь, как определяются разметочные и обработочные размеры для горячей обработки (фланцовки) различной формы листов, и начнем наш обзор с простейшего случая — круглых плоских днищ.

Изгибание с увеличением толщины железа. Предположим, что нужно отфланцевать плоское днище, изображенное на рис. 320 сплошной толстой линией и имеющее наружный диаметр $D = 2R$, толщину стенки δ , внутренний радиус закругления днища r и ширину фланца f (рис. 320 б). Требуется определить обработочный диаметр подлежащего штамповке листа в плоском виде (на рис. 320а показано пунктиром). Если бы нам требовалось согнуть узкую полоску по очертанию разреза днища (фиг. б),

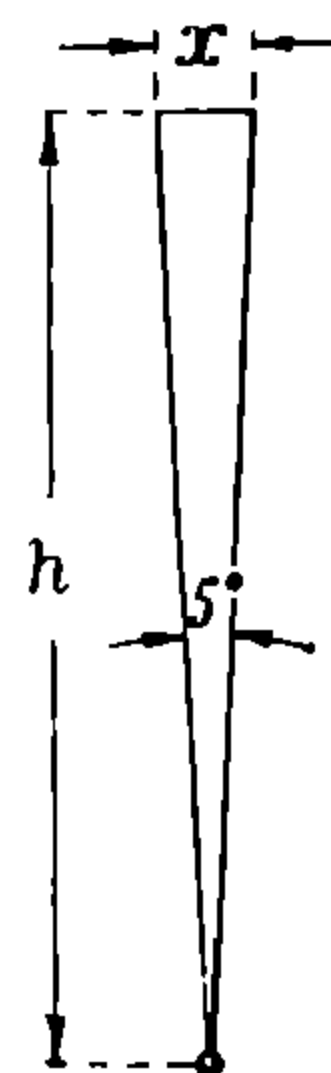


Рис. 319.

то на основании приведенных выше соображений об изгибе брусьев, длину полосы в прямом (до изгиба) виде надо было бы взять равную по длине ее нейтральному слою в согнутом виде.

Из рис. 320б видно, что длина полосы была бы $l = (R_0 + g + f) 2$, где $R_0 = R - \delta - r$, и представляет собою половину плоской части полосы до начала изгиба, g — длина дуги изгиба и f — длина отогнутой прямолинейной части.

Так как наш лист можно представить себе состоящим из бесконечного числа узких радиальных полосок, то каждая такая полоска имела бы длину l и, следовательно, чтобы оштамповать требуемое днище, на листе нужно было бы вычертить круг радиусом

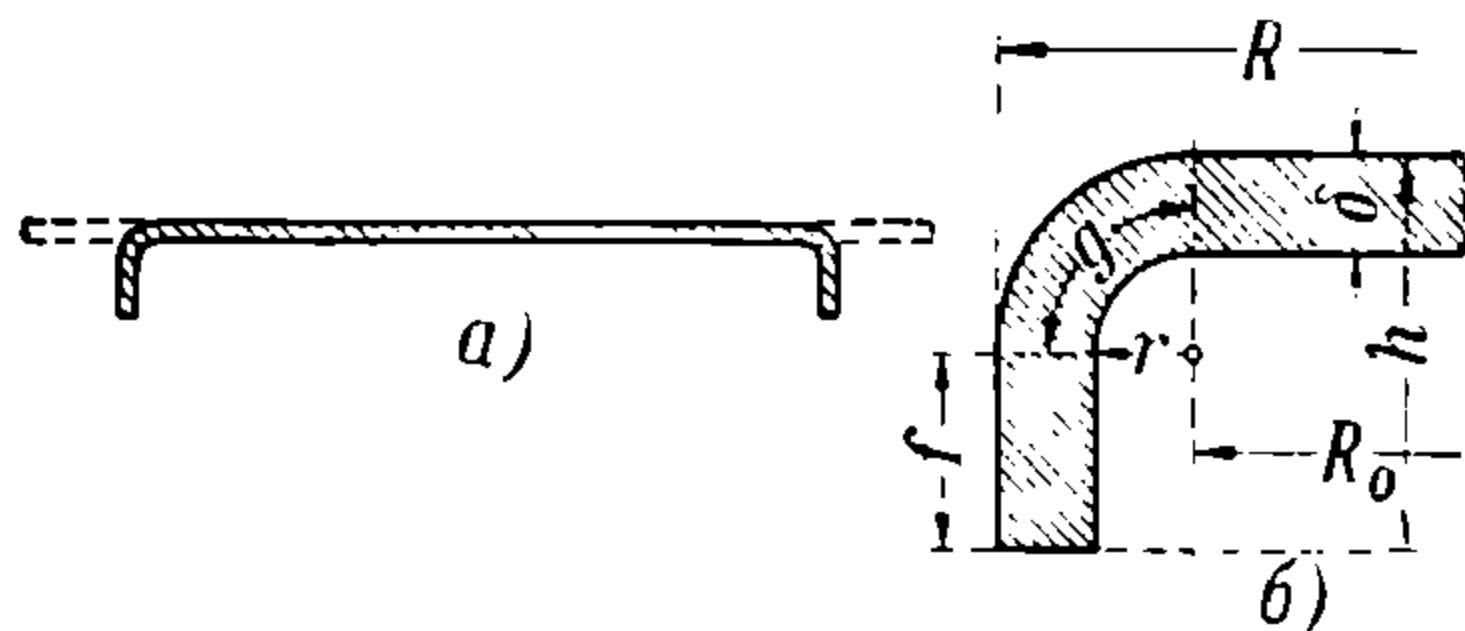


Рис. 320.

$$R_0 = R - \delta - r + g + f, \quad (a)$$

причем мы получили бы, как было указано выше (учитывая характеристичный треугольник), днище с шириной фланца $f' > f$. Таким образом, чтобы получить требуемое днище, надо вырезать круг

диаметром $2R_x < 2R_p$. Спрашивается, какова же эта разница $q = R_p - R_x$, которую в качестве поправки необходимо ввести в исключительный размер R_p , чтобы получить $R_x = R_p - q$?

На основании опытов, произведенных в Англии ¹⁾ числом свыше 500, установлена следующая эмпирическая поправка для этого случая:

$$q = \frac{5000 (g + f)}{hR} \quad (\text{все размеры в миллиметрах}). \quad (b)$$

Таким образом, если бы нам нужно было, например, отштамповать днище с размерами $D = 1800$, $\delta = 20$, $r = 75$ и $f = 100$, то лист надо было бы очертить радиусом (по формуле а):

$$R_x = R_p - q = 900 - 20 - 75 + 117,75 + 100 - q = 1022,75 - q,$$

причем

$$q = \frac{5000(117,75 + 100)}{(100 + 75 + 20)900} = \frac{10887,5}{1755} = 6,25 \text{ мм}$$

и, следовательно,

$$R_x = 1022,75 - 6,25 = 1016,5.$$

Из формулы (b) видно, что поправка q обратно пропорциональна диаметру днища и прямо пропорциональна радиусу закругления. Возьмем, например, днище $D = 800$ мм, $\delta = 20$, $r = 100$ мм и $f = 100$ мм. Поправка q получится

$$q = \frac{(157 + 100) 5000}{(100 + 100 + 20) 400} = 14,6 \text{ мм}.$$

Изгибание с уменьшением толщины железа. Пусть нам требуется определить, какого размера лист должен быть вырезан для штамповки днища, изображенного на рис. 320.

¹⁾ В о й ш и л л о, Разметка в котельном деле (перевод с английского)

В этом случае диаметр отверстия, которое должно быть вырезано в листе для получения горловины требуемых размеров, определяется аналогично предыдущему, но с той разницей, что вследствие распределения материала при штамповке по периферии, большей, чем окружность первоначального (вырезанного) отверстия, он будет претерпевать вытяжку и утонение. Чтобы последнее не получилось чрезмерно большим, надо будет иметь запас материала, для чего вырезаемое отверстие должно быть сделано меньшего размера, чем полученное подсчетом.

Этот подсчет ведут следующим образом.

Линия начала отгиба описывается (рис. 321) на листе, предназначенном для штамповки, радиусом a , затем вычисляется ¹⁾ или берется из диаграммы длина дуги отгиба b по нейтральному слою и радиусом $a - b$ очерчивается вторая окружность — линия конца отгиба. Наконец, радиусом $a - b - c$, где c — ширина фланца горловины, описывается третья окружность, которая теоретически является очертанием того отверстия, которое должно быть вырезано в листе для получения фланца достаточной ширины и толщины. В действительности, по освещенным выше причинам, фланец горловины, вследствие вытяжки, получится и уже требуемого, и тоньше его, так как материала нехватит. Поэтому отверстие в листе должно быть вырезано меньшего диаметра, чем вычисленный вышеуказанным порядком, и в последний должна быть внесена какая-то поправка.

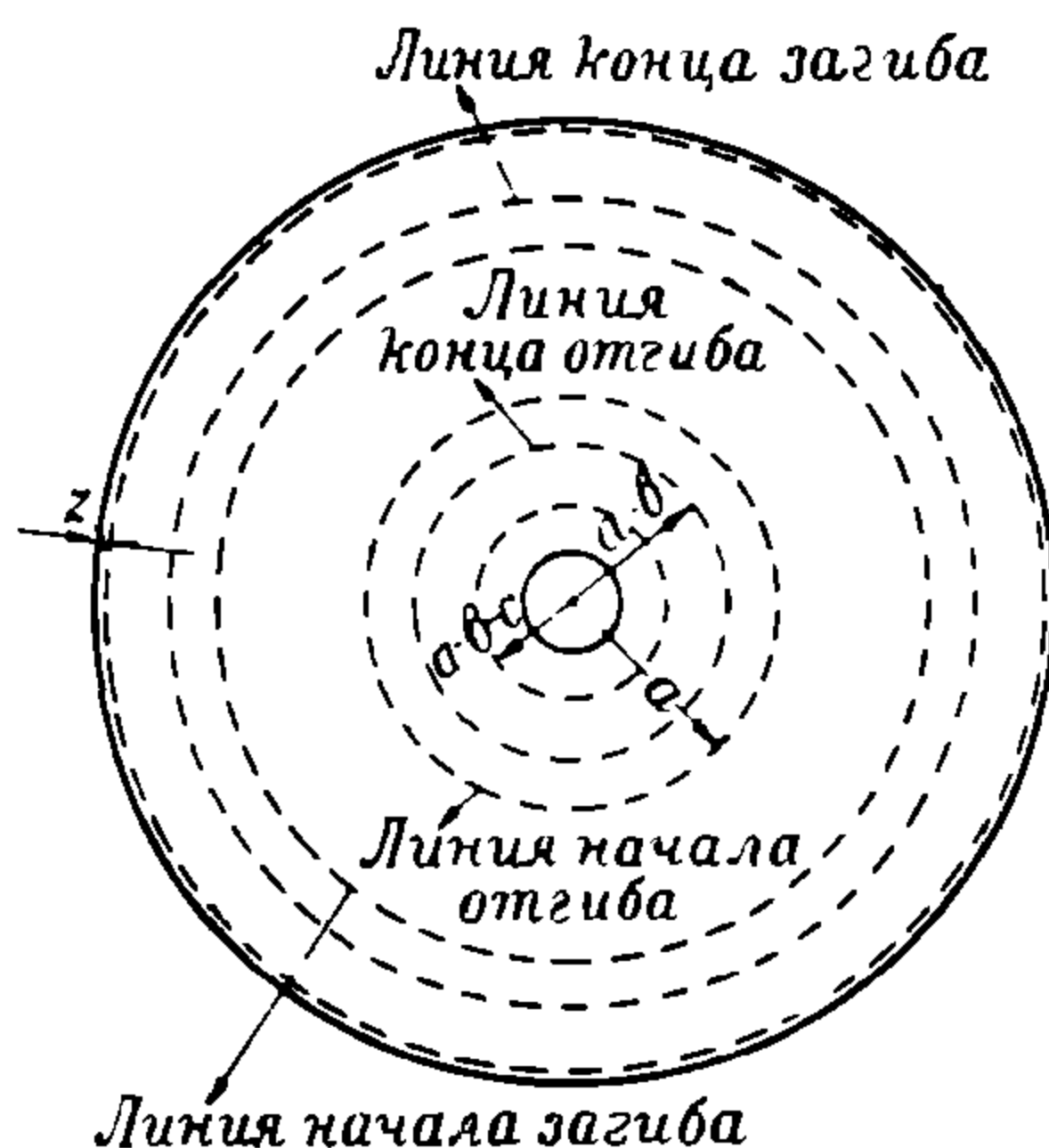


Рис. 321.

Поправки на вытяжку. К сожалению, опытных данных, которые устанавливали бы размер этой поправки, не имеется, и разметчикам приходится руководствоваться собственным опытом. В этих случаях на практике, вычислив диаметр (радиус) отверстия указанным выше способом, его уменьшают на 30 — 50 мм и кроме того, чтобы не получить слишком сильного утонения фланца, заготовки берут на 1 — 2 мм толще, чем указанная на чертеже толщина днища.

При широких фланцах горловин возможен такой случай, когда разность $a - b - c$ окажется или слишком малою, или даже отрицательною; в этих случаях приходится прибегать для получения фланца надлежащих размеров к объемному подсчету, состоящему в следующем.

Пусть нам нужно отштамповать горловину, показанную на рис. 322, ширина фланца которой $\geq R$, т. е. когда $a - b - c \geq 0$. В этом случае площадка заготовки, очерченная радиусом R_0 , должна иметь объем, по меньшей мере равный объему фланца горловины. Объем фланца может быть вычислен следующим образом: как видно из рис. 323 объем фланца состоит из двух частей, а именно: объема (заштрихованного) переходного

¹⁾ По формуле $a = \frac{2\pi r}{4} = \frac{\pi r}{2} = 1,57 r$.

кольца и объема самого цилиндрического фланца. Площадь поперечного сечения переходного кольца определяется по формуле

$$q' = \frac{2\pi \left(r + \frac{\delta}{2} \right) \delta}{4},$$

а объем описываемого ею тела вращения $v' = \pi \epsilon q'$, где ϵ — диаметру окружности, проходящей через центр тяжести заштрихованной площадки.

Из рис. 323 видно, что

$$\epsilon = 2(R + \delta + r - \xi \cos 45^\circ), \text{ где } \xi \cos 45^\circ = 0,6 \frac{(r + \delta)^3 - r^3}{(r + \delta)^2 - r^2} \cdot 1)$$

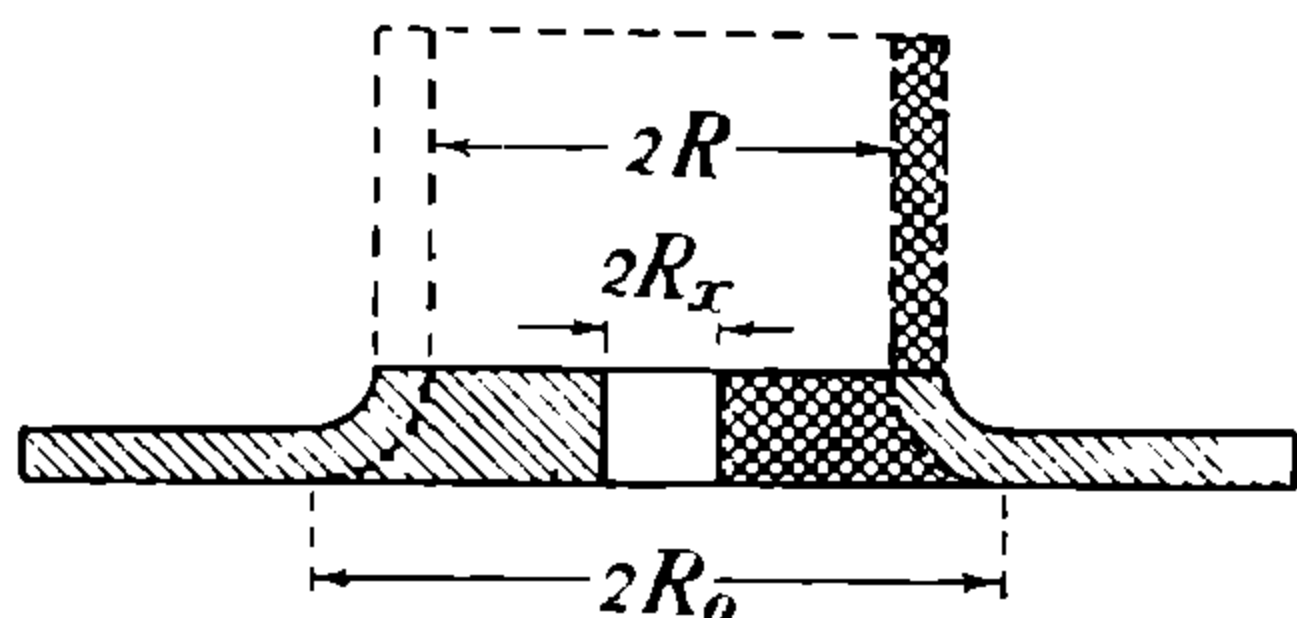


Рис. 322.

Объем самого фланца будет:

$$v'' = 2\pi \left(R + \frac{\delta}{2} \right) \cdot f \cdot \delta.$$

Следовательно, объем всей отогнутой части будет

$$v = v' + v''$$

Таким образом, недостаток металла определится как разность $v - v_0$, где v_0 — объему заготовки радиуса R_0 при толщине δ .

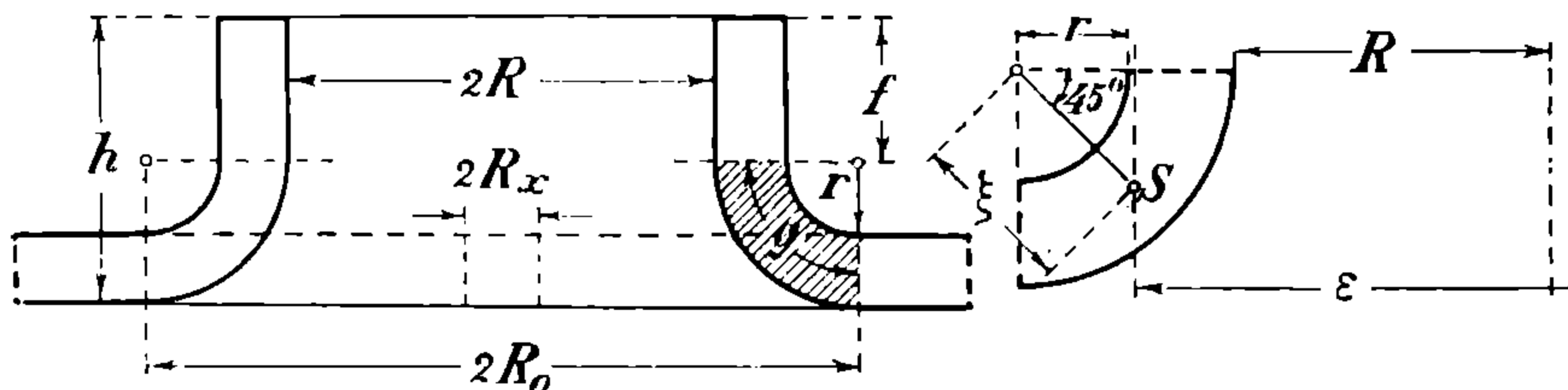


Рис. 323.

Однако так как в заготовке потребуется иметь начальное отверстие радиуса R_x , то недостаток металла будет в действительности больше на объем вырезанного отверстия $\pi R_x^2 \cdot x$; т. е. будет:

$$v - v_0 + \pi R_x^2 x,$$

где x — искомая толщина заготовки.

Если толщину заготовки взять $x = r + \delta$, то объем заготовки (в части, ограниченной радиусом R_0) определится из уравнения:

$$v_x = \pi R_0^2 (r + \delta) \text{ минус объем } v''',$$

причем $v''' = \frac{\pi (r + \delta)^2}{4} \cdot \pi \epsilon''$, где ϵ'' — диаметру окружности, проходящей через

1) См. Hütte, т. I, стр. 236, изд. 12-е, при $\alpha = 45^\circ$.

центр тяжести квадранта, но так как $\epsilon'' = 2(R + \delta + r - 2y)$, где $y = \xi \cos 45^\circ$, а $\xi = 0,6002(r + \delta)$, то, следовательно, $y = 0,6002(r + \delta) \cos 45^\circ = 0,424(r + \delta)$.

Таким образом

$$\epsilon'' = 2(R + \delta + r) - 2 \cdot 0,424(r + \delta),$$

$$\epsilon'' = 2R + 2\delta + 2r - 0,848r - 0,848\delta,$$

$$\epsilon'' = 2R + 1,152\delta + 1,152r = 2R + 1,152(r + \delta).$$

Но так как объем заготовки должен быть равен v'' , т. е. объему фланца (то и другое заштриховано на рис. 322 накрест), то нетрудно определить диаметр отверстия, которое должно быть вырезано в заготовке.

Объем отверстия

$$\pi R_x^2 (r + \delta) = v_x - v'',$$

откуда определяется R_x . Но очевидно что толщина заготовки может быть принятой $x = r + \delta$ только для определенной высоты воротника (фланца) f .

В общем случае задача ставится так, что нужно вычислить, какую толщину надо придать заготовке, чтобы ее объем равнялся объему отогнутой части горловины. Заготовка в этом случае вытачивается таким образом, что получает поперечное сечение $abcdefa$ (рис. 324), а объем ее выражается как объем диска радиуса R_0 с толщиной минус объема кольца, зачерченного на рисунке.

Объем зачерченного кольца v_r , с достаточной для практики точностью, может быть принят равным объему кольца, описываемого квадрантом радиуса r , минус объем кольца с сечением $r(r - x + \delta)$, т. е.

$$v_r = r(r + \delta - x) 2\pi \left(R + \delta + \frac{r}{2} \right).$$

Если обозначить объем диска радиуса R_0 с толщиной x через $v_d = \pi R_0^2 x$, то объем заготовки будет $v_x = v_d - v_r$, который, согласно вышесказанному, должен быть равен $v' + v''$

Таким образом:

$$\pi R_0^2 x - 2\pi r(r + \delta - x) \left(R + \delta + \frac{r}{2} \right) = v' + v''$$

или

$$\pi R_0^2 x - 2\pi r(r + \delta) \left(R + \delta + \frac{r}{2} \right) + 2\pi rx \left(R + \delta + \frac{r}{2} \right) = v' + v'',$$

откуда

$$\pi x \left[R_0^2 + 2r \left(R + \delta + \frac{r}{2} \right) \right] - 2\pi r(r + \delta) \left(R + \delta + \frac{r}{2} \right) = v' + v''$$

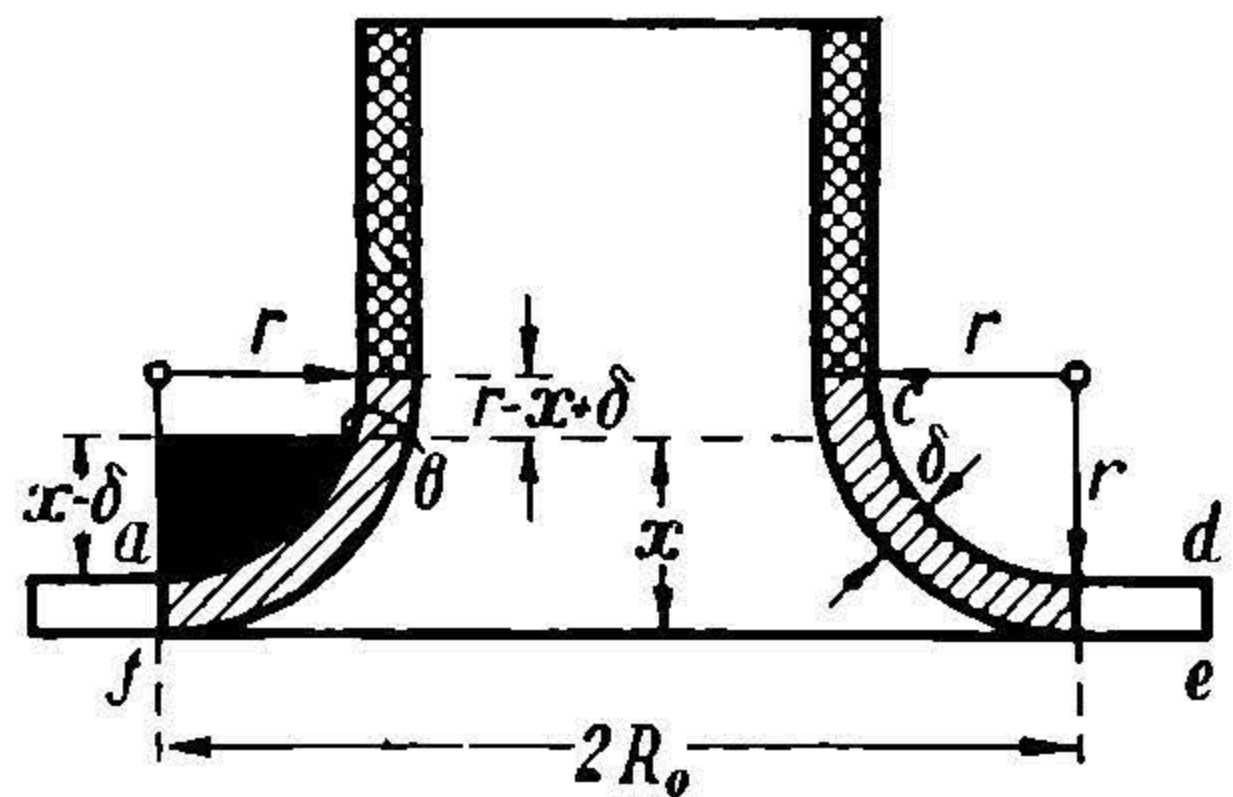


Рис. 324.

и, наконец,

$$x = \frac{v' + v'' + 2\pi r(r + \delta) \left(R + \delta + \frac{r}{2}\right)}{\pi \left[R_0^2 + 2r \left(R + \delta + \frac{r}{2}\right)\right]}$$

При подстановке в эту формулу вычисленных значений v' и v'' вычисление x не представит никаких затруднений.

Изгибание сортового железа. При изгибании сортового железа определение его разметочных размеров основывается на том, что длина нейтрального слоя остается неизменной при изгибе, причем ось его проходит через центр тяжести сечения.

Центр тяжести симметричных сечений, как например двутавровых балок, зетов, профиля Ратновского и т. п., находится в точке пересечения вертикальной и горизонтальной осей симметрии. У несимметричных профилей,

как например угольников, швеллеров, тавров, угла бимсов, рельсов, квадратов и настлочных профилей (Зоре, Вотерена и т. п.) центр тяжести находят по справочным книжкам (например, Hütte, т. I, изд. 12-е, стр. 813 — 820).

В частности, центр тяжести S площади поперечного сечения равнобоких уголков лежит на расстоянии

$$\xi = \frac{1}{4} b + 0,36 \delta,$$

где b — ширина полки, а δ — толщина ее, или в грубом приближении — на $\frac{1}{3}$ ширины полки, считая от ребра двугранного угла.

Длина уголка, которая должна быть отрезана от полосы для получения путем изгиба кольца определенного диаметра D , определяется в зависимости от того, загибается ли профиль кромкой внутрь или наружу (рис. 325 а и б). Радиус кольца измеряется в обоих случаях от ребра двугранного угла, причем кольца, загибаемые горизонтальной полкой внутрь, называются внутренними, так как они вставляются обычно внутрь цилиндра, а кольца с горизонтальными полками наружу называются наружными, так как они надеваются чаще всего на цилиндр снаружи.

Расчетный диаметр для определения разметочной длины профильного железа выражается для наружных колец:

$$D_p = D + 2\xi,$$

где ξ — расстояние центра тяжести от ребра двугранного угла и разметочная длина профиля

$$L_p = \pi D + 2\xi.$$

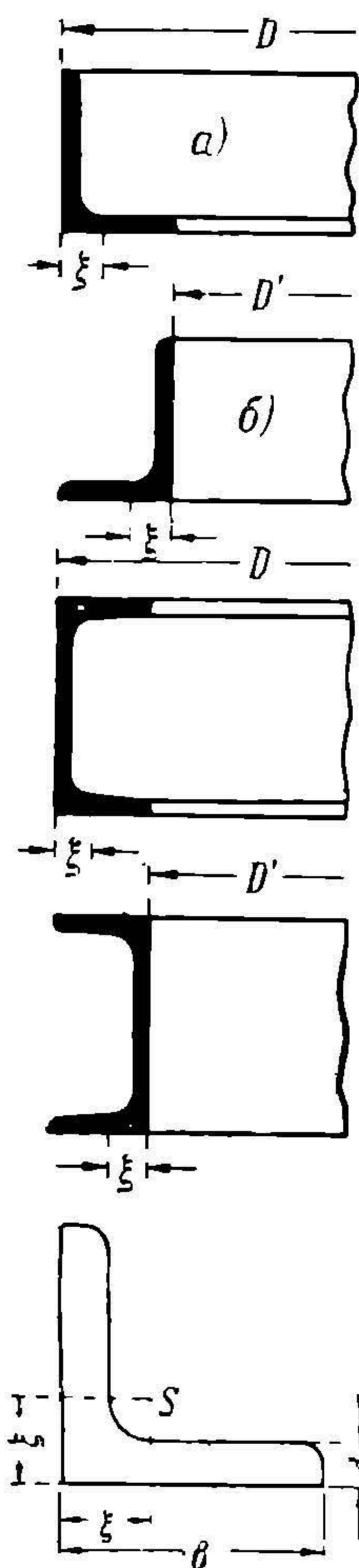


Рис. 325.

Для внутренних уголков: расчетный диаметр:

$$D'_p = D' - 2\xi$$

и разметочная длина

$$L'_p = \pi (D' - 2\xi).$$

Если кольцо соединяется встык, то в обоих случаях L_p является окончательной длиной, по которой полка должна быть обработана (обрезана отпилена, фрезерована); если же, как это часто бывает при кольце из угольников, кольцо соединяется путем кузнечной сварки, то на образование сварочного шва надо припустить с обоих концов по $\frac{\delta}{2}$.

В американской практике для определения L_p и L'_p применяются следующие формулы:

Для наружных колец:

$$D_p = D + \frac{1}{3} b + \delta$$

$$\text{и } L_p = \pi D_p = \pi \left(D + \frac{1}{3} b + \delta \right)$$

Для внутренних колец:

$$D'_p = D' - \left(\frac{1}{3} b + \delta \right) \text{ и } L'_p = \pi D'_p = \pi \left[D' - \left(\frac{1}{3} b + \delta \right) \right].$$

Другое распространенное в Америке правило рекомендует выбирать $D_p = D + 2c$ и $D'_p = D' - 2c$, где c — толщина угольника, измеренная по утору (см. рис. 326).

Отметим кстати, что, применяя вышеприведенные формулы, американцы размечают полосы и прокалывают в них дыры еще до загиба в кольца причем перед гибкой загоняют в отверстия выдавки, чем изгибают искажения дыр (овальности) и повреждения металла около них, независимо от того загибается ли кольцо в холодном или горячем состоянии. ¹⁾

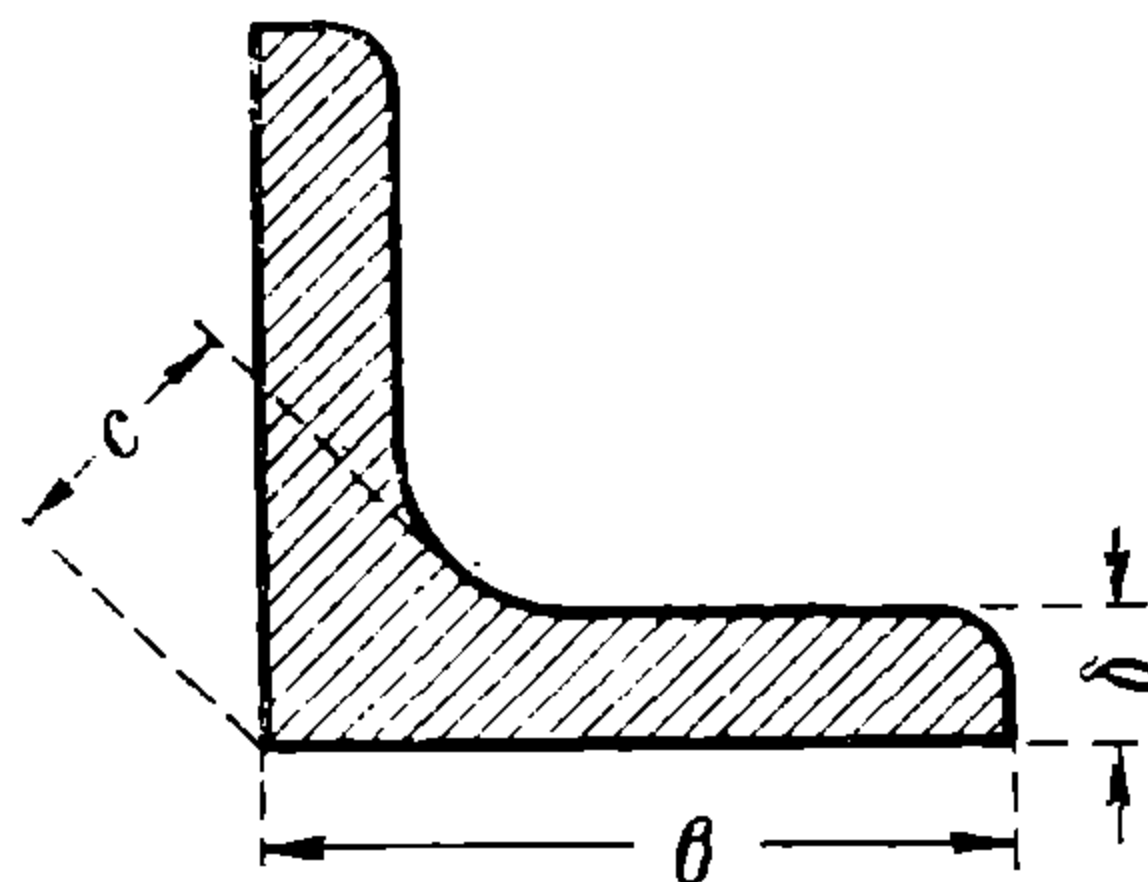


Рис. 326.

¹⁾ Laying out, 4 edition, стр. 14 — 15.

Г Л А В А VI.

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПОВЫЕ СЛУЧАИ РАЗМЕТКИ.

§ 27. РАЗМЕТКА ЦИЛИНДРОВ, КОНУСОВ И СФЕР, СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ЛИСТОВ.

Весьма часто приходится размечать цилиндры, конусы и сферические поверхности, составленные из нескольких листов.

Примером такого цилиндра является, например, боковая стенка резервуара-нефтехранилища; составленным из нескольких листов конусом представляется, например, коническая опора резервуаров системы Инце и, наконец, образцом сферы, составленной из нескольких листов, днище резервуаров системы Инце или крыша газгольдера.

Разметка таких конструкций ведется таким образом, что для определения основных общих разметочных размеров предполагают их сначала состоящими из одного листа, а затем уже устанавливают разметочные размеры отдельных листов.

Рассмотрим несколько примеров разметок таких конструкций.

Разметка резервуаров - нефтехранилищ. Нефтехранилище представляет собой конструкцию, состоящую обыкновенно из плоского днища, покоящегося на песчаном основании, боковой цилиндрической поверхности,



Рис. 327.

состоящей из нескольких поясов (рис. 327) с различной толщиной стенок, но одинаковой обычно высоты (соответствующей торговой ширине листов) и конической крыши, состоящей из деревянных стропил, с настилом из теса, крытого железной кровлей.

На чертежах указывается обычно лишь внутренний диаметр нижнего пояса D , который является диаметром поверхности соприкосновения листов, и высота налива H , т. е. высота от днища до цент-

ровой линии заклепок верхнего горизонтального шва верхнего пояса, служащего для приклейки верхнего обвязочного уголка резервуара, являющегося опорой для стропил крыши.

Исходя из диаметра соприкасания листов (внутреннего диаметра нижнего пояса), разметочные диаметры отдельных поясов будут:

1-го пояса $D + \delta_1$, соответственно чему разметочная окружность будет $\pi(D + \delta_1)$,

2-го пояса $D - \delta_2$, соответственно чему разметочная окружность будет $\pi(D - \delta_2)$,

3-го пояса $D + \delta_3$, соответственно чему разметочная окружность будет $\pi(D + \delta_3)$,

4-го пояса $D - \delta_4$, соответственно чему разметочная окружность будет $\pi(D - \delta_4)$ и т. д.

Если для резервуара заказывается металл по спецификации, то, выбрав наибольшую длину листа L_0 , которая может быть получена без приплаты за размеры, и уменьшив ее на e — ширину перекрыши вертикального шва, определяют число листов по окружности резервуара $\frac{\pi(D + \delta_1)}{L_0 - e} = n$, причем n может получиться дробным. Тогда, округлив n до ближайшего целого, найдем точную разметочную длину каждого листа:

$$L_p = \frac{\pi(D + \delta_1)}{n} < L_0 - e.$$

Для определения числа заклепочных делений горизонтальных швов каждого листа поступают аналогичным образом, а именно: взяв указанный на чертеже шаг t_0 нижнего шва (с опорным угольником), определяют число делений по окружности резервуара $m_0 = \frac{\pi(D + \delta_1)}{t_0}$ каковое может получиться дробным. Округлив m_0 до ближайшего большого целого и притом кратного числу листов (чтобы на каждом листе получить целое число делений), получим точный шаг заклепок $t = \frac{\pi(D + \delta_1)}{m}$, а число делений в каждом листе будет $\frac{L}{t} = \frac{m}{m_1}$. Надо заметить, что подсчет шага заклепок должен делаться с большой степенью точности, с 3—4 десятичными знаками, так как разметочная длина листов $L = m_1 t = \frac{\pi(D + \delta_1)}{n}$ и получить это равенство возможно лишь при значениях t и π , взятых со степенью точности не ниже указанной выше.

На шаблоне листов первого пояса, который идет также в дело, размечают отверстия для лаза и для фланца наливной трубы.

Так как толщина листов второго пояса $\delta_2 < \delta_1$, то обычно шаг и диаметр заклепок 2-го горизонтального шва отличается от тех же величин 1-го горизонтального шва (с угольником). И здесь точный шаг заклепок и число делений в одном листе определяются теми же приемами, которые только что были описаны. Разметочная ширина поясов h_1, h_2, h_3 и т. д. (рис. 327), обычно бывает разная при одинаковой торговой ширине листов вследствие того, что диаметры заклепок различны, а следовательно, различна и ширина перекрышки. Самый верхний горизонтальный заклепочный шов отличается

от остальных тем, что шаг заклепок делается здесь значительно больше, так как герметичности этого шва не требуется. Разметка листов верхнего пояса отличается от остальных еще и тем, что на них должны быть размечены дыры для прикрепления чугунных или железных башмаков, в которые упираются стропильные ноги крыши. Число стропильных ног выбирается также кратным числу листов в поясе, чтобы обойтись одним шаблоном.

Если резервуар строится из покупного рыночного железа, то пояса его образуются из n целых листов $+1$ вставной. На шаблоне целого листа располагают столько делений, сколько их можно поместить на длине листа, а недостающее число делений наносится по тому же шаблону на вставной

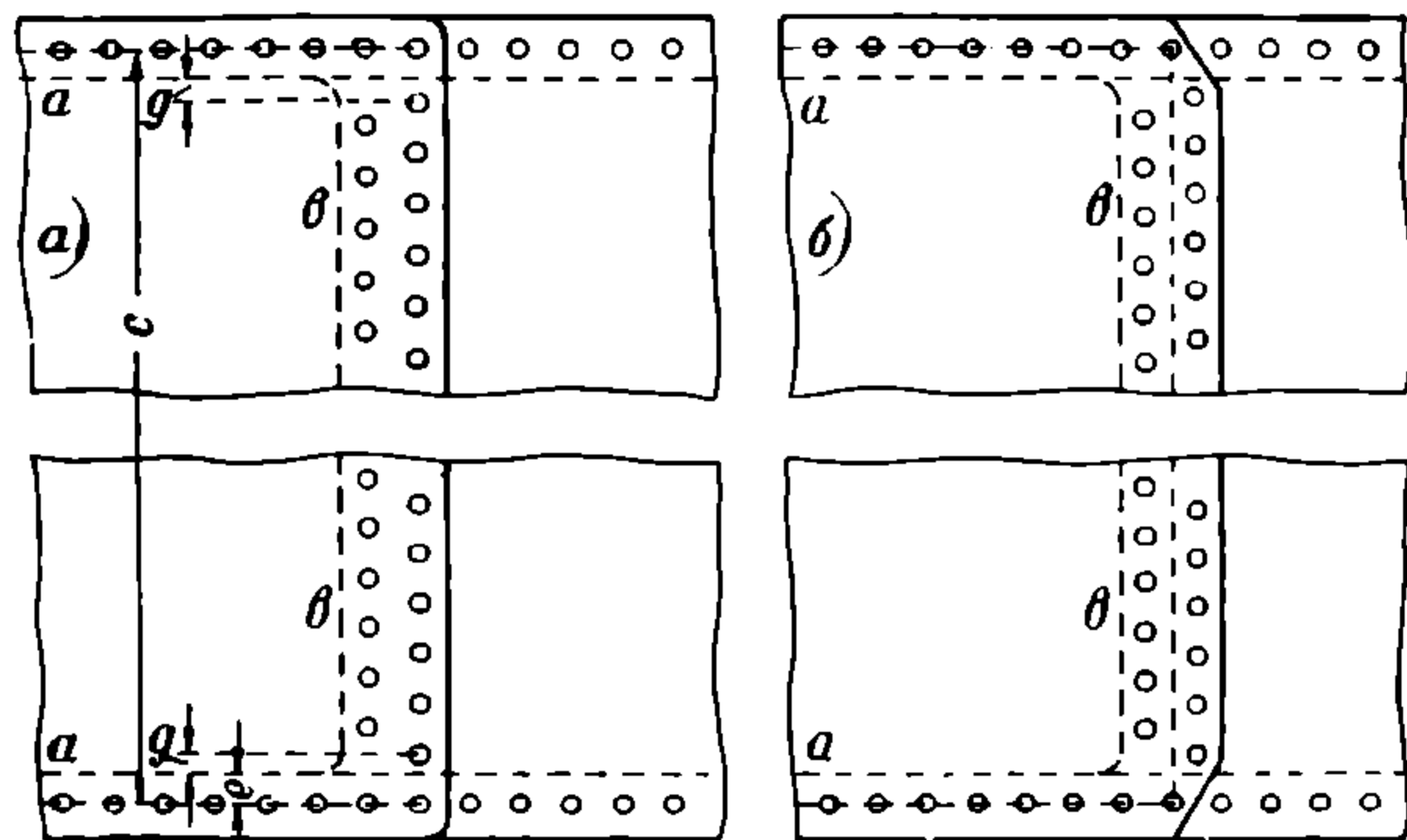


Рис. 328.

лист. Например, если число целых листов по окружности резервуара n , а число делений на каждом из них m , то число делений на вставном будет: $m' = M - mn$, где M — число делений по окружности резервуара, каковое в этом случае может и не быть кратным n . Горизонтальные швы, как несущие только нагрузку от собственного веса железа, делаются обычно однорядными, а

вертикальные, как напряженные от давления жидкости, двойными.

Здесь уместно упомянуть о способах сопряжения вертикального шва с горизонтальными. На рис. 328, фиг. а, представлен один способ сопряжения, а на фиг. б — другой. Разница между ними заключается в том, что центровые линии вертикального шва в первом случае располагаются симметрично по отношению к последней заклепке горизонтального шва, а во втором — наружная вертикальная центровая проходит через центр последней заклепки горизонтального ряда. Трудно сказать, который из этих способов лучше, оба дают одинаково хорошие соединения. Можно лишь отметить, что при сопряжении (а) приходится срезать угол листа. При разметке таких листов на них наносят линии a и b (пунктир), изображающие проекцию кромок соседнего листа, и центр первой заклепки вертикального ряда наносят от листа на расстоянии g , которое не должно быть меньше диаметра головки заклепки, чтобы ее удобно было заклепать (обычно диаметр головки $= 1,7d$; лучше брать $2d$). Тогда расстояние между крайними заклепками вертикального ряда будет $c - e - 2g$, а число делений $n_0 = \frac{c - e - 2g}{t_0}$,

где t_0 — взятый с чертежа шаг. Округлив n_0 до ближайшего большего целого n , вычисляют точный шаг заклепок $t = \frac{c - e - 2g}{n}$, каковой и наносят на шаблон. Центры заклепочных отверстий второго ряда располагаются в шахматном порядке к заклепкам первого ряда на указанном в чертеже расстоянии. Шаблон надо размечать таким образом, чтобы для удобства чеканки вертикальные швы были расположены наружными кромками вправо, что легко достигается при чешуйчатом расположении листов

(рис. 329). На углах противоположного края листа должны быть оттянуты лацканы.

Днище состоит обычно из нескольких рядов одинаковых целых листов и так называемых окрайков (рис. 327б); оно делается из тонких листов в 5—6 мм, склепанных однорядным швом. Для определения числа целых листов определяют разметочные размеры этих листов (вычитая из длины и ширины листа ширину перекрышки) и расчерчивают днище, располагая листы непременно симметрично относительно двух взаимно-перпендикулярных диаметров днища, причем центр O резервуара может приходиться

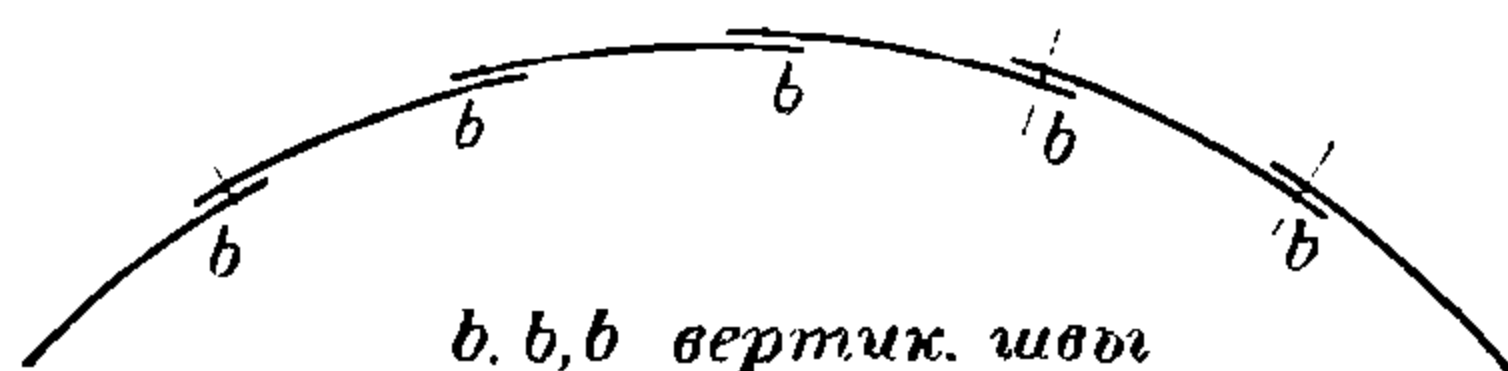


Рис. 329.

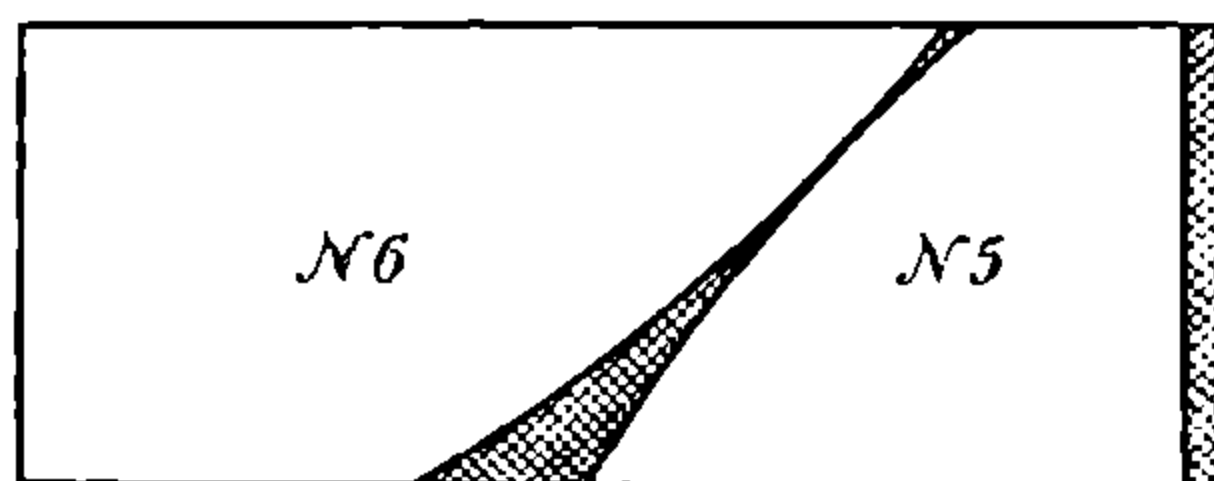


Рис. 330.

или посредине листа, или на длиной центральной линии двух смежных рядов листов (центр O'). Листы располагаются относительно друг друга в шахматном порядке. Первый способ (с центром O) должен быть признан более желательным, так как здесь окрайки получаются симметричными по двум осям и, следовательно, по одному шаблону могут быть намечены 4 окрайка, но в некоторых случаях здесь получается больше обрезков (на крайних листах № 8 и № 1 рис. 327б). Окрайки вырезаются из листов с наименьшей потерей материала (рис. 330, обрезки заштрихованы), для чего они соответственным образом подбираются. Для целых листов днища разметочная длина их, число делений и точный шаг заклепок вычисляются, как указано выше.

Что касается окрайков, то их размеры могут быть вычислены следующим образом.

Пусть R (рис. 331) обозначает радиус центральной окружности заклепочного шва, соединяющего опорный угольник с днищем (рис. 327 и рис. 331),

l_p — разметочную длину листа.

h_p — разметочную ширину листа (рис. 327б).

Тогда сторона cd листа № 6 будет равна $bc - bd$, где в настоящем случае (рис. 327)

$$bc = \sqrt{R^2 - (5,5h_0)^2}, \text{ а } bd = l_0.$$

Точно так же сторона

$$ae = ag - eg = \sqrt{R^2 - (4,5h_0)^2} - l_0.$$

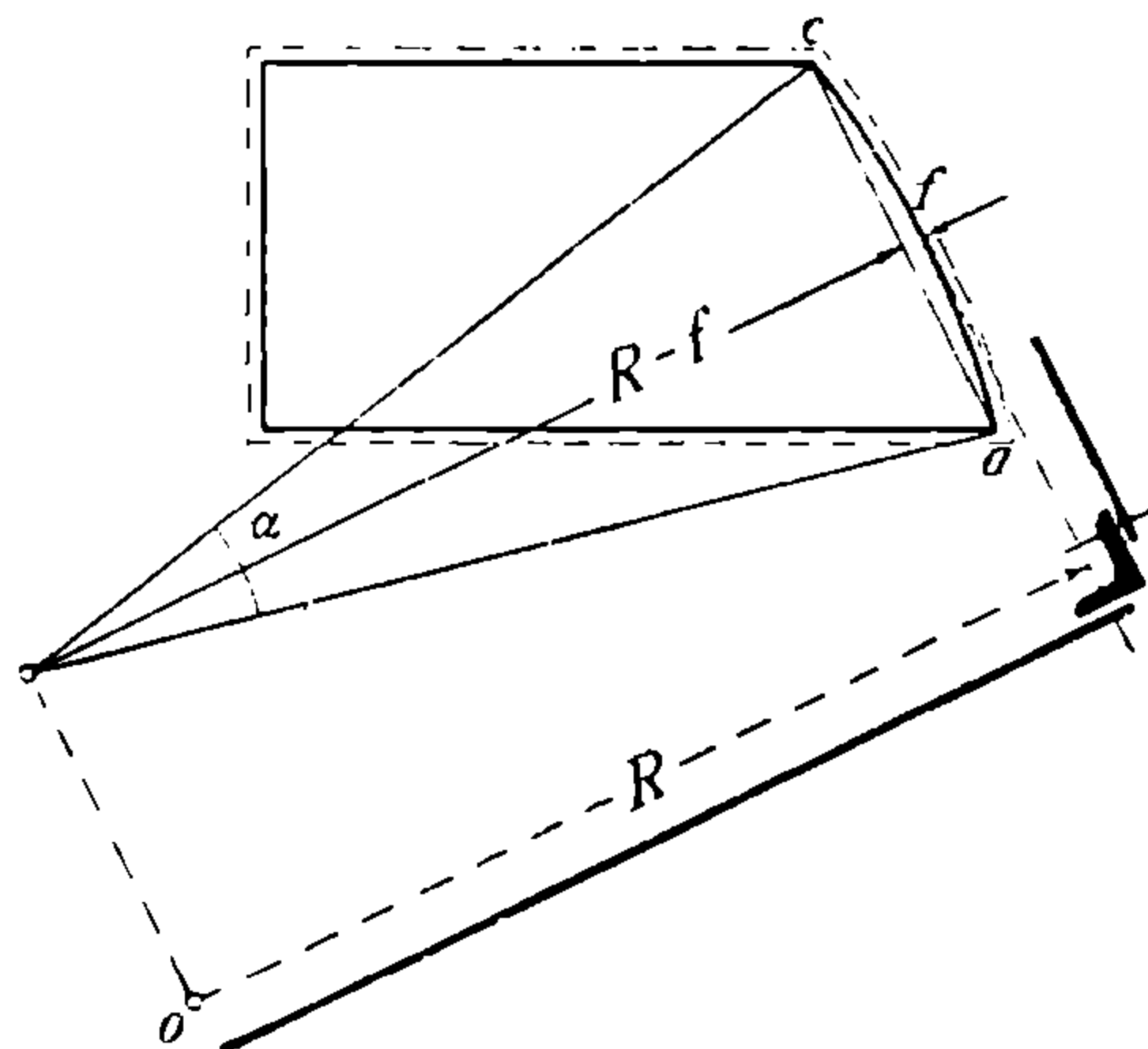


Рис. 331.

Зная стороны ae , $ed = h_0$ и cd , легко определить хорду

$$\overline{ac} = \sqrt{(de)^2 + (ac - cd)^2},$$

а затем и стрелку дуги ac для ее построения (рис. 331)

$$(R - f)^2 = R^2 - \left(\frac{ac}{2}\right)^2,$$

откуда

$$f = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{ac}{2}\right)^2}$$

Для разметки делений по дугам окрайков применяют два метода:

1) На сборочном плазу раскладывают окрайки одной половины днища (а при расположении центра резервуара посередине центрального листа — только одну четверть) и схватывают их на болты, тщательно проверив правильность их расположения. Затем проводят штангенциркулем центровую окружность шва и к листам привертывают предварительно просверленный (или проколотый) опорный угольник таким образом, чтобы только что проведенная центровая окружность проходила через центры отверстий угольника, чем и пользуются для нанесения делений на окрайках. По намеченным таким образом и проколотым окрайкам одной четверти днища намечают остальные, им симметричные. Если при этом где-нибудь дыра придется близко от кромки листа, то в этом месте лист немного оттягивают, лишь бы поместилась головка заклепки. Угольники берут такой длины, чтобы их стыки не приходились на швы днища. К этому способу охотно прибегают потому, что, с одной стороны, получить на всех окрайках целое число делений при разной длине дуг не представляется возможным, а вычисление длины дуги и числа делений на каждой из них представляет собой довольно кропотливую работу, которой большинство разметчиков избегают из опасения ошибок.

2) Тем не менее на некоторых заводах дыры на дугах окрайков все же размечаются по расчету, для чего приходится с большой точностью вычислять длины этих дуг и шаг заклепок. Длина дуги определяется в этом случае из отношения:

$$\frac{\overset{\frown}{\alpha}}{2\pi R} = \frac{\angle \alpha}{360},$$

угол же α из равенства:

$$\frac{\overline{ac}}{2} R \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (a)$$

Когда длины дуг вычислены, то подсчитывают, сколько целых делений помещается на каждой окрайке, для чего необходимо знать точную величину деления (шаг заклепок), которая получается делением $2\pi R$ на вычисленное выше число делений по окружности 1-го пояса (m). Таким образом точный шаг $t = \frac{2\pi R}{m}$, вычисляемый с 3—4 десятичными знаками.

Теперь можно перейти к подсчету числа делений по дуге каждого окрайка, начиная с № 1 (рис. 327). Пусть длины дуг окрайков будут $l_1, l_2, l_3 \dots$; число делений в окрайке № 1 будет $m_1 \frac{l_1}{t}$, причем m_1 получается обычно дробным. От диаметра, проходящего через O (рис. 327) и являющегося осью симметрии окрайка № 1, откладывают по дуге в обе стороны длины $l'_1 = \frac{m_1 t}{2}$ (если число m_1 — четное) или $l''_1 = \frac{(m_1 - 1)t}{2} + \frac{t}{2}$ (если m_1 — нечетное число). Откладывание l'_1 или l''_1 производится обычно по рулетке, поставленной на ребро, а остатки $\gamma = \frac{l_1}{2} - l'_1$ или $\gamma = \frac{l_1}{2} - l''_1$ проверяются вычислением (в случае заметного отклонения γ отложенного от вычисленного, первый поправляют по второму, несомненно более точному); остается разделить l''_1 или l'_1 на соответственное число делений m_1 (или $m_1 - 1$) при помощи делительного циркуля, причем остатки причисляются к длине дуги 2-го окрайка, которая принимается равной $l_2 + \gamma_1$. Число делений на окрайке № 2 будет $m_2 = \frac{l_2 + \gamma}{t}$, где m_2 — опять дробное.

При разметке этого окрайка по дуге откладывают сначала от конца ее, примыкающего к листу № 1, величину $t - \gamma$, а от противоположного конца $\gamma_2 = l_2 - (m_2 - 1)t$; остальную часть дуги делят уже на целое число m_2 .

С третьим окрайком поступают совершенно так же, а именно: вычисляют число делений на длине $l_2 + \gamma_2$ и полученную дробную часть деления откладывают по дуге центральной окружности от ее конца, примыкающего к окрайку № 4; на другом конце откладывают $t - \gamma_2$ и делят полученный участок дуги на m_3 делений.

Вычисления идут в таком порядке и далее, до окрайка № 8, число делений на котором m_8 наносятся от оси симметрии в обе стороны, причем половина дробной части деления $\frac{\gamma_8}{2}$ должна равняться $t - \gamma_7$, что служит проверкой точности проделанных вычислений.

Таким образом, для резервуара, изображенного на рис. 327, требуется изготовить указанными выше приемами 8 эскизов для шаблонов окрайков днища, что в результате хотя и обойдется несколько дороже работы по первому способу, но зато даст несравненно более точную работу и более герметичный шов.

Разметка дыр на угольниках может быть производима или до их загиба (в Америке), или после (у нас и в Европе), причем, как уже указывалось раньше, при изгибе уголка его нейтральный слой проходит через центр тяжести сечения $\left(\xi = \frac{1}{4} b + 0,36 \delta, \text{ где } b \text{ — ширина полки, а } \delta \text{ — толщина ее} \right)$. Если торговая длина угольников l_0 , то число угольников по окружности резервуара будет (рис. 327)

$$n = \frac{\pi (D - 2\xi)}{l_0} = \frac{\pi \left(D - \frac{b}{2} + 0,7 \delta \right)}{l_0},$$

где b — ширина полки уголка, а δ — ее толщина. Длину уголка затем уточняют, исходя из того, чтобы на ней уместилось целое число делений x , величиною по $\frac{\pi(D - 2\xi)^*}{m} = ty$, где m — вычисленное выше число делений по

1-му поясу. Таким образом, $l'_0 = xtg$ будет исправленной длиной угольников, причем один или два уголка делаются короче, с тем чтобы на них уместились все остальные деления, придавая им длину

$$l''_0 = \pi(D - 2\xi) - (n - 1)xtg = ztg.$$

Но, принимая во внимание недостаточную изученность явлений, происходящих при изгибе профильного железа вообще, а также различные физические свойства применяемого (даже на постройку одного и того же резервуара) железа, в смысле его крепости и вязкости, в европейской практике предпочитают размечать опорные уголки резервуаров после придания им требуемой кривизны, в особенности конечно в тех случаях, когда к опорному уголку приклепывается не плоское, а коническое или сферическое днище (резервуары Инце), т. е. когда этот уголок размалкован.

Разметку угольника начинают во всех случаях с вертикальной его полки, на которую с ленточного шаблона наносят подсчитанное расстояние ¹⁾ между крайними заклепками. Когда размечена вертикальная полка, на горизонтальную полку деления переносятся помощью переводка. Полезно для проверки прикидывать рулеткой, насколько точно хорды окрайков (между крайними дырами) совпадают с соответствующими расстояниями на угольниках. При сборке резервуаров надо тщательно прирубать стыки угольников, от чего в значительной мере зависит точность совпадения листовых дыр с дырами на угольнике.

Разметка конической опоры бака системы Инце. Обычно данными являются (рис. 332): внутренний диаметр бака D , толщина стенки 1-го пояса δ , высота опоры H , внутренний диаметр опорного кольца D_c , сечения угольников a , b и c и толщина стенки опоры δ' ; разметчику приходится определять диаметр верхнего кольца опоры.

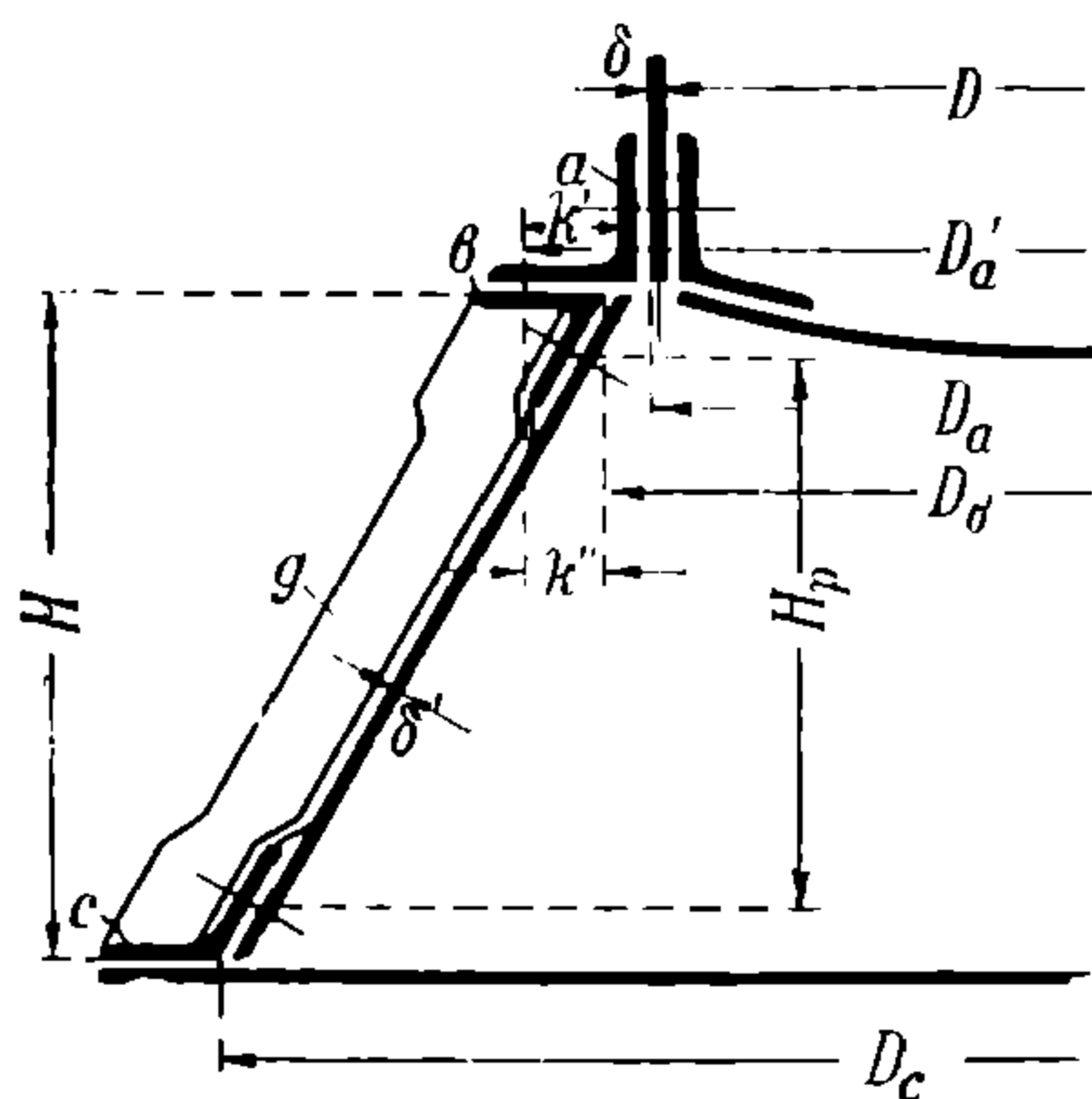


Рис. 332.

Внутренний диаметр опорного углового кольца a равен, как видно из рисунка $D_a = D + 2\delta$; расчетный диаметр центральной линии на горизонтальной полке кольца a будет $D'_a = D_a + 2k'$, где k' — риска, соответствующая ширине полки кольца a .

Исходя из D'_a , уже легко определить и внутренний диаметр верхнего обвязочного угольника опоры b , а именно $D_b = D'_a - 2k''$, где k'' — риска

уголка b . Зная теперь H , D_c и D_b , нужно построить развертку конуса, причем заметим кстати, что по отношению к листу боковой поверхности

¹⁾ Это расстояние рассчитывается по окружности соприкосновения листов, исходя из исчисленного выше числа делений горизонтального шва нижнего пояса.

опоры оба диаметра являются внешними; разметочные же диаметры будут соответственно $C_c - \delta'$ и $D_b - \delta'$, а разметочная высота $H_p = H - k'' - k'''$, где k''' — риска угольника c . Взяв шаг заклепок кольцевого шва, каким он получился по расчету, скажем t , одинаковым для обоих горизонтальных швов, найдем число делений по окружности опоры, т. е.

$$\frac{\pi (D_c - \delta')}{n_c} = n_c \quad \text{и} \quad \frac{\pi (D_b - \delta')}{t} = n_b.$$

Точные размеры шагов получатся из деления

$$\frac{\pi (D_b - \delta')}{n_b} = t_b$$

и

$$\frac{\pi (D_c - \delta')}{t} = t_c,$$

причем обычно $t_b \neq t_c$.

Число листов по окружности выбираем таким, чтобы оно было кратным числу заклепок, что в значительной мере упрощает дальнейшие вычисления. Если это совершенно невозможно, то во всяком случае на каждом из них должно размещаться целое число делений, следовательно n_b' , равно как и n_c' , должны быть кратными числу листов. Если через m обозначим число листов по окружности конуса, то длины дуг развертки нашего конуса будут: меньшей — $\pi (D_b - \delta')$ и большей $\pi (D_c - \delta')$, описанные радиусами R_b и R_c ; легко видеть, что длины дуг каждого листа будут

$$\frac{\pi (D_b - \delta')}{m} \quad \text{и} \quad \frac{\pi (D_c - \delta')}{m}.$$

Радиусы R_b и R_c определяются из соотношения (рис. 333).

$$R_b : R_c = D_b : D_c,$$

где

$$R_b = R_c - ab = R_c - \sqrt{H_p^2 + ac^2} = R_c - \sqrt{H_p^2 - \left(\frac{D_c - D_b}{2}\right)^2}$$

Из соотношений $\frac{2 \pi R_b}{360} = \frac{\pi (D_b - \delta')}{\alpha}$ определяем центральный угол α ,

соответствующий длине дуги каждого листа, а зная этот угол, легко вычислить длины хорд и стрелок. По ним можно построить развертку листа способами, указанными в главе III, и нанести заклепочные деления и обработочные размеры.

При этом вычисление центрального угла при помощи обоих расчетных диаметров оснований конуса служит взаимной проверкой, т. е. угол α должен получиться одним и тем же, будем ли мы пользоваться для его вычисления

соотношением $\frac{2 \pi R_c}{360} = \frac{\pi (D_c - \delta')}{\alpha}$ или приведенным выше (с величинами R_b и D_b).

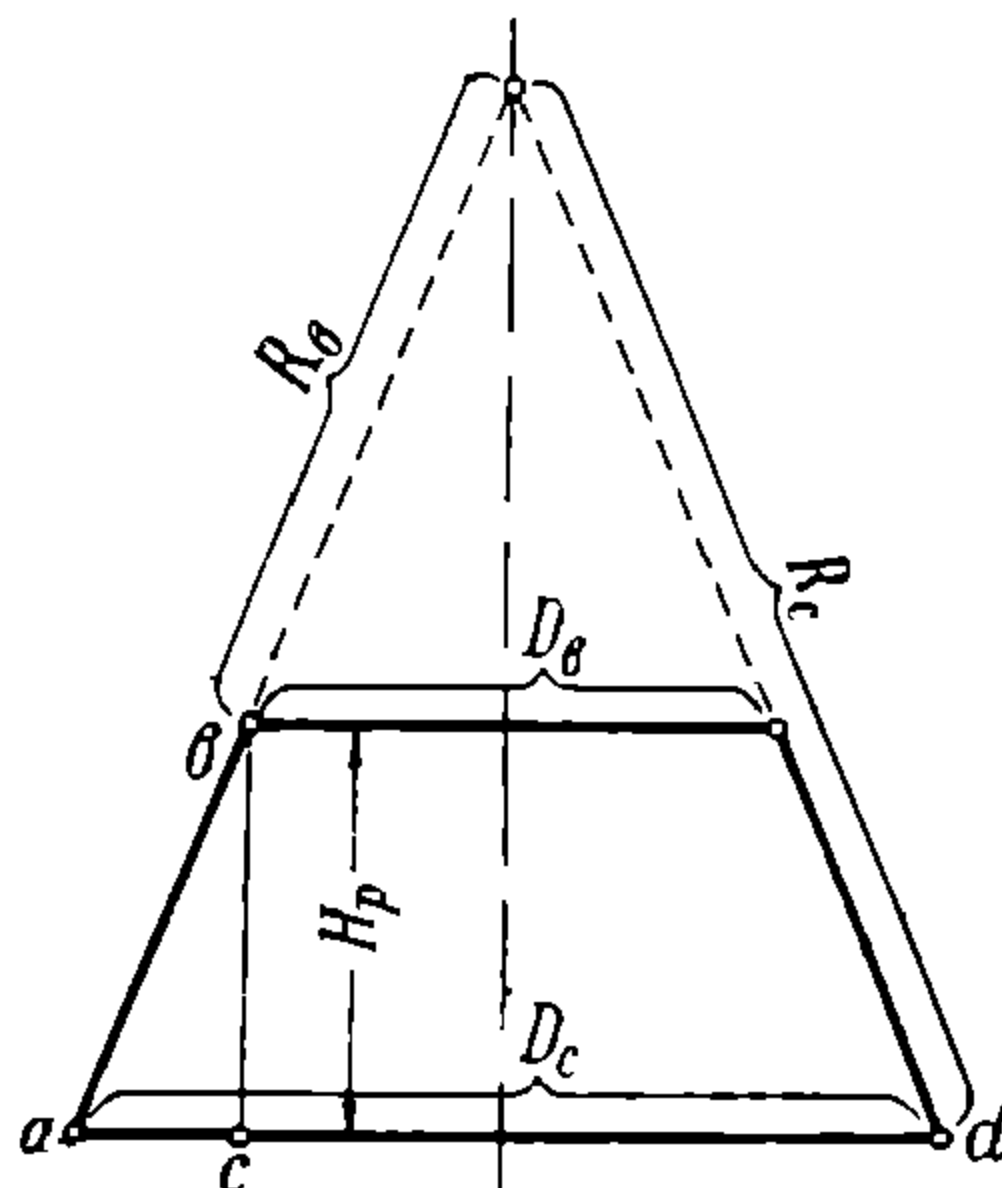


Рис. 333.

Если по окружности конической опоры бака не укладывается целого числа листов (имея в виду минимальные обрезки), то опору составляют из m' целых листов и одного вставка.

В этом случае вычисления значительно усложняются и протекают в следующем порядке.

Число заклепочных делений в целых листах составляет $m'n'_b$ и $m'n'_c$, а во вставке $n''_b = n_b - m'n'_b$ и $n''_c = n_c - m'n'_c$. Длина дуги вставка составляет такую же часть окружности развертки всего конуса, какою является число делений вставка по отношению к числу делений по всей развертке, т. е.

$$\frac{\pi D_c}{x_c} = \frac{n_c}{n''_c} \quad \text{и} \quad \frac{\pi D_b}{x_b} = \frac{n_b}{n''_b},$$

откуда уже легко определить

$$x_c = \frac{\pi D_c (n_c - m'n'_c)}{n_c} \quad \text{и} \quad x_b = \frac{\pi D_b (n_b - m'n'_b)}{n_b}$$

Остальную часть длины дуги развертки надо разделить на число целых листов m' , чтобы получить длину дуги каждого из них, равную $\frac{\pi D_c - x_c}{m'}$ и $\frac{\pi D_b - x_b}{m'}$. Зная длины дуг, остается вычислить указанными выше прие-

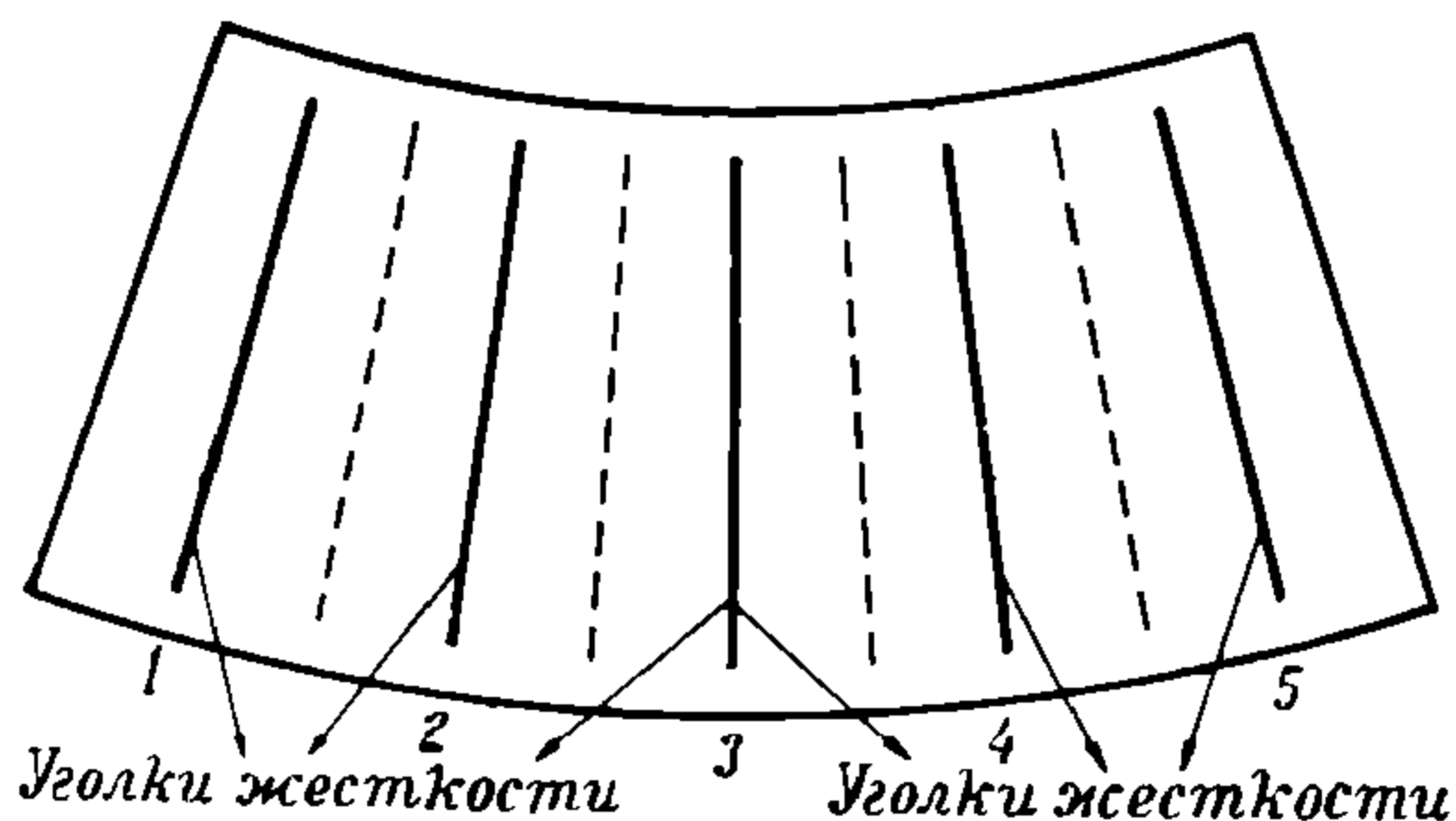


Рис. 334.

мами центральные углы, соответствующие как целому листу, так и вставку, а по ним уже хорды и стрелки разверток того и другого.

Таким образом, здесь приходится дважды проделывать аналогичные расчеты, что удваивает возможность ошибок и вообще довольно кропотливо; поэтому необходимо еще раз подчеркнуть, что надо прилагать все старания, чтобы получить

по окружности конической опоры целое число листов.

Для уменьшения числа поперечных швов за счет некоторого увеличения количества обрезков листы следует располагать, если высота опоры невелика, т. е. если это допускает H_p , длинной стороной — по окружности опоры.

Если коническая опора усилена уголками жесткости, как это иногда встречается, необходимо, чтобы число этих уголков было кратным числу листов. Для равномерного распределения их по окружности опоры надо длины дуг листа разделить на удвоенное число уголков и ставить их через одно деление, как это показано на рис. 334 толстыми линиями (для случая с 5 уголками на одном листе).

Разметка крыши газгольдера. Крыши газгольдеров, а также днища напорных резервуаров, часто делаются сферическими. На рис. 335 изображены план и разрез такой крыши, состоящей из одного центрального

замыкающего круглого листа и трех кольцевых поясов. Пусть внутренний диаметр газгольдера $= D$ и подъем (стрелка) крыши $= f$, причем подъем измерен от плоскости ребра уголка, соединяющего крышу с боковой стенкой газгольдера, до внутренней поверхности замыкающего листа. Примем для упрощения расчетов разметочный радиус очертания крыши равным R — радиусу соприкосновения листов крыши; тогда

$$R^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 + (R - f)^2,$$

откуда

$$R = \frac{D^2}{8f} + \frac{f}{2}$$

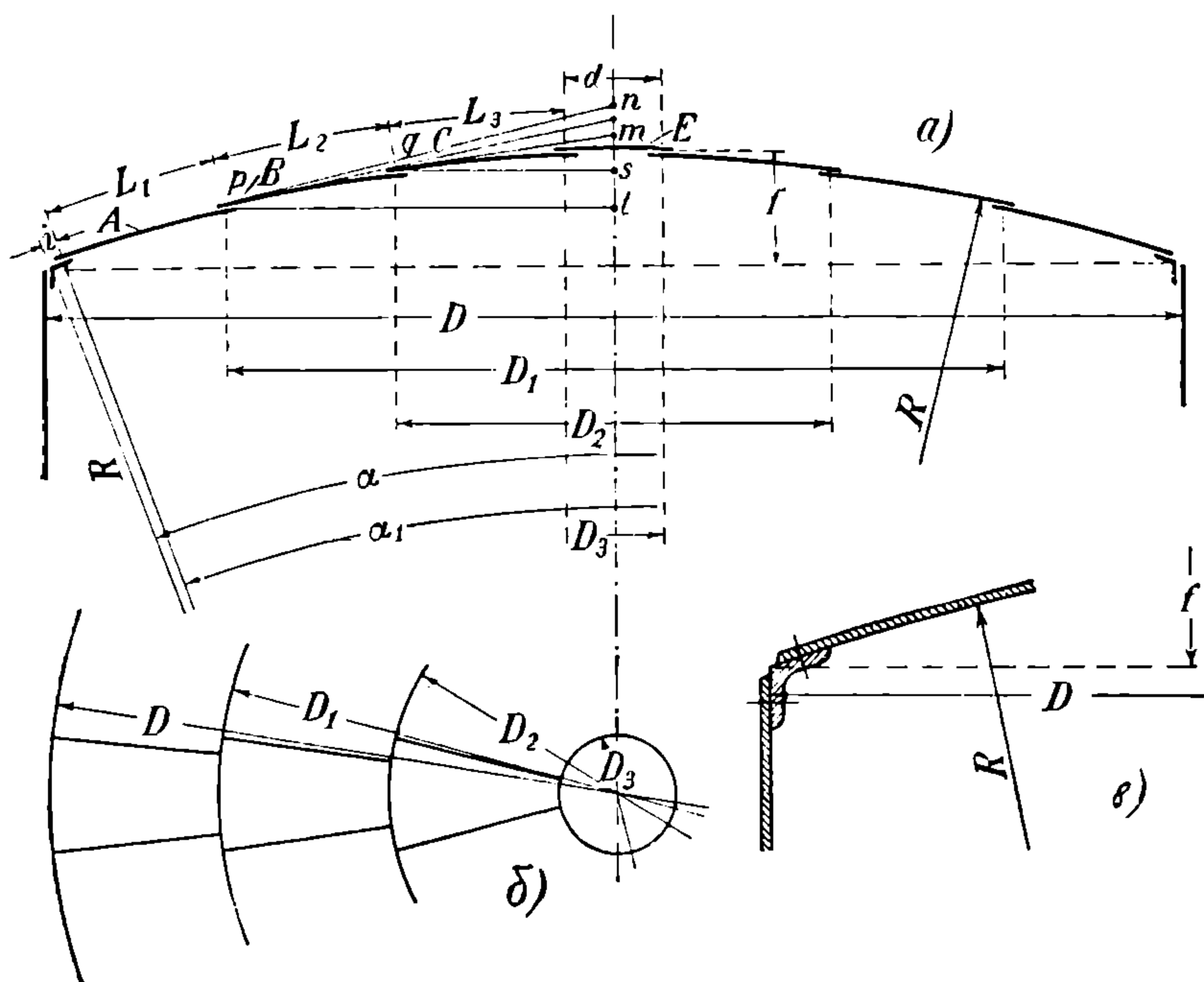


Рис. 335.

Для упрощения подсчетов и спецификации листов пояса крыши делают одинаковой ширины, причем листы, составляющие крышу, располагаются большими измерениями радиально, как показано на рис. 335б. Этим увеличивается число заклепок, но уменьшается количество обрезков и облегчается работа по приданию листам изгиба по сфере. Зная R и D , легко определить угол α , а следовательно и ширину поясов, равную разметочной длине листов, измеренной между центровыми линиями круговых заклепочных швов по поверхности соприкосновения листов, описанной радиусом R . Ничтожной неточностью, которая здесь получается, обыкновенно пренебрегают.

Из равенства $\frac{D}{2} = R \sin \frac{\alpha}{2}$ определяют α и расчетную длину дуги крыши L .

Разметочная длина дуги крыши определяется по равенству: $L' = L - 2k$, где k равно расстоянию от ребра уголка до центральной линии заклепок (риска уголка). Теперь обратно, по разметочной длине дуги L' находим разметочный угол α' .

Зная разметочный диаметр замыкающего листа d , пренебрегая его кривизной, можно принять длину его дуги $= \frac{d}{2}$, после чего легко определить длину дуги, занимаемую остальными листами днища. Разделив ее на число поясов, получим разметочную длину (ширину пояса) поясных листов L_1, L_2 и L_3 .

Прежде чем перейти к определению остальных измерений поясных листов, заметим, что число листов по окружности каждого пояса берется обыкновенно целым, а число делений — кратным числам листов в смежных поясах, что в значительной мере облегчает разметку. Для дальнейшего возьмем, например, лист B , в конечных точках которого к дуге соприкосновения листов R проведем касательные pn и qm . Легко видеть, что эти касательные являются, с одной стороны, образующими конусов, с вершинками в точках m и n , а с другой — радиусами дуг, очерчивающих разметочные очертания листа B . Для удобства построения листа следует провести еще одну касательную от середины длины листа к той же сфере соприкосновения листов (проходящей в этом месте через нейтральный слой листа B).

Зная R и углы, соответствующие ширине каждого пояса, легко определить длины касательных из равенств:

$$\overline{pn} = R \operatorname{tg} (\alpha - \alpha_A),$$

$$\overline{qm} = R \operatorname{tg} [\alpha - (\alpha_B + \alpha_A)],$$

где α_A и α_B — углы, соответствующие поясам A и B .

Зная pn и qm , найдем D_1 и D_2 из равенств:

$$\frac{D_1}{2} = \overline{pn} \cos (\alpha - \alpha_A) \quad \text{и} \quad \frac{D_2}{2} = \overline{qm} \cos [\alpha - (\alpha_B + \alpha_A)].$$

Тогда истинная длина разметочного очертания листа B по окружности D будет:

$$b_1 = \frac{\pi D_1}{n_2},$$

где n_2 — число листов по окружности пояса.

Длина очертания листа B по окружности D_2 будет:

$$b_2 = \frac{\pi D_2}{n_2},$$

а эти длины соответствуют углам α' и α'' разверток конусов pn и qm , определяемым из следующих равенств:

$$\frac{2\pi \overline{pn}}{b_1} = \frac{360}{\alpha'} \quad \text{и} \quad \frac{2\pi \overline{qm}}{b_2} = \frac{360}{\alpha''}$$

Зная же углы α' и α'' , легко определить соответственные хорды, необходимые для точного построения выкройки листа. Для этого на соответственном листе железа проводят осевую линию xx' (рис. 336) и на ней

откладывают полученную выше длину $\smile qp = L_2$ листа B . В точках q , p и s (середина \overline{pq}) восстанавливаем перпендикуляры и на них откладываем в обе стороны от xx' длины $\frac{b_1}{2}$, $\frac{b_2}{2}$ и $\frac{b_3}{2}$. Через полученные точки I , I' , 2 , $2'$, 3 , $3'$ проводим параллели к xx' . Затем остается описать дуги до пересечения с этими параллелями: проходящую через точку p — радиусом pn , через точку q — радиусом qm и через точку s соответствующим радиусом. Соединив полученные точки I , II , III дугою круга, получаем разметочное очертание нашего листа, а прибавив со всех сторон по половине перекрышки, — конструктивный размер и факсон листа. Если радиус pn столь велик, что очертить им дугу невозможно, приходится строить эту дугу по данной хорде и радиусу, как указывалось выше при построении развертки конусов с недостигаемой вершиной.

Этими примерами можно ограничиться, так как в известных комбинациях они охватывают все встречающиеся на практике котельно-мостовых цехов случаи разметки подобных изделий.

§ 28. РАЗМЕТКА ИЗДЕЛИЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ СВАРКЕ.

Котельные изделия, изготавливаемые при помощи сварки, требуют иногда трехкратной разметки: в первый раз — под сварку, во второй — под фланцовку и в третий — под холодную обработку. Сюда относятся, например, жаровые трубы, паровые колпаки, разного рода соединительные подтрубки и т. п.

Рассмотрим методы разметки некоторых из этих изделий.

Разметка трубок Галловея. Разметка листов для конических трубок Галловея производится следующим образом. Трубку вычерчивают в натуральную величину, затем ее отсекают двумя плоскостями ab и cd , проходящими через точки пересечения в плоскости чертежа нейтрального слоя трубки Галловея с наружной поверхностью жаровой трубы (рис. 337) и строят развертку конуса указанным ранее способом. Затем на линиях ab и cd , как на диаметрах, строят две полуокружности и делят их на равное число частей, а из точек деления $1, 2, 3 \dots$ опускают перпендикуляры на соответствующий диаметр. Одноименные подошвы этих перпендикуляров попарно соединяют между собою и продолжают соединительные линии (образующие конуса) до пересечения с наружной поверхностью жаровой трубы в точках $1', 2', 3' \dots n'$. Разделив на такое же число делений обе дуги на развертке половины конуса $abdc$ (рис. 338), соединяют также попарно точки деления и получают таким образом образующие конуса, на которых остается отложить отрезки $1-1', 2-2', 3-3'$ и т. д., взятые с рис. 337, чтобы получить верхнее и нижнее очертания листа. На второй половине развертки повторяют то же построение и получают полную развертку листа.

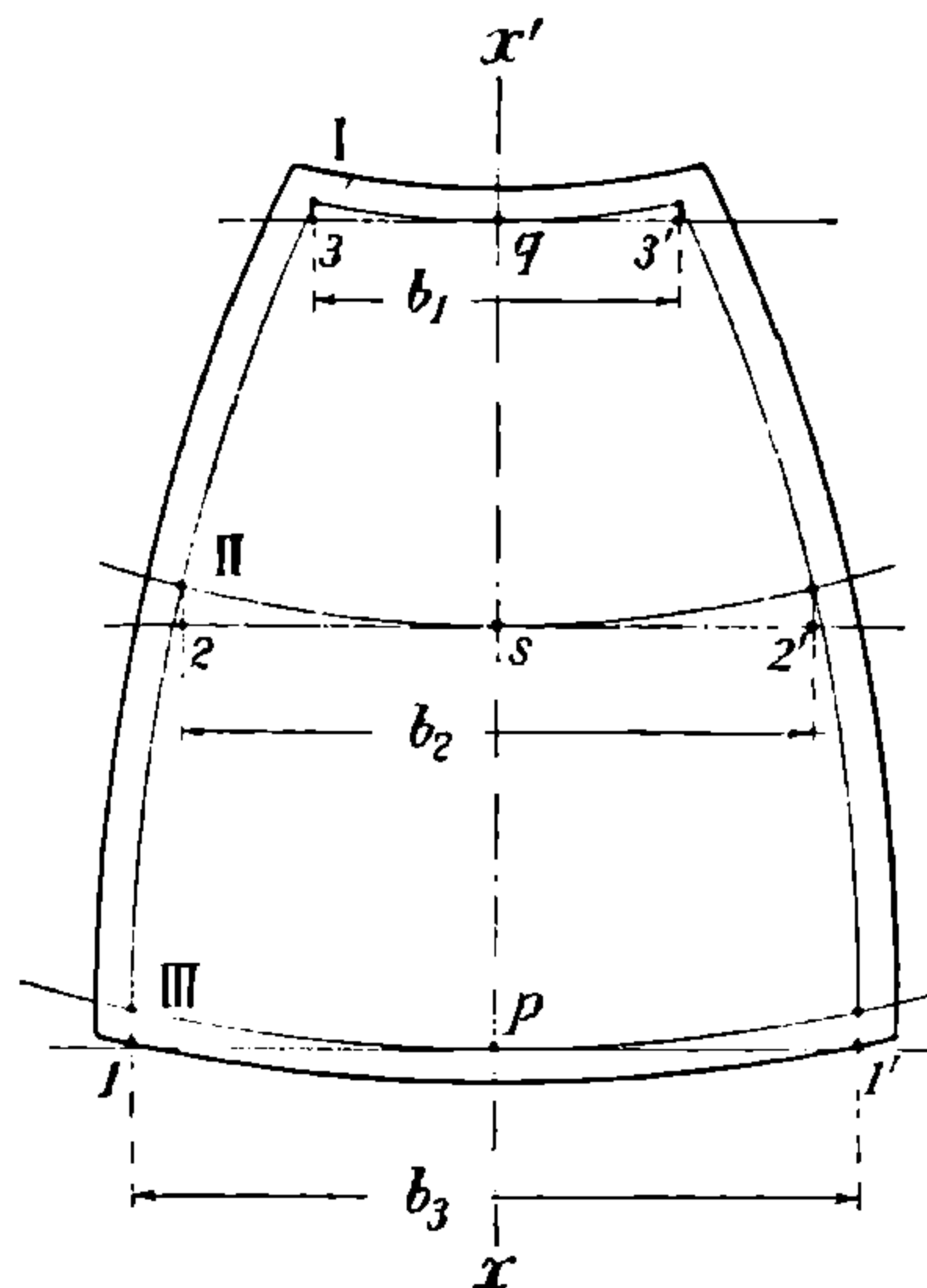


Рис. 336.

Прибавив к полученным размерам соответствующий припуск z на сварку (кузнечную) вдоль трубы, получим выкройку листа с обработочными размерами. После сварки такая трубка не требует никакой дальнейшей разметки, так как, будучи вставлена

на место в жаровую трубу, она имеет уже очертание наружной поверхности последней и ее остается только вварить (кузнечным способом). Если сварка производится вольтовой дугой или ацетиленом, то припуска z не делают, а у трубки, как и у жаровой трубы, должны быть скошены кромки, что делается обычно уже без участия разметчика.

Подобным же образом разворачиваются поперечные цилиндрические трубки в котлах Лашапеля, пересекающиеся с конической поверхностью топки.

Разметка гладкой жаровой трубы. Сначала размечают лист, из которого предполагается изготовить данное звено жаровой трубы под сварку вдоль, чтобы полу-

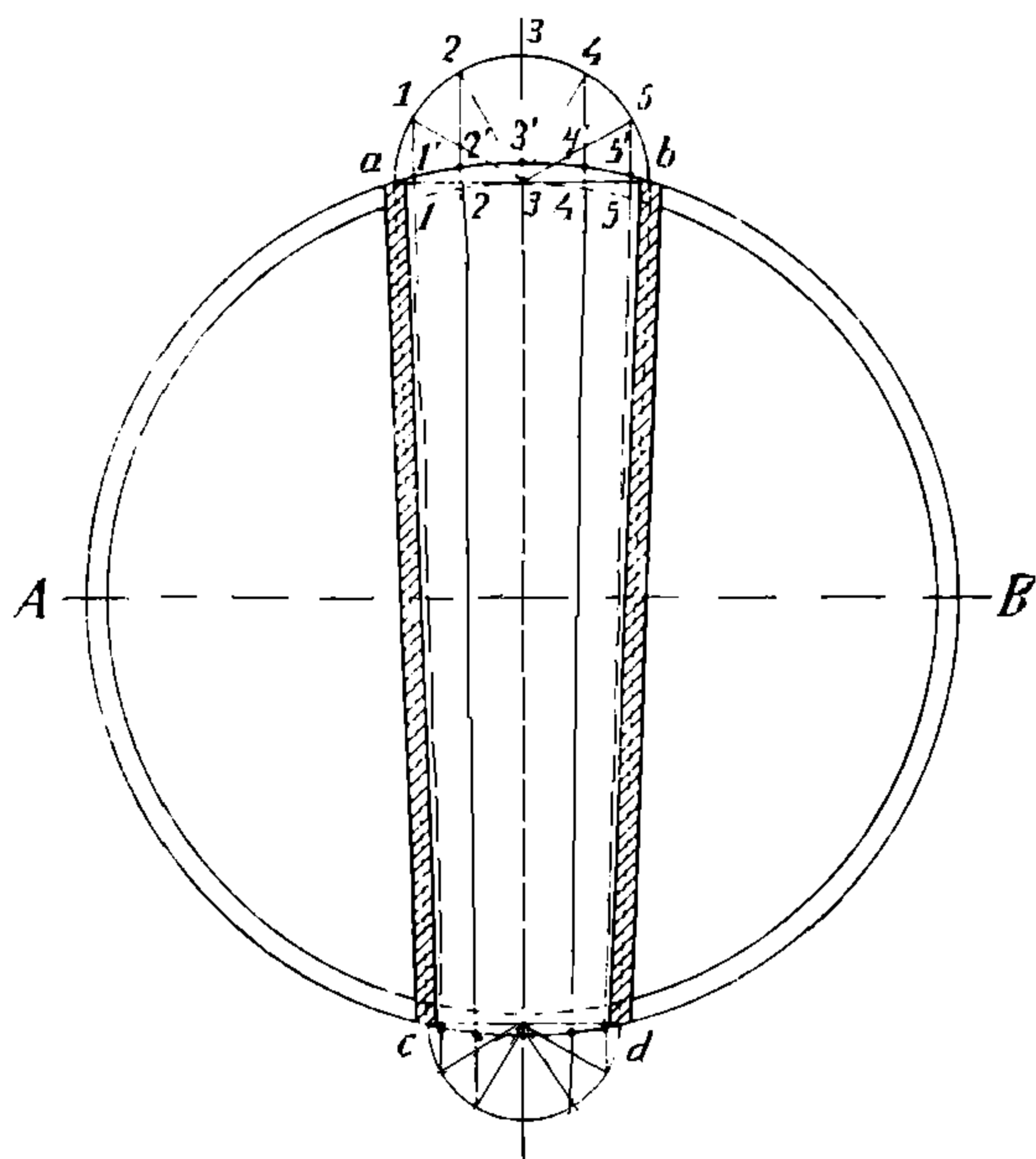


Рис. 337.

чить цилиндр, у которого должны быть отогнуты фланцы, для чего этот цилиндр, в свою очередь, должен быть размечен. Наконец, после фланцевки готовое звено поступает к разметчику в третий раз, чтобы на него были нанесены заклепочные отверстия для Адамсоновского кольца.

Если внутренний диаметр жаровой трубы d (рис. 339а), а толщина стенки δ , то разметочная длина листа будет $\pi(d + \delta)$. Если сварка производится ацетиленом или вольтовой дугой, то разметочная длина $\pi(d + \delta)$ является в то же время и обработочной (рис. 340) и под сварку придется лишь скосить кромку; если же имеется в виду кузнечная сварка, то обработочная длина листа будет $\pi(d + \delta) - e$, причем обычно берут $e = \delta$.

Что касается ширины листа, то его разметочные размеры получают следующим образом: если длина прямой части звена (между линиями начала отгиба фланца)

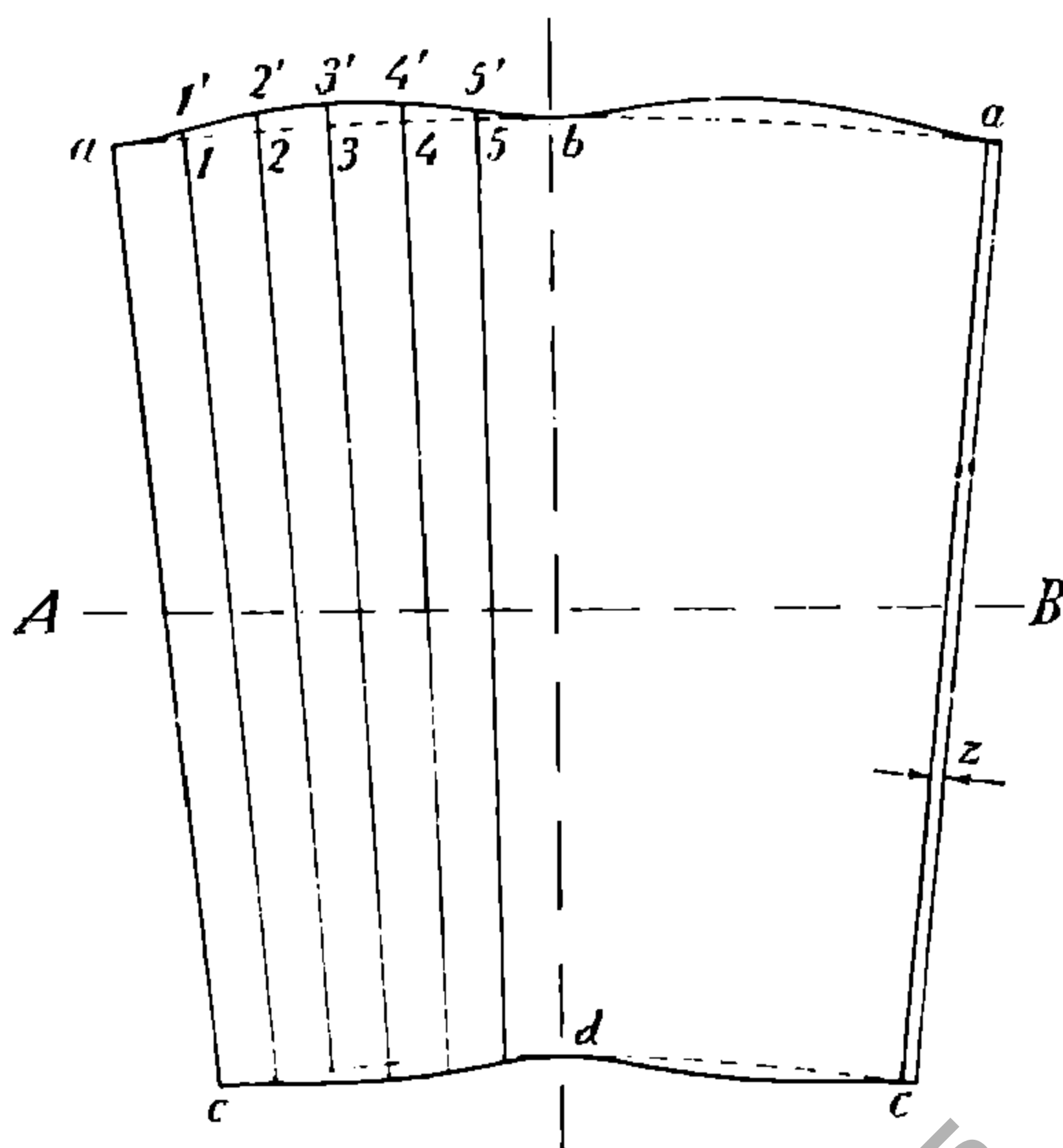


Рис. 338.

равна l (рис. 339), то для получения разметочной ширины листа надо к l прибавить длину двух $\smile kf$ и две ширины фланца mk .

Таким образом ширине листа будет $l + 2kf + 2mk + 2q$, где q является поправкой на вытяжку (материал при фланцевке должен распределиться на большей периферии, чем до нее, и его не хватит). Величина этой поправки не установлена, и разметчикам приходится брать ее по своему соображению (обычно прибавляют 15—20 мм). Таким образом, развертки листов для звеньев гладкой жаровой трубы представляют собой прямоугольники со сторонами $\pi(d + \delta) + \delta$ (для кузнечно-сварочного шва) и $l + 2kf + 2mk + 2q$ (рис. 339б). Все звенья жаровой трубы делаются для

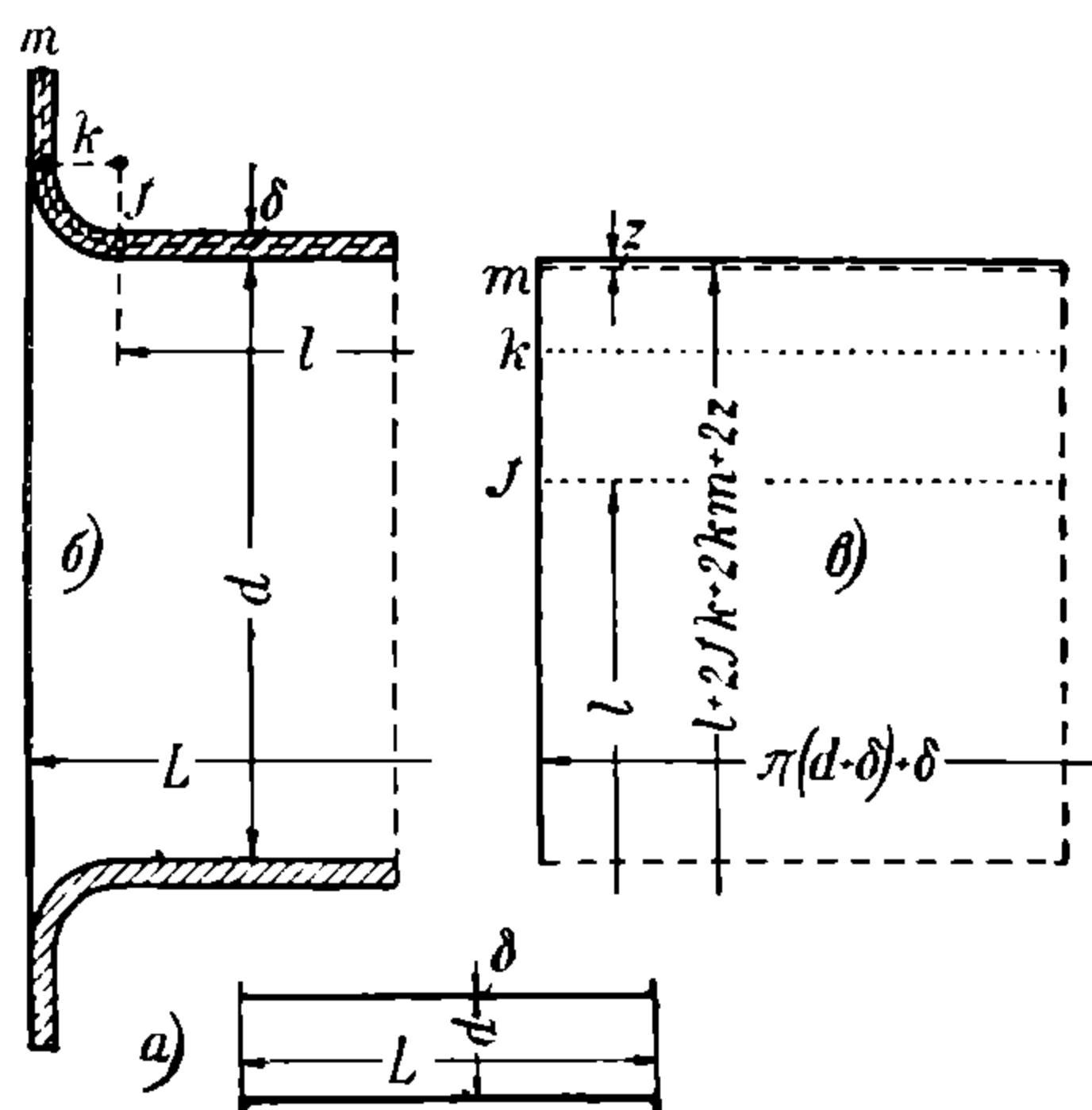


Рис. 339.

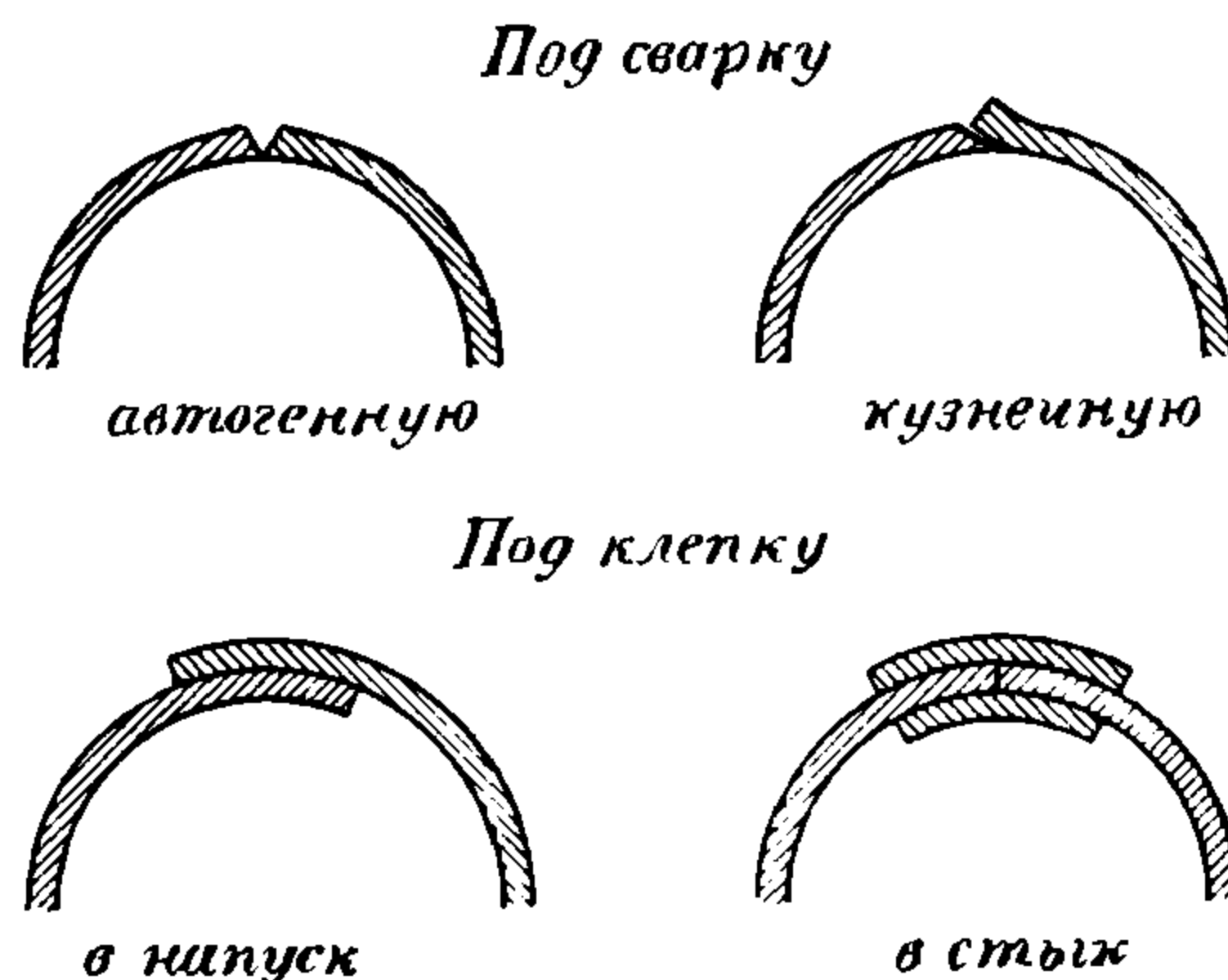


Рис. 340.

упрощения работы одинаковой длины, кроме крайних, входящих в отверстия днищ, причем они получают разные длины, чтобы получить разгон между кольцами Адамсона. Переднее звено представляет собою прямой цилиндр с одним фланцем, а заднее — на свободном от фланца конце получает усечение, соответствующее сфере днища. Вычертив „в натуру“ горизонтальный и вертикальный разрезы мест соединений жаровой трубы с днищем, не трудно уже, пользуясь указанными выше приемами, построить развертку такого усеченного цилиндра.

Разметка волнистых жаровых труб. Разметка листов для волнистой жаровой трубы представляется более сложной, в особенности в отношении определения ширины листа, так как волны при их выкатывании претерпевают вытяжку. Когда волны выкатываются одна за другою (на Днепровском заводе), то вытяжка невелика, и ширина листа может быть приблизительно подсчитана следующим образом. Пусть нам нужно изготовить жаровую трубу, показанную на рис. 341а и имеющую n волн на длине l . Вычертив в натуральную величину профиль волны (рис. 341б), измерим углы α и β и радиусы ρ' и ρ'' . Тогда длина волны по нейтральному слою будет $2 \smile ef + \smile fg$, а ширина листа при числе волн, равном n , может быть определена по следующей формуле:

$$L = 2 (\overline{ab} + \smile bc + j + z) + 2l_5 + (n - 1) (l_2 - l_3) + n (2 \smile ef + \smile fg),$$
 где j — прибавка на вытяжку при фланцевании, а z — припуск на обточку кромки фланца.

Длина готового звена будет:

$$l = 2l_1 + (n - 1)l_2;$$

$$l_5 = l_1 - \frac{l_3}{2} - l_6 \text{ и } l_6 = \delta + \rho;$$

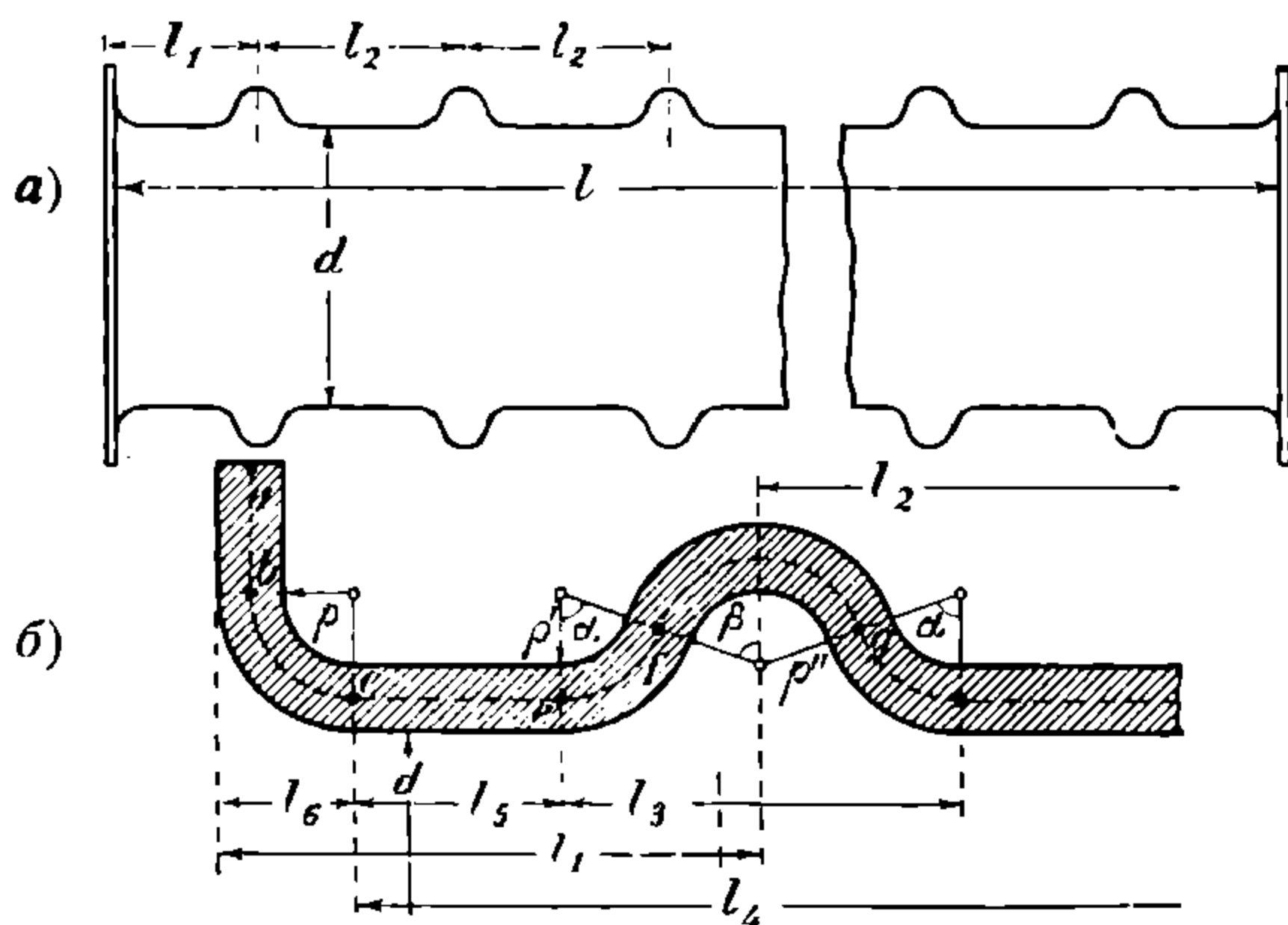


Рис. 341.

следовательно

$$l_1 = l_6 + l_5 + \frac{l_3}{2}.$$

При гладкой трубе ширина листа была бы

$$L' = l_4 + 2(\sim bc + ab + j + z),$$

где

$$l_4 = l - 2(\delta + \rho).$$

Из рис. 341 нетрудно видеть, что разница в ширине листа составит

$$L - L' = n(2 \sim ef + \sim fg) - nl_3.$$

В тех же случаях, когда все волны выкатываются одновременно (как например по способу Русакова), вытяжка металла в местах образования волн уже значительно больше, и по ширине листа (длина звена) прибавок на волнование делать не требуется.

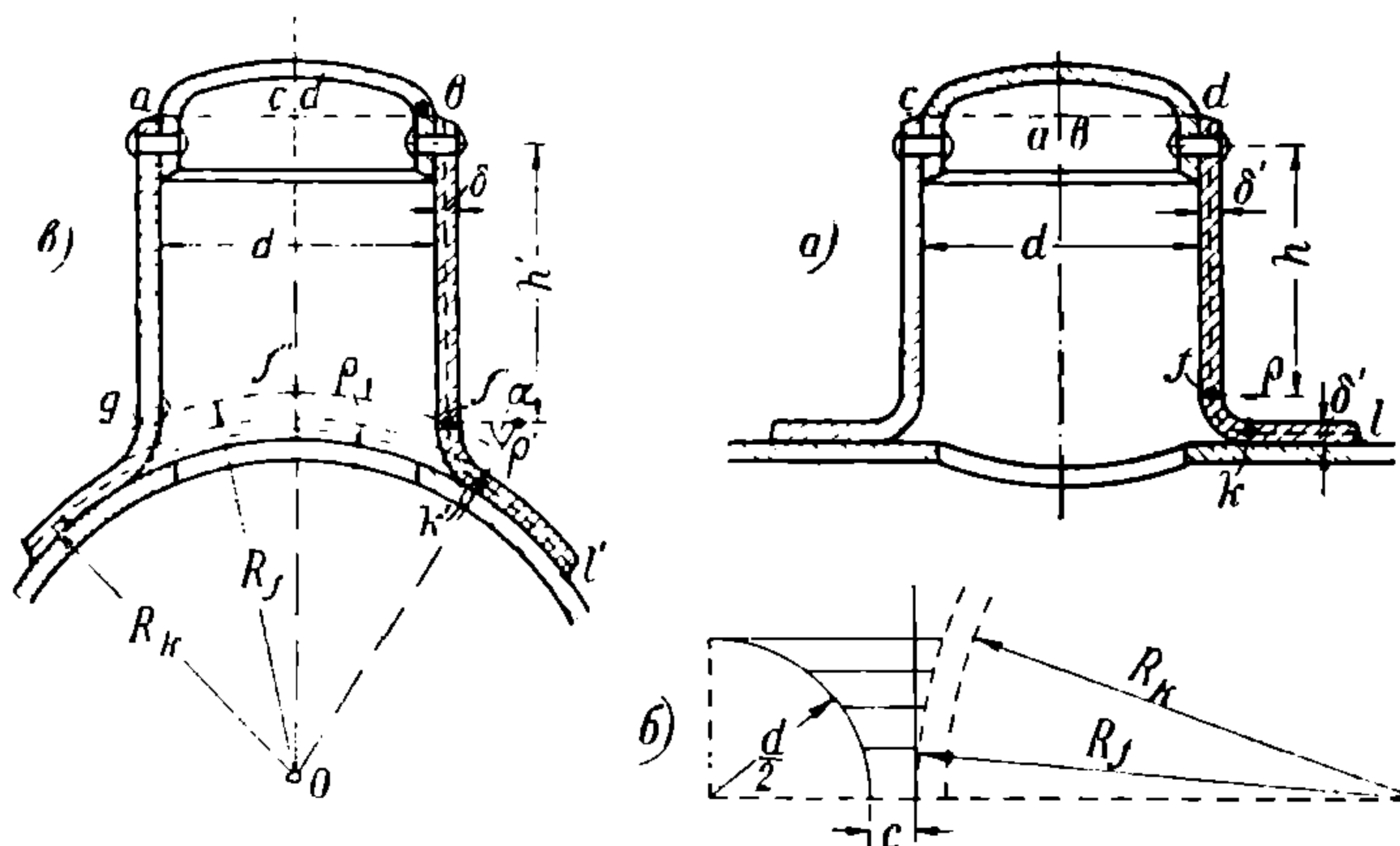


Рис. 342.

Разметка парового колпака. Паровой колпак подвергается разметке дважды: в первый раз под сварку вдоль (или клепку) и под фланцовку и во второй — после фланцовки, под сверловку дыр.

1-я разметка. Пусть мы имеем паровой колпак, изображенный на рис. 342. Если бы колпак опирался кромками своей боковой поверхности

на корпус котла, то его развертку было бы очень легко получить приемом, приведенным выше, как развертку цилиндра, усеченного цилиндрической поверхностью (случай 4, рис. 223, пересечение цилиндров). В нашем случае задача усложняется наличием фланца, имеющего вдобавок в каждом радиальном сечении свой особый радиус отгиба. Для развертки бокового листа парового колпака последний вычерчивают на плазу в натуральную величину в двух вертикальных проекциях и на продольном разрезе (по оси котла фиг. а), отмечают точку f — начало линии отгиба фланца, которую проектируют на другую проекцию, где она расположится в точке f'' . Затем из центра O (фиг. в) радиусом Of'' описывают дугу $gf''f'$, которая явится вертикальной проекцией всей линии начала загиба фланца и может быть принята нами за секущую поверхность. Остается построить известными приемами развертку листа $abf'g$ (по нейтральному слою), принимая за его разметочные высоты h , h' и т. д., т. е. расстояния от центральной линии верхнего поперечного заклепочного шва до секущей поверхности $df''f'$.

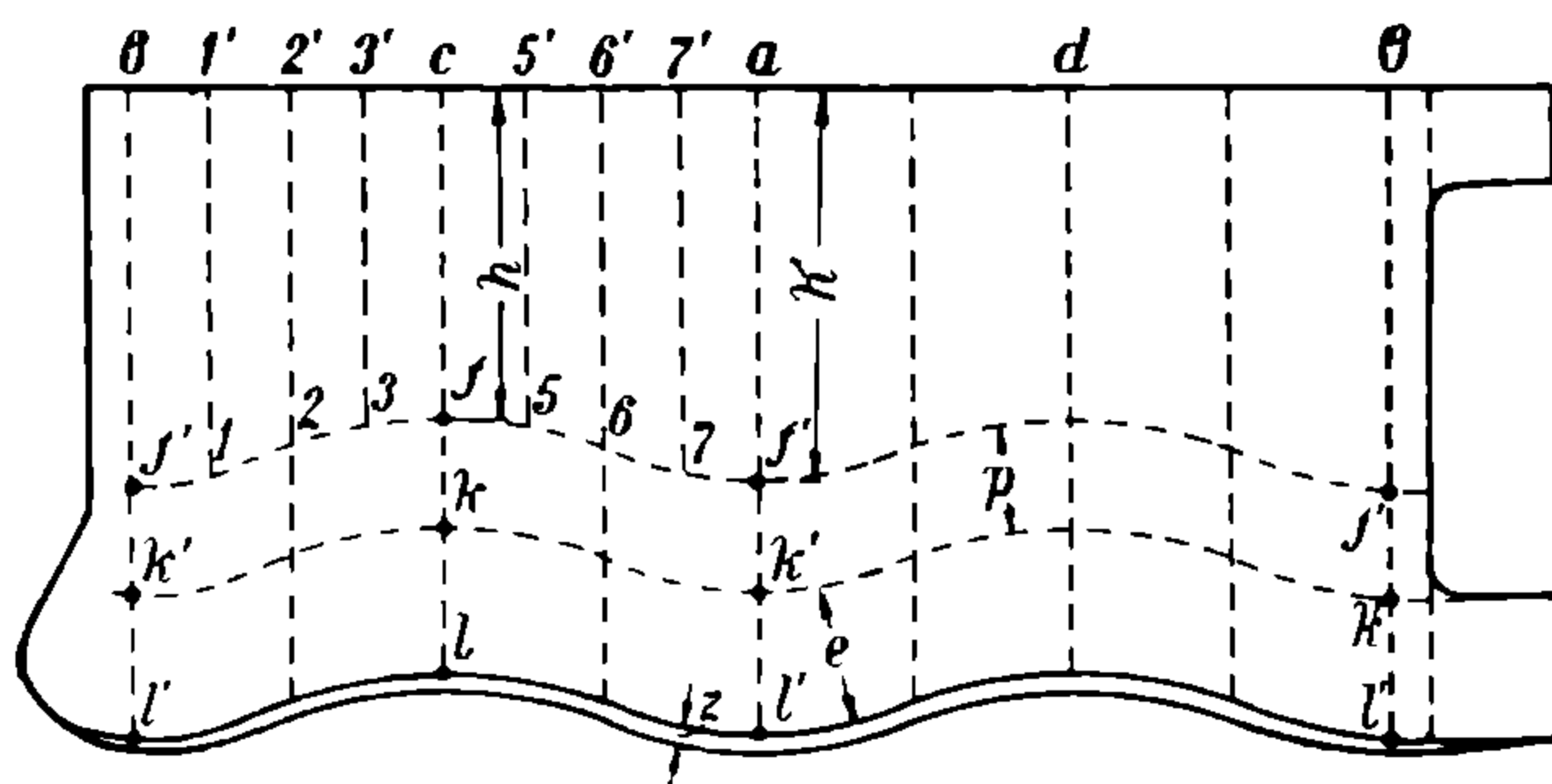


Рис. 343.

Пусть эта развертка изображена на рис. 343. Чтобы получить очертание развернутого листа вместе с фланцем, надо ординаты b , c , a , d , b удлинить на величины дуг загиба в различных сечениях и прибавить ширину фланца, т. е. на $fk + kl$ и $f'k' + k'l'$, где $k'l' = kl$, а величины fk и $f'k'$ — переменные. Для определения последних пришлось бы построить ряд радиальных сечений и совмещать их с вертикальной плоскостью проекций, чтобы измерить эти дуги или их углы α ¹⁾ (фиг. в). На практике этого обычно не делают, так как, с одной стороны, это представляет довольно сложную и кропотливую работу, а с другой — в данном случае не требуется большой точности, так как все равно в виду вытяжки и утонения фланца приходится лист делать по ширине с запасом. Поэтому на практике по большей части ограничиваются тем, что, отложив на соответственных четырех ординатах fk и $f'k'$, соединяют точки k , k' , k' ... плавной кривой, наблюдая лишь за тем, чтобы переход от длины kf к $k'f'$ происходил „на глаз“ постепенно. Этого можно, впрочем, достигнуть и графически; так как при развертке усеченного цилиндра находят обычно еще целый ряд промежуточных образующих, как $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$, $4-4'$ (рис. 343), то ими можно воспользоваться, чтобы получить еще ряд точек искомой кривой очертания нижней кромки листа. Эти точки можно приблизительно наметить, если принять, что нара-

¹⁾ Угол α может быть определен и вычислением, если известен радиус загиба ρ' , в самом деле, $\frac{d + \delta'}{2} + \rho' = \left[\left(\frac{D}{2} + \delta' \right) + \left(\frac{\delta'}{2} + \rho' \right) \right] \cos \alpha$, а дуга его $f'k' = \frac{2\pi\rho'd}{360}$ или может быть взята по номограмме.

стояние дуг загиба от fk до $f'k'$ идет по закону прямой линии.¹⁾ В таком предположении достаточно разность $(h' + f'k') - (h + fk)$ разделить на число делений между ординатами $b k' n c k$ и каждую ординату удлинить на величину

$$\Delta = \frac{(h' + f'k') - (h + fk)}{n}$$

против предыдущей. Таким образом, длины ординат получатся: $bf' + f'k$; $\overline{1-1'} + \Delta$; $\overline{2-2'} + 2\Delta$; $\overline{3-3'} + 3\Delta$; $cf + fk (= 4\Delta)$. Остается еще все ординаты удлинить на $kl + u$, где u — поправка на вытяжку и утонение, включая и обработку кромки под чеканку (берется обычно $u = 15-20$ мм). Соединив все полученные точки плавной кривой, мы получим обработочные очертания листа по кромке развернутого фланца. Обработочные очертания остальных трех сторон листа получатся различными, в зависимости от того, будет ли продольный шов клепаным или сварным. В первом случае (рис. 340с) надо от линий al' , aa и $kk'k'$ — отложить по $1/2$ ширины перекрыши + припуск на обработку z и разметить на al' и aa заклепочные дыры; дыры же на фланце $kk'k'$ не размечаются. Кроме того, необходимо еще нанести на шаблон отверстия для паровых вентилей, если таковые имеются, и показать места лацканов, которые должны быть на поверхности соприкасания боковой поверхности колпака с днищем и фланца колпака с корпусом котла. Если лацканы не оттягиваются, а должны быть состроганы, как это требуется в современном котлостроении, то к длине листа нужно прибавить не менее $1,5 t$ (где t — шаг заклепок) и затем вырезать излишек металла, как показано на рис. 343с (лацканы заштрихованы горизонтальными линиями).

При составлении эскиза для шаблона этого листа, если цилиндр колпака спроектирован клепаным, надо учитывать еще и то обстоятельство, что так как при отгибе фланца материал должен вытягиваться, чему он естественно оказывает сопротивление, то после отгиба фланца оба его конца, как говорят, „утянет“ и в месте заклепочного шва фланец получит вид, изображенный на рис. 344. Во избежание этого явления по концам листа ему дают припуски m , причем размер m , как показывает опыт, достаточно брать шириною от $0,7 e$ до e , где e — ширина перекрыши шва. Лист должен быть свальцован так, чтобы чеканка шва могла производиться справа (рис. 345).

Если продольный шов колпака запроектирован сварным, то обработочная длина листа будет (рис. 340):

$\pi(d + \delta)$ — при сварке ацетиленом

$\pi(d + \delta) + \delta$ — при сварке кузнечным способом.

В этом случае необходимо лишь уширить лист со стороны aa на $1/2$ перекрыши для заклепочного шва с днищем колпака, дыры для которого, однако, на листе не размечают, учитывая неизбежность неточности сварки.

Для загибки листа в цилиндр разметчик дает лекал, неправильно называемый иногда шаблоном, изготавливаемый из обрезков тонкого железа (2—3 мм) или из деревянной планки. Когда же цилиндрическая поверх-

¹⁾ Это не вполне точно, так как в натуре это нарастание идет по дуге круга (рис. 342 б), но практически это значения не имеет, так как основные ординаты построены по этому последнему закону, и вопрос касается лишь незначительных прибавок к ним.

ность парового колпака склепана (или сварена), то разметчик должен дать гибщику еще лекалы для отгиба фланца, которых дается обычно два снимаемых с поперечной и продольной вертикальных проекций колпака.

Примечание Для всех случаев разметки, когда приходится определить длину дуги любого радиуса, соответствующей данному углу, целесообразно построить номограмму, при помощи которой можно длину дуги получать простым измерением циркулем. В случаях, подобных описанному, приходится иметь дело с углами α в пределах от 0 до 90° и с радиусами закругления от 5 до 150 мм. Для этих случаев номограмму можно построить указанным ниже способом, исходя из выведенной

выше зависимости $s = \frac{\alpha 2\pi r}{360}$, где s — длина

искомой дуги, соответствующей углу α при радиусе ее $= r$. Рис. 346 представляет собою эту номограмму из выравненных точек с наклонной шкалой для отчетов углов α .

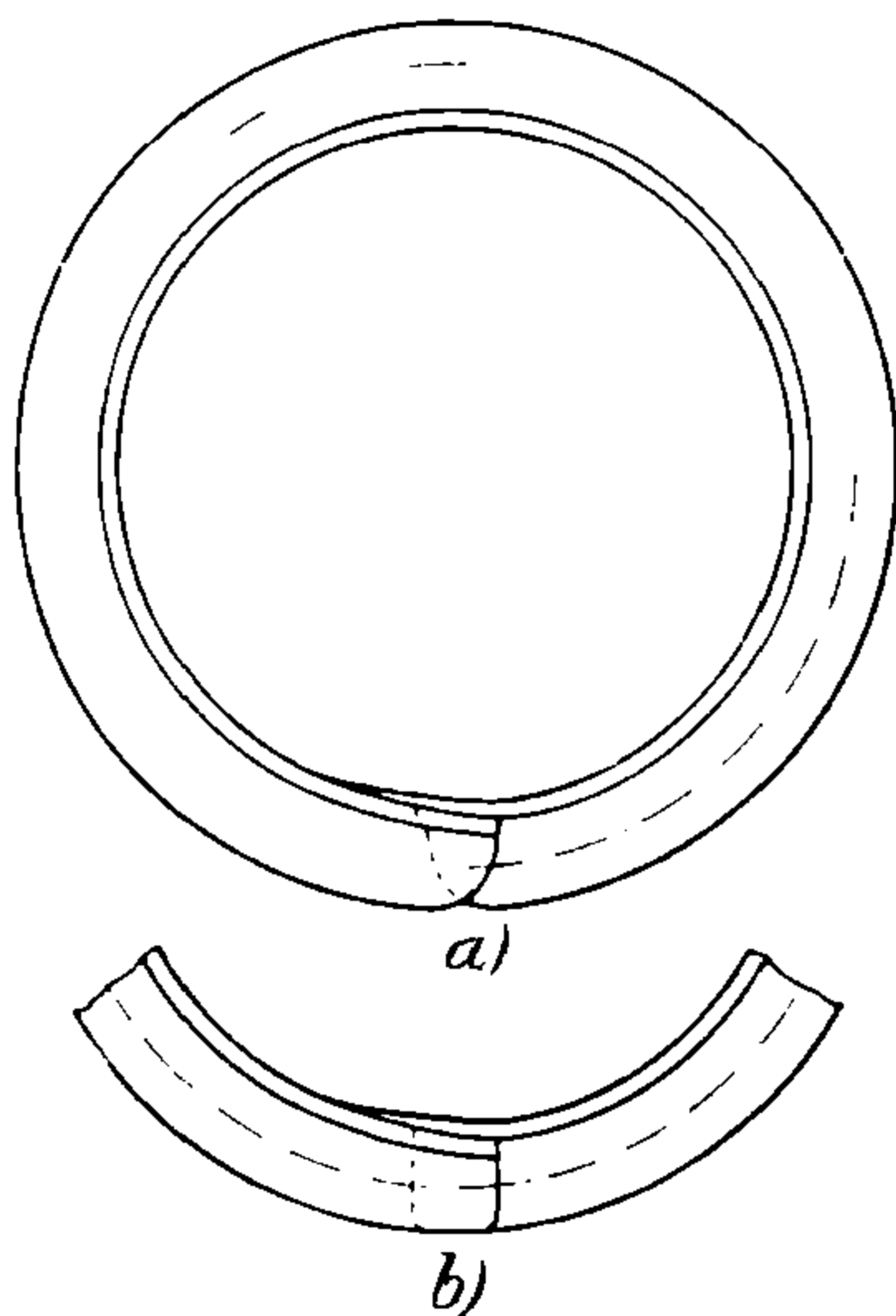
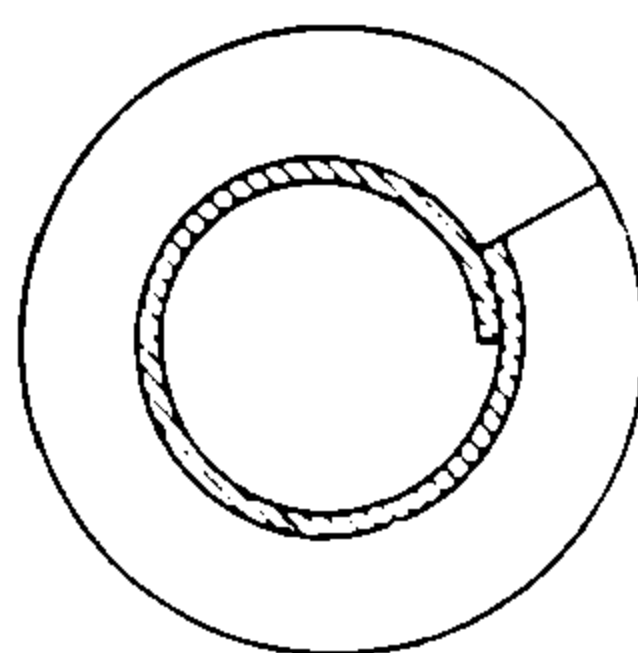
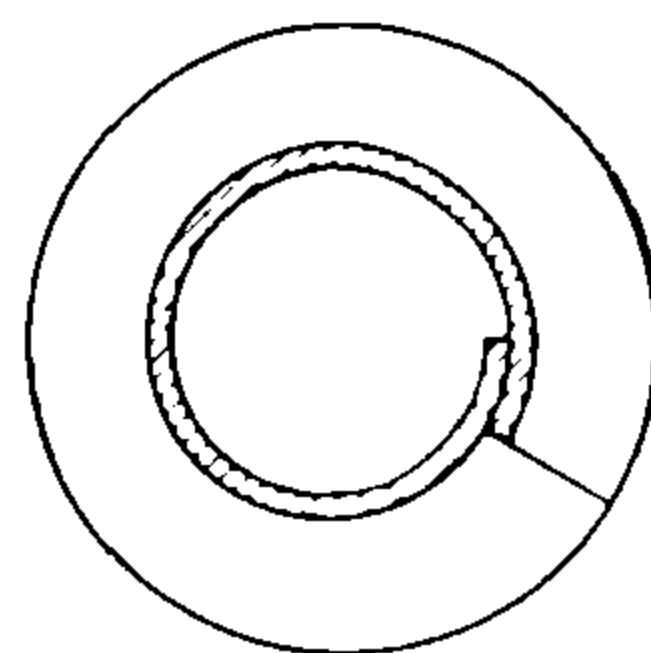


Рис. 344.



Правильно



Неправильно

Рис. 345.

Для построения этой номограммы берут лист бристольского картона или хорошо выправленный лист железа, тонко окрашенный белой масляной краской таких размеров, чтобы на нем мог поместиться чертеж площадью около 1500×400 мм. Затем проводят на нем две параллельных прямых на расстоянии около 375 мм одна от другой, на которые наносят шкалы значений r и s , с нулевыми точками на противоположных концах.

Для нашего случая, как уже указывалось, r колеблется в пределах от 0 до 150 мм, а s , следовательно, от 0 до $\frac{2\pi r}{4} = 75\pi \cong 235$ мм. Для точ-

ности отсчетов следует наносить обе эти шкалы в возможно крупном масштабе, например 1 мм натуре $= 5$ мм на шкале; таким образом шкала значений s будет иметь длину $235 \times 5 \cong$ около 1175 мм, а длина шкалы r составит $150 \times 5 = 750$ мм. Обе шкалы строятся в одинаковых масштабах, но для удобства градуирования наклонной шкалы (шарнира) сдвинутыми одна относительно другой на 90 делений, т. е. таким образом, что если в нулевом делении каждой из них восстановить перпендикуляры, то каждый из последних пересечет другую шкалу на 90-м делении. Таким образом, общая длина чертежа шкал составит около $1175 + (150 - 90) \cdot 5 \cong 1475$ мм.

Положение наклонной шкалы (шарнира) находят, соединив нулевые точки обеих шкал прямой линией.

Для градуирования шарнира поступают следующим образом: сначала из формулы $s = \alpha \frac{2\pi r}{360}$ находят $\alpha = \frac{360}{2\pi r} s$, а затем значение множителя при s приравнивают какому-либо целому числу n , и тогда числовые значения $\angle \alpha$ будут очень просто связаны с числовыми значениями длины дуги, а именно $\alpha = ns$.

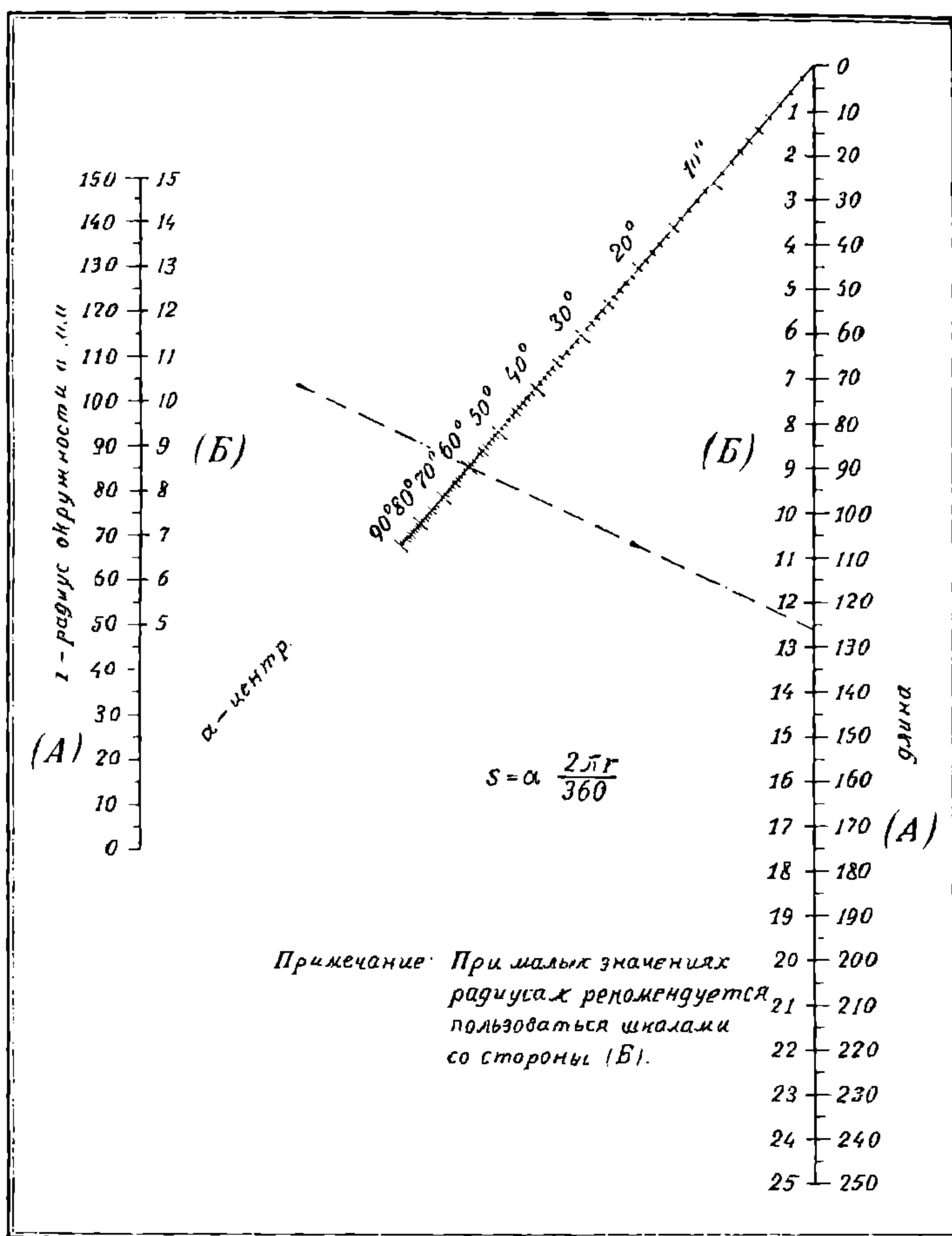


Рис. 346.

Пусть, например, $\frac{360}{2\pi r} = 1$, тогда $\alpha = s$, причем соответствующий радиус дуги r легко определится из этого равенства:

$$r = \frac{360}{2\pi} = 57,3.$$

Если теперь найти на шкале r точку, соответствующую вычисленному значению радиуса $r = 57,3$, и проводить через нее лучи к различным делениям шкалы s , то эти лучи пересекут шарнирную прямую в ряде точек,

которые и будут искомыми делениями шкалы α . В самом деле, согласно условию $\alpha = s$, луч, проведенный, например, через $s = 65$, должен пересечь наклонную шкалу в точке $\alpha = 65$ и т. д.

Градуирование начинают с того, что отыскивают крайнюю точку делений наклонной шкалы, соответствующую $\alpha = 90^\circ$; для этого () 57,3 шкалы r соединяют с 90-м делением шкалы s и точку пересечения соединительной прямой с наклонной шкалой принимают (согласно условию $\alpha = s$) за отметку для $\alpha = 90^\circ$, а затем проводят лучи из () 57,3 шкалы r к вышележащим делениям шкалы s .

Для удобства пользования номограммой рекомендуется наносить деления черточками, проводимыми через точки, полученные описанным выше способом, перпендикулярно к направлению шкалы α (а не по направлению проведенных лучей, которые являются только вспомогательным построением).

Если есть необходимость, можно сделать шкалы r и s двойными (двухсторонними), располагая на одной стороне шкалы деления, например в миллиметрах, а на другой — например в дюймах. При этом необходимо только внимательно следить за тем, чтобы деления дюймов не были приняты за миллиметры или наоборот. На номограмме рис. 346 применимы двойные шкалы (миллиметровые), с десятикратными масштабами каждая, для более удобного пользования номограммой в области 10—15 делений, дающей слишком острые (затрудняющие правильные отсчеты) пересечения с шарнирной шкалой α .

Например, при $r = 10$ и $\alpha = 10^\circ$ отсчет деления $s = 1,75$ на нормальной шкале крайне затруднителен, тогда как при пользовании внутренними десятикратными шкалами отсчет этот не представляет никаких затруднений.

Если, например, дан радиус искомой дуги $r = 120$ мм и угол $\alpha = 60^\circ$, то, соединяя прямой соответствующие точки шкал для r и α и продолжив эту прямую до пересечения со шкалой для s , находим $s = 126$ мм.

2-я разметка. Наконец, после фланцовки колпак вновь попадает в руки разметчика для нанесения на фланец заклепочных отверстий.

Эта вторичная разметка делается на плите, причем колпак устанавливается на ней фланцем кверху и притом так, чтобы центровая линия поперечного шва (с днищем) отстояла по всей своей длине на одинаковом расстоянии от плиты, что проверяется вертикальным рейсмасом. Разметка начинается с нанесения продольной осевой линии фланца; для этого в отверстие фланца (колпака) забивают дощечку, выверяют ее по ватерпасу и на ней находят центр отверстия. Затем, отыскав наименьшие образующие на цилиндрической поверхности, протягивают шнур a (рис. 347), а с фланца опускают два отвеса b, b ; отметив на кромке фланца две точки c, c , отвечающие положению шнура a (лежащие с ним в одной вертикальной плоскости), проводят через них и через центр O (на дощечке) по линейке линию cc поперек фланца. Из центра O при помощи угольника наносят на фланец линию dd , перпендикулярную cc . Остается очертить линии k и k' — центровые линии заклепочного шва фланца — и нанести деления. Линии k и k' наносятся из центра O штангенциркулем, а расстояния Ok и Ok' берутся с чертежа на плазу. При серийном производстве разметка дыр на фланце наносится наметкой через специальный кольцевой шаблон, сделанный из тонкого листового железа, накладываемого на фланец таким образом, чтобы нанесенная на него базисная линия cc совпадала с такой же линией cc на фланце. В этом случае могут быть предварительно

размечены и просверлены все дыры как на корпусе котла, так и на фланце колпака. При индивидуальном же производстве на корпусе намечают лишь 4 сборочных дыры на взаимно перпендикулярных диаметрах отверстия для колпака, а остальные просверливаются через дыры на фланце колпака, предварительно размеченные и просверленные.

Как видно из изложенного, для удобства разметки фланца весьма важно, чтобы число делений по окружности колпака было кратным 4.

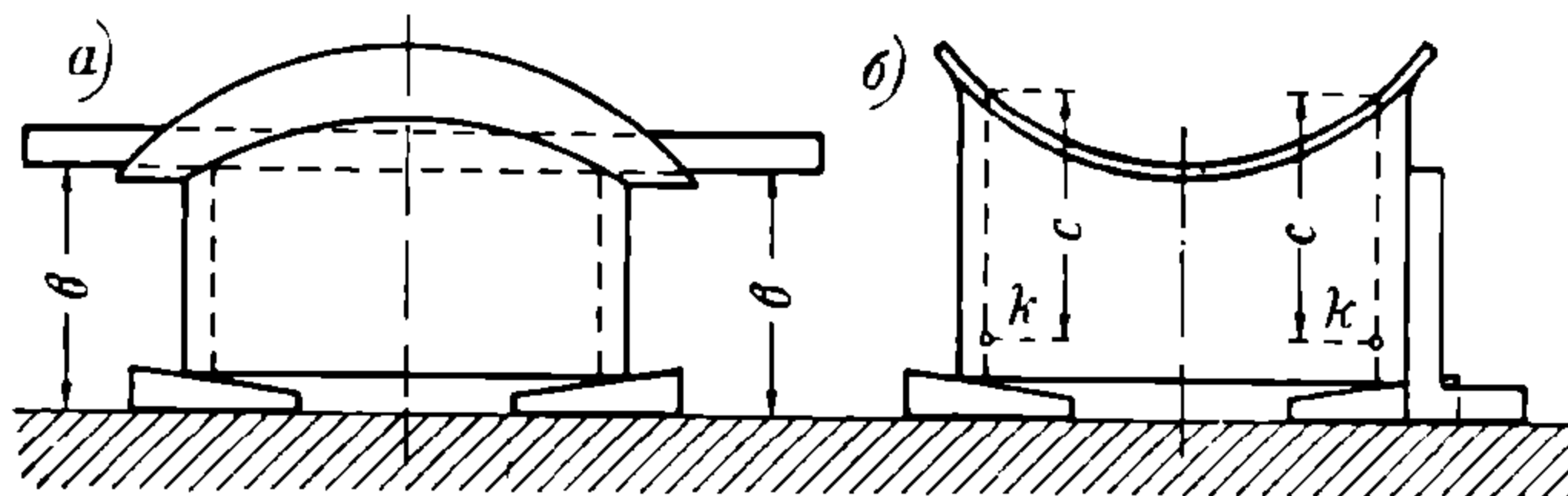


Рис. 347.

§ 29. РАЗМЕТКА ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОГО ИЗГИБА.

Ступенчатый фланец двугранного угла. Рассмотрим разметку для отгибания фланцев на полях двугранного угла, где возможны два случая:

а) отгиб двух фланцев у плоского листа в разные стороны;

б) отгиб фланца у лобового и ухватного листов призматической камеры паровозного котла.

Рассмотрим способ разметки в этих двух случаях.

а) *Разметка фланцев у плоского листа.* На рис. 348а изображены проекции листа с отогнутыми бортами — одним внутрь, а другим — наружу.

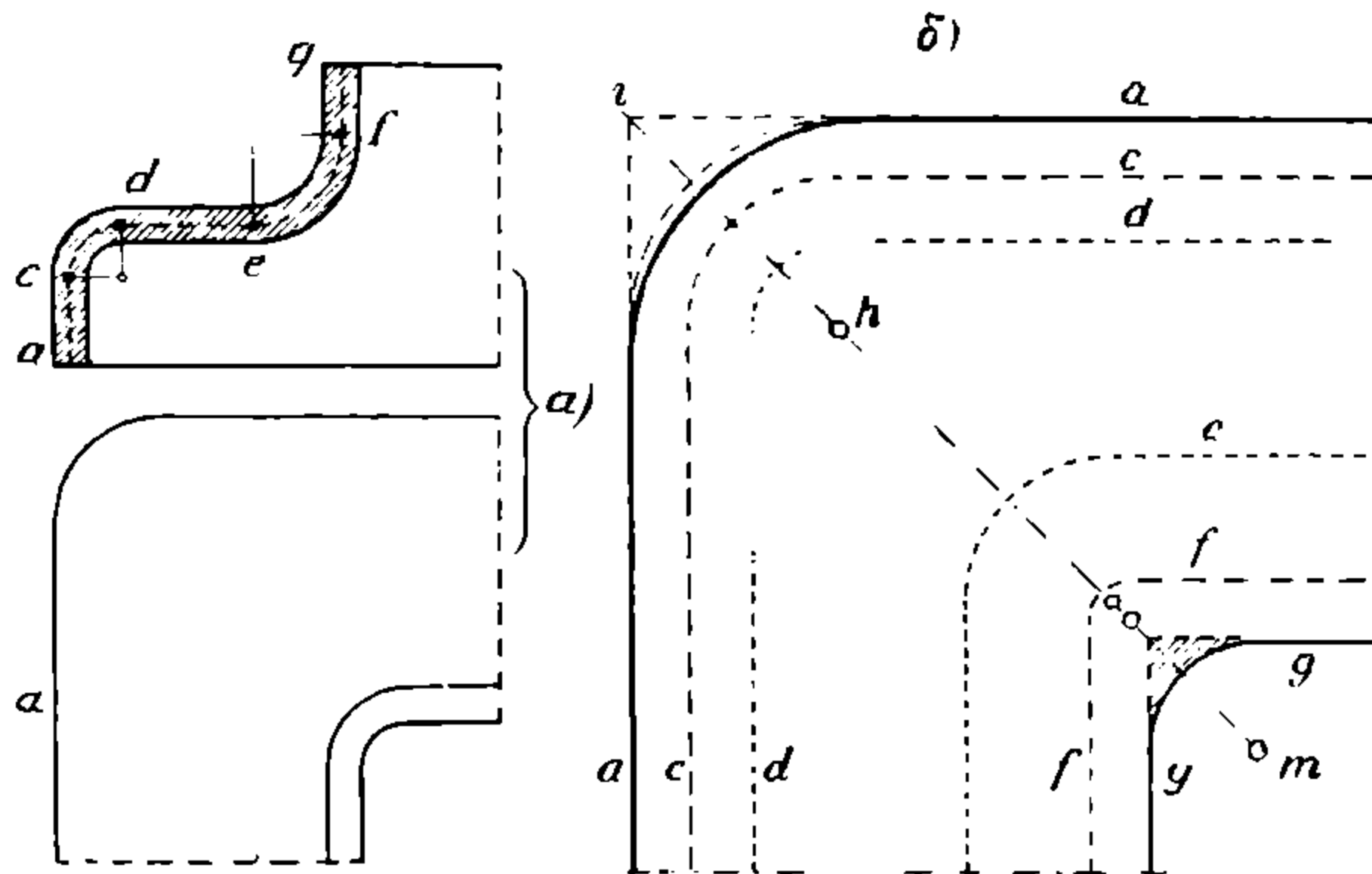


Рис. 348.

От кромок a и a листа (фиг. б) на расстоянии, равном ширине наружного фланца до линии загиба, проводят взаимно перпендикулярные линии c . Затем на расстоянии от линии c , равном длине дуги загиба (\widehat{cd}), проводят линии d и d и далее, откладывая ширину части листа de , остающуюся плоской, длину дуги загиба ef и ширину внутреннего фланца fg , проводят линии e , f и g . Обе линии d сопрягают

четвертую окружности радиуса, взятого с плана листа в загнутом виде (рис. 348а) и из центра h этой дуги описывают сопрягающие дуги c и d . Точно так же сопрягают линии a и a . Для сопряжения же линий f и g откладывают по биссектрисе im от дуги e величину \widehat{ef} и подбирают центр, а также величину \widehat{eg} и подбирают центр m , из каковых центров и описывают сопрягающие дуги f и g . Таким образом получается очертание

угла на листе; однако, если фланцевать лист такого фасона, то после фланцевки он примет вид, изображенный на рис. 312, т. е. с меньшей шириной на внутреннем фланце и с большей — на наружном.

Поэтому в полученные размеры листа надлежит внести поправки, которые при ручной работе точно установить невозможно, а при штамповке можно приблизительно подсчитать следующим образом. Если объем листа до штамповки, показанный на рис. 349а штриховкою слева направо, обозначим через v_0 , а объем листа после штамповки, показанный штриховкою крест на крест (меньший), обозначим через v , то разность $v_0 - v = t$ выразит излишек материала, который следует удалить, чтобы получить ширину фланца в углу одинаковой с показанной на чертеже. Практически это сводится к срезыванию лунки на углу листа (рис. 349в и 348б), радиус очертания которой может быть найден указанным ниже способом. Пусть радиус закругления листа, полученный, как указано выше, будет r ; требуется определить, насколько радиус лунки должен быть больше r , чтобы объем лунки получился равным t или при толщине листа δ площадь лунки была бы $\frac{t}{\delta}$. Обозначим искомую величину через x . Тогда площадь

$$O'abcd = \frac{\pi r^2}{4} + 2rx + x^2,$$

а площадь

$$O'ab'c'd = \frac{\pi (r+x)^2}{4}$$

и следовательно должно получиться равенство

$$\left[\frac{\pi r^2}{4} + 2rx + x^2 \right] - \frac{\pi (r+x)^2}{4} = \frac{t}{\delta},$$

откуда после приведения и подстановки вместо π его числового выражения найдем

$$x = -r + \sqrt{r^2 + 4,66 \frac{t}{\delta}}$$

Описав из центра O' дугу радиусом $r+x$, найдем искомую лунку $abcdc'b'a$ (рис. 349в).

Однако, в виду отсутствия наблюдений над явлениями, происходящими при штамповке, следует ради осторожности, чтобы не получить брака, принимать вместо t лишь $0,9 t'$

Что касается внутреннего угла, то здесь, вследствие вытяжки, произойдет утонение железа на фланце по сравнению с толщиной листа и уменьшение ширины фланца, почему поправка должна быть здесь обратной, т. е. в сторону придачи к полученной выкройке некоторого излишка материала. Согласно американской практике прибавка эта получается, если

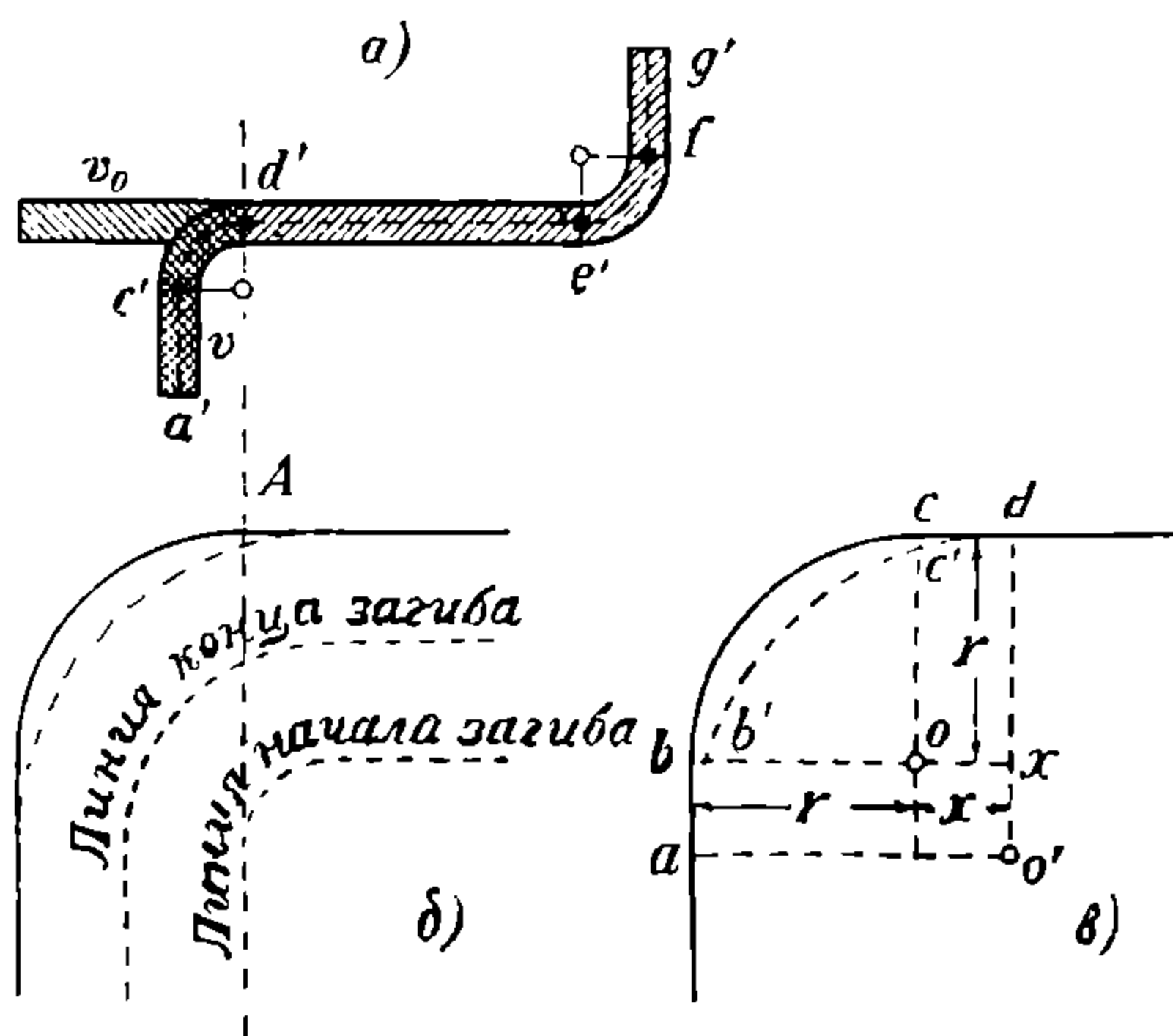


Рис. 349.

линии g и g (рис. 348b) сопрячь дугою круга с радиусом $r = 2,2b$, где b — ширина фланца.

б) *Разметка лобового листа*. На рис. 350 изображен лобовой лист (или трубная решетка топки) паровозного (или локомотивного) котла, а на рис. 351 (а и б) — его развертка, получаемая следующим образом.

Проведя на размечаемом листе осевую xx (рис. 350), строят плоскую часть листа $1-2-3-4$, т. е. проводят линии начала загиба фланцев c . От них откладывают длины дуг загиба cb (рис. 350) и ширину бокового

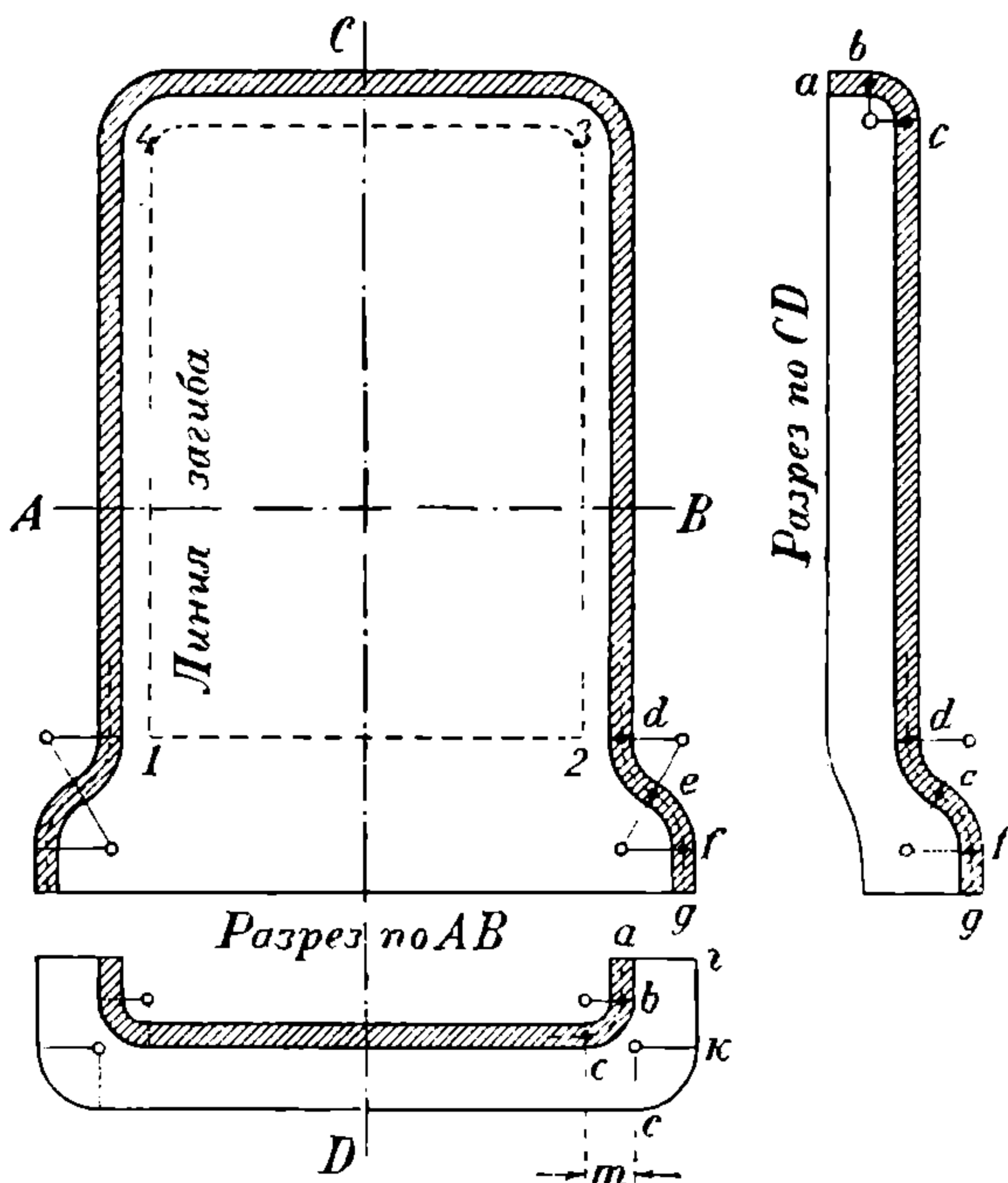


Рис. 350.

и верхнего фланцев ba (линии a и b) и в углах делают, как было указано раньше, поправки на усадку. Таким образом получилось бы очертание развертки листа, если бы он был обыкновенным образом отфланцован с трех сторон, но так как у него должен быть отогнут внизу еще ступенчатый фланец, то для этого в нижней части листа материала нехватило бы и лист должен быть уширен. Для получения развертки нижнего (ступенчатого) фланца поступают так (рис. 351): вниз по осевой xx от линии начала отгиба d , ограничивающей снизу плоскую часть листа, откладывают длину кривой загиба df и ширину нижнего фланца fg (определяемые уже известными способами), и получают таким

образом линию \bar{g} — очертание нижней кромки листа. Далее, чтобы получить развертку фланца в углах, откладывают от линии загиба c расстояние m (рис. 351) от плоской части листа до начала загиба боковой части нижнего фланца и проводят $\bar{c}' \parallel \bar{c}$. Отложив затем длину дуги загиба $c'k'$ (см. рис. 351б, горизонтальная проекция угла) и ширину (длину) нижнего бокового фланца $k'i$, получают $(\) i'$, через которую проводят вторую параллель к \bar{c} . Линия i' является таким образом расчетной границей развернутого угла фланца. Эту линию надо связать плавным переходом с кромкой листа a . Для этого проводим из точки O биссектрису угла между линиями \bar{k}' и \bar{f} и на продолжении Oj подбираем центр O' , на которого описываем дугу, касательную к прямой \bar{a} . Затем на $\bar{OO'}$ находим точку O'' , из которой может быть описана дуга, касательная к только что очерченной дуге и к линии i' . Таким образом получаем боковое очертание листа. Нижнее очертание получится, если, как показывает опыт, провести \bar{l} , параллельную нижней кромке g на расстоянии от нее $= \frac{1}{2} k'i'$ и, найдя на \bar{a} центр O'' , сопрячь дугою круга линии

l и \bar{i}' . Остается подыскать центр, из которого можно было бы очертить радиусом $R = O'a'$ дугу, касательную к \bar{g} и к только что описанной из центра O''' дуге. Этим и заканчивается построение развертки данного листа.

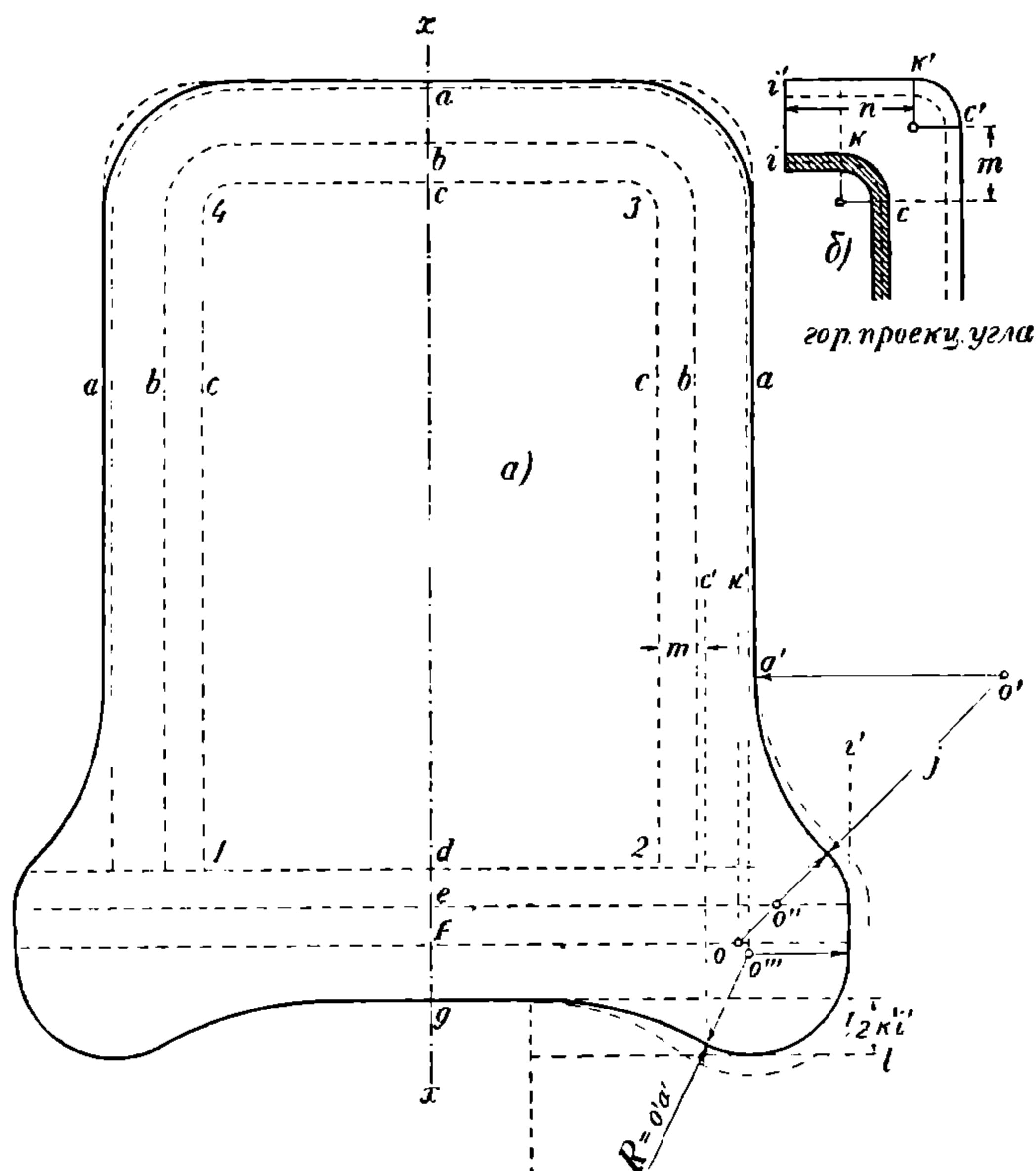


Рис. 351.

В виду того, что явления вытяжки и усадки при фланцевании совершенно не изучены, следует при ручной работе ради осторожности оставлять вокруг очертания угла небольшой запас шириной 15—30 мм, как указано на чертеже пунктиром. При штамповке на прессе по готовности первого же листа нужно выяснить и внести в разметочные размеры поправки, которые фактически требуются. После штамповки второго листа поправки эти окончательно уточняют и оставляют только небольшой припуск на обработку кромок.

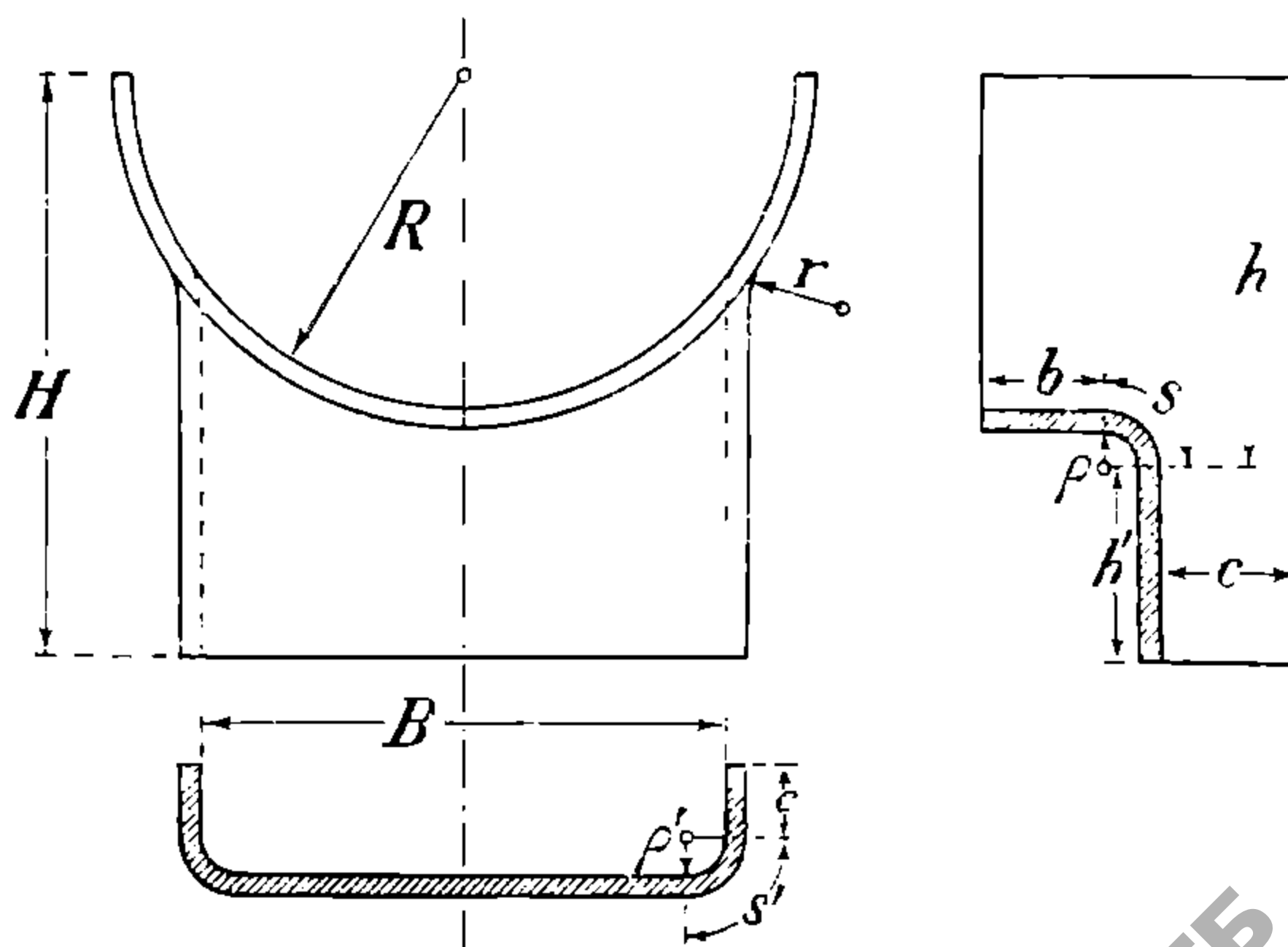


Рис. 352

Разметка ухватного листа. К довольно сложным случаям разметки относится разметка ухватного листа паровозного или локомотивного котла. В таких случаях также весьма полезно вычерчивать этот лист во фланцованном виде (рис. 352) в натуральную величину в трех проекциях и с него брать размеры для нанесения на размечаемый лист.

Разметка листа начинается, по обыкновению, с проведения осевой линии $x-x'$ (рис. 353). Так как при обработке ухватного листа сначала отгибают прямой фланец (при ручной работе), а затем уже круговой, то высота листа H (рис. 352) остается без изменений; нанесем ее на линию xx' . Линия aa' будет ограничивать нижний край развертки, а $\overline{bb'}$ — ее верхний

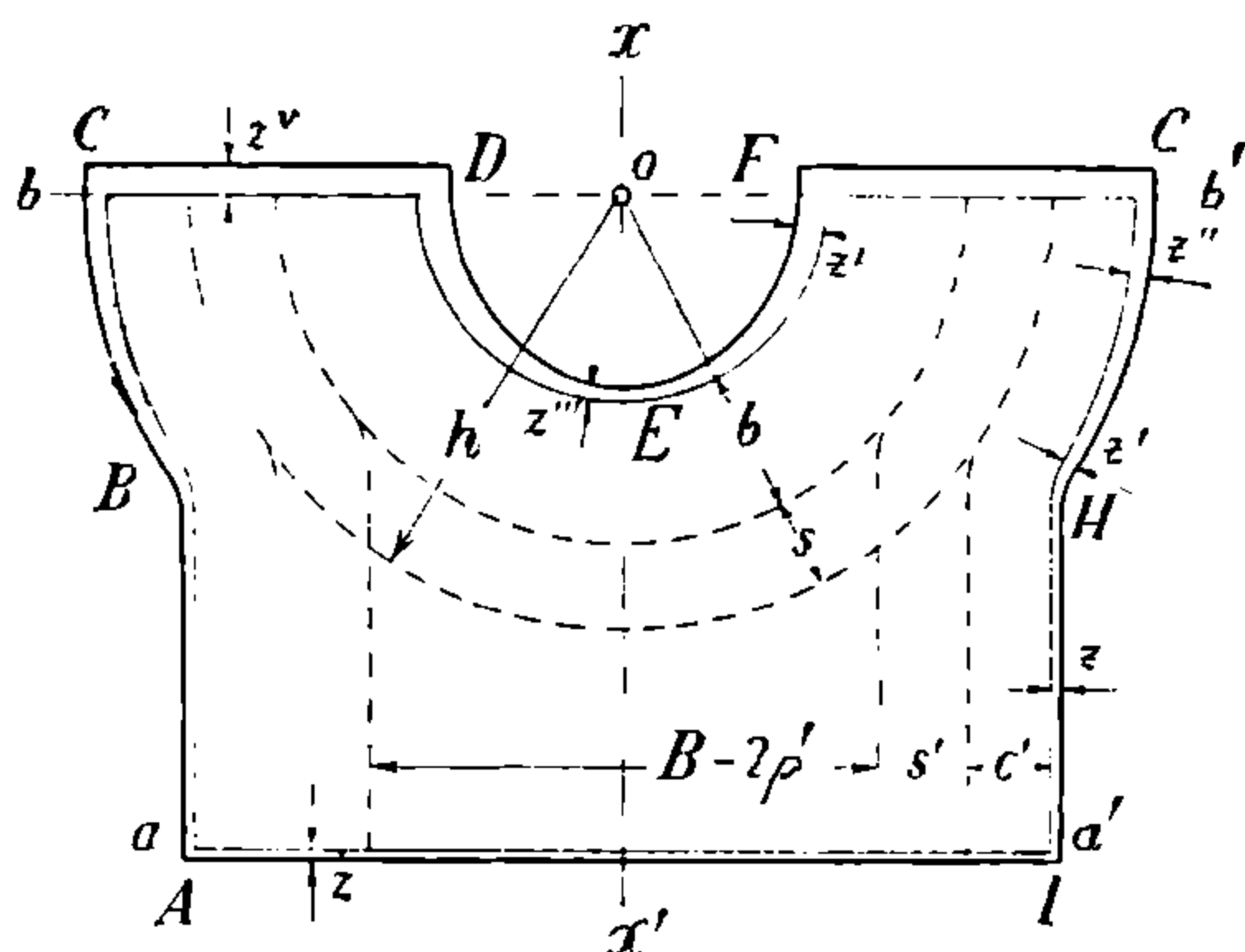


Рис. 353.

край. На линии $\overline{aa'}$ отложим ширину плоской части листа ($B-2\rho'$) (рис. 352); тогда проведенные через полученные точки две линии, параллельные xx' , будут представлять собою линии начала отгиба прямых фланцев. Если теперь от этих линий отложить s' и c' , взятые с горизонтальной проекции листа (s и c), и провести параллели к оси xx' , то получим очертание нижних боковых частей листа. Затем из точки O радиусом $h=R+\delta+\rho$ (рис. 352, справа) очерчиваем полуокружность, которая представит собою линию

начала отгиба кругового фланца. От точек пересечения этой полуокружности с $\overline{bb'}$ отложим в обе стороны ширину бокового фланца c' (взятую с рис. 352) и из O описываем дуги, которые дадут боковое очертание верхней части размечаемого листа. От полуокружности радиуса h нужно отложить к центру длину дуги отгиба s и ширину кругового фланца b (рис. 352 и 353), чтобы получить радиус очертания выреза в верхней части ухватного листа. Таким образом получается так называемое теоретическое очертание выкройки ухватного листа. В него надо внести еще ряд поправок, которые подсчитаны быть не могут и берутся на различных заводах различными. При внимательной работе можно принимать следующие поправки:

- а) на обработку нижней и боковой кромок прямого фланца .
- б) на вытяжку прямого фланца в местах перехода его в наружный круговой
- в) на вытяжку наружного кругового фланца
- г) на вытяжку внутреннего кругового фланца у середины
- д) то же — у концов
- е) то же — у верхнего края листа

$$z = 5 - 8 \text{ мм};$$

$$z^I = 10 - 15$$

$$z^{II} = 15 - 20$$

$$z^{III} = 12 - 15$$

$$z^{IV} = 25 - 30$$

$$z^V = 30 - 35$$

Таким образом линия $ABCDEFGHIJA$ (рис. 353) представляет собою очертание выкройки листа.

Разметка сифона Никольсона. На рис. 354 изображен так называемый сифон Никольсона, которым часто снабжаются топки американских паровозов, а на рис. 355 (а и б) его проекция и развертка. Нижний конец сифона пригоняется к трубной решетке огневой камеры котла и сваривается с нею. Такой сифон изготавливается обыкновенно из железа толщиной в 10 мм, причем он вырезается из листа, в нем проделываются отверстия для распорных болтов и наконечнику придают окончательную форму на гидравлическом прессе. После оформления у сифона отгибают фланец b и шов c сваривается газом или электричеством. На рис. 355б показана развертка сифона, причем на этом рисунке размеры нижней его части взяты в несколько большем масштабе, чтобы яснее показать, как размечаются сечения сифона в местах ww , xx и yy (рис. 355а).

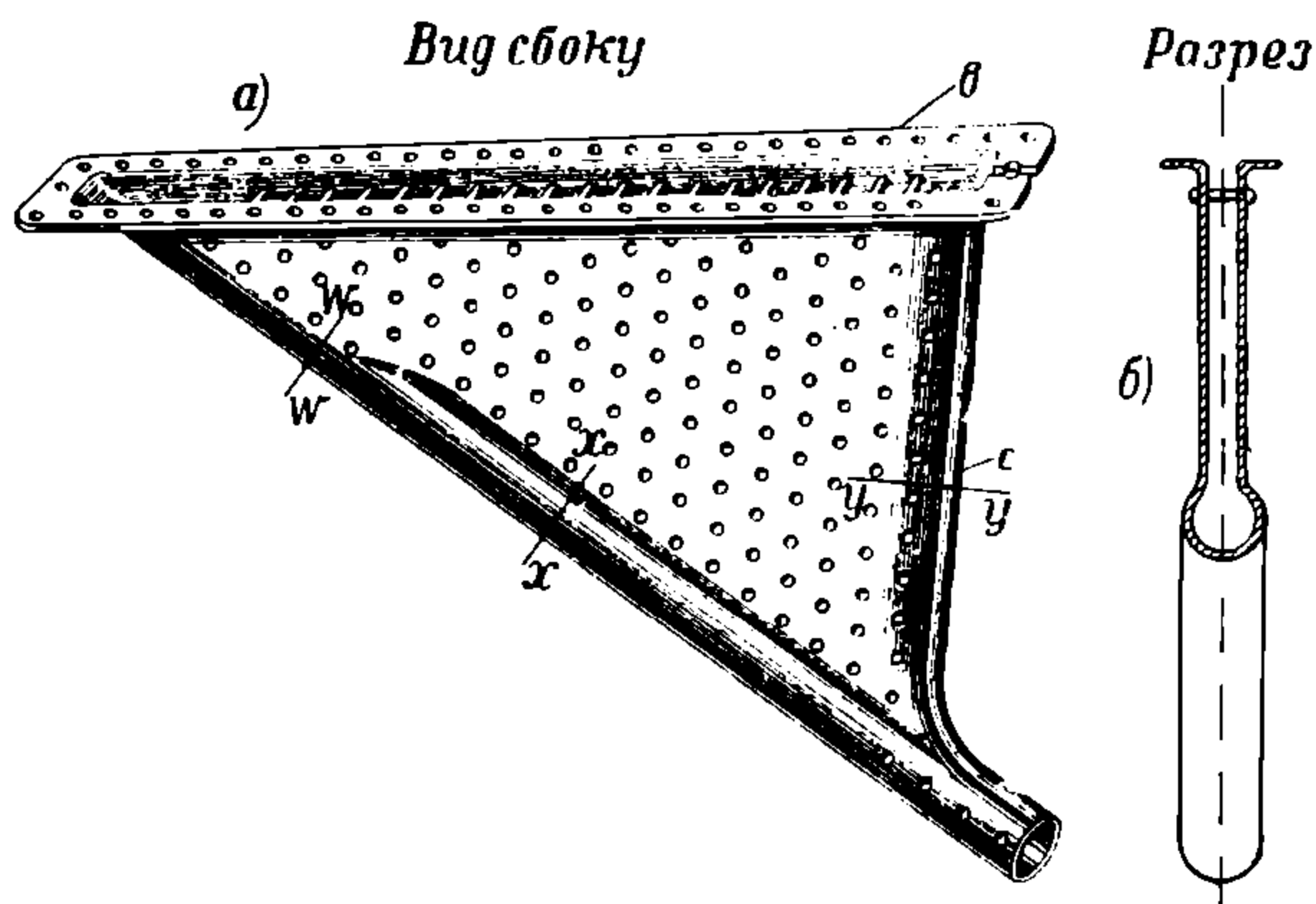


Рис. 354.

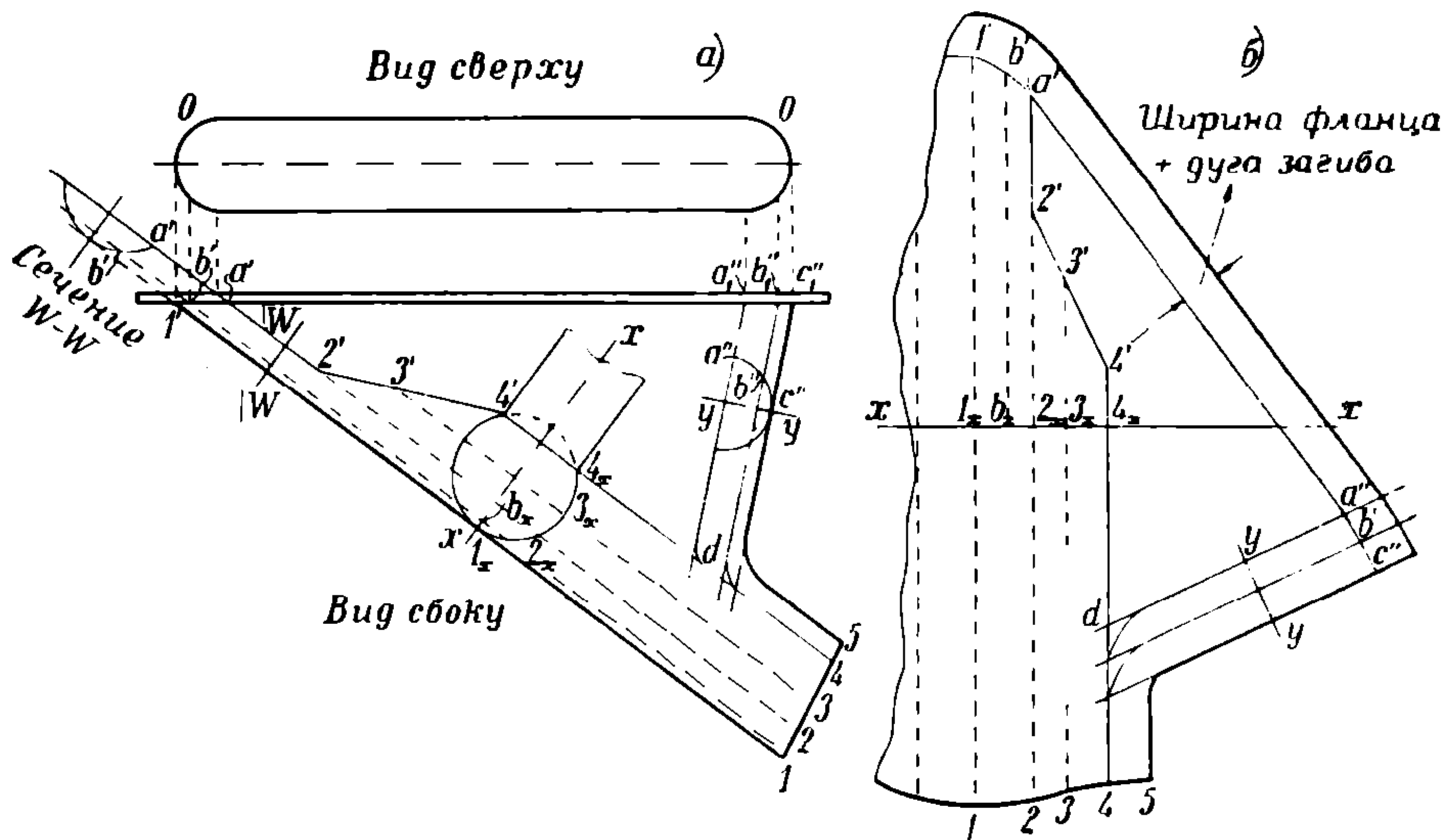


Рис. 355.

Несмотря на то, что сифон имеет весьма сложную форму, он изготавливается обыкновенно из одного листа; поэтому разметка его может быть получена только приближенной, с соблюдением лишь главных размеров, однако с учетом перехода круглых сечений $O—O$ и $I—5$ в эллиптические ww и xx .

Разметка сифона Никольсона производится следующим образом. Вычерчивают боковой вид и вид сверху в натуральную величину (рис. 355а) по нейтральным линиям.

Так как в плане очертания устья сифона представляют собой полу-круги O , O , то как сечение $\omega\omega$, так и всякое другое до точки $4'$ должно быть эллиптическим (построение сечения $\omega\omega$ показано на рис. 355а слева). Начиная от точки $4'$ и до линии $1-5$ сечения будут круглыми с диаметром, который должен быть указан на чертеже (обычно наружный $\varnothing 7'' = 178$ мм). Через точку $4'$ описывают круг этого диаметра (сечение xx), делят его на равное число частей и через точки делений проводят образующие нижнего цилиндрического канала сифона, продолжая их до проекции сечения $\omega\omega$. Подобным же образом находят образующие и цилиндра с правой стороны сифона.

Проводят на железе оси $1'-1$ и $x-x$ (рис. 355б), причем длины $1'-1$ и $1-1_x$ берут с бокового вида, где они изображены в натуральную величину; по оси xx откладывают длину дуги 1_x-4_x и делят ее на то же число частей, как на боковом виде (рис. 355). В найденных точках восстанавливают перпендикуляры, длины которых берут из вертикальной проекции от оси xx в обе стороны. Таким образом получают точки $1, 2, 3, 4, 5$ и $1', b', a', 2', 3', 4'$, которые соединяют между собою. К ломаной линии $a'-2'-3'-4'-4_x-4$ пристраивают фигуру $a'-2'-4'-d-a''-a'$, беря ее размеры с бокового вида, на который она проектируется в натуральную величину, а к линии da'' — развертку $1/4$ цилиндра по сечению uu (фиг. 355а).

На чертеже показана разметка половины сифона, и соответственные линии разметки и вертикальной проекции обозначены одними и теми же буквами.

§ 30. РАЗМЕТКА КОЛЕН ТРУБОПРОВОДОВ.

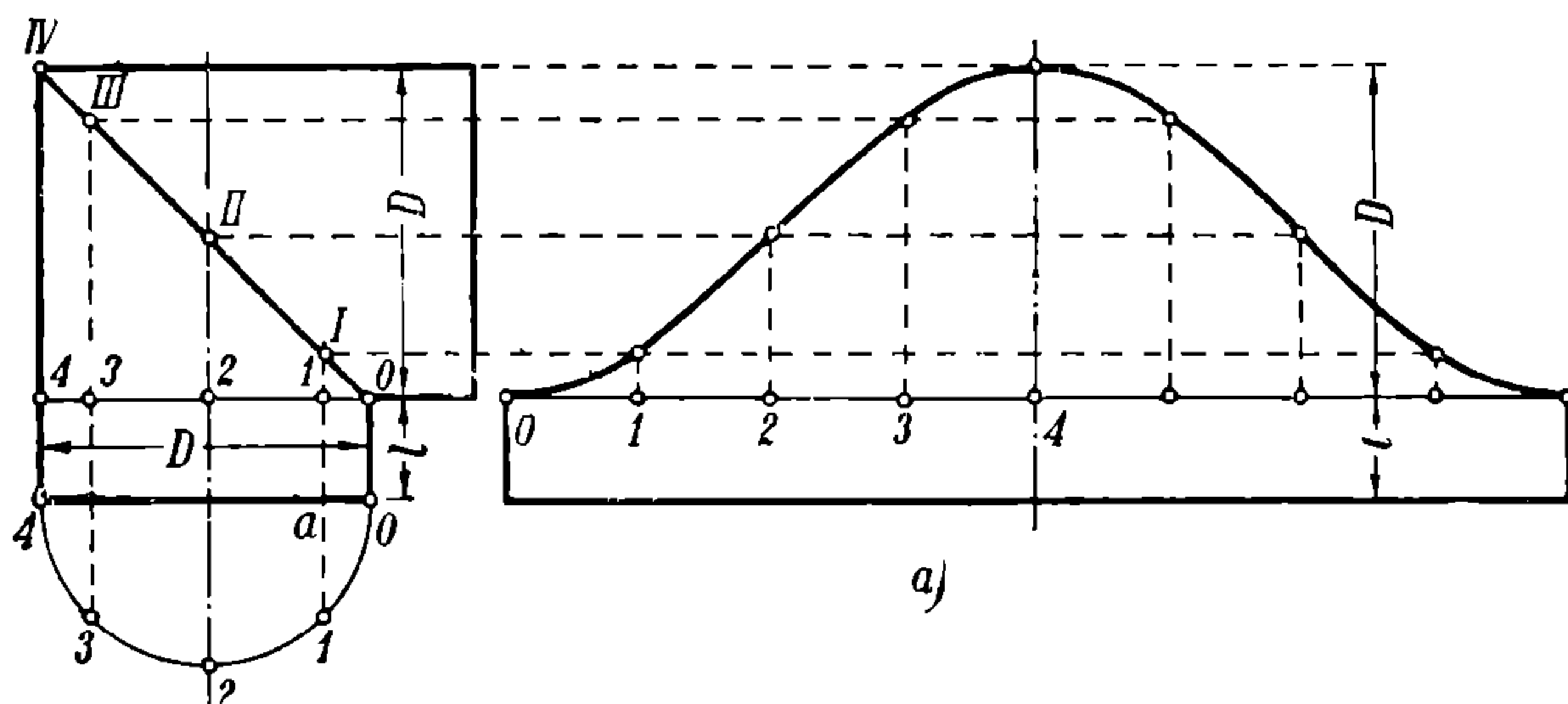
Разметка простых колен в 90° . Разметка простых колен, составленных из двух труб одинаковых сечений, соединенных друг с другом под прямым углом (90°) и лежащих своими осями в одной плоскости (для сварных колен), не представляет никаких трудностей и сводится к развертке прямых круговых или эллиптических цилиндров, усеченных наклонною плоскостью (рис. 356а). Построение разверток видно из рисунка и не требует пояснений.

Разметка же клепаных колец гораздо сложнее, так как приходится учитывать соединительные заклепочные швы, которые могут быть запроектированы внапуск или встык. В последнем случае (рис. 356б) разметка самых звеньев колен отличается от случая сварного колена только тем, что к полученным очертаниям развертки колена надо пристроить „параллельные“ очертания $1/2$ перекрыш заклепочных швов. Кроме того, надо разметить еще и стыковую накладку.

Соединения звеньев между собою внапуск гораздо сложнее, и в этом случае делают звенья коническими (с одинаковыми средними диаметрами), с припуском на фланцевку и на перекрышку шва.

Разметка простых колен под тупым углом. На рис. 357 показано колено из двух труб одинаковых сечений, лежащих своими осями в одной плоскости и соединенных друг с другом сваркою под тупым углом α . Развертка их также очень проста и сводится к развертке усечен-

ных прямых цилиндров. Кривая ABC строится обычным способом по точкам, причем ее стрелка равна b (рис. 357б).



Разметка сварного колена в 90° , состоящего из четырех звеньев. Разметка прямоугольного сварного колена, состоящего из нескольких, например, четырех звеньев (рис. 358), производится следующим образом: из фиг. д видно, что длина нижнего звена колена простирается на угол: $90 : 6 = 15^\circ$, который и отложен на фиг. а. (Если бы колено состояло из 6 звеньев, то этот угол составлял бы 9° .) Проведем две взаимно перпендикулярных линии AB и BC (фиг. а) и на последней отложим в натуральную величину отрезок \overline{BD} , равный радиусу r окружности, вписанной в очертание колена (фиг. д).

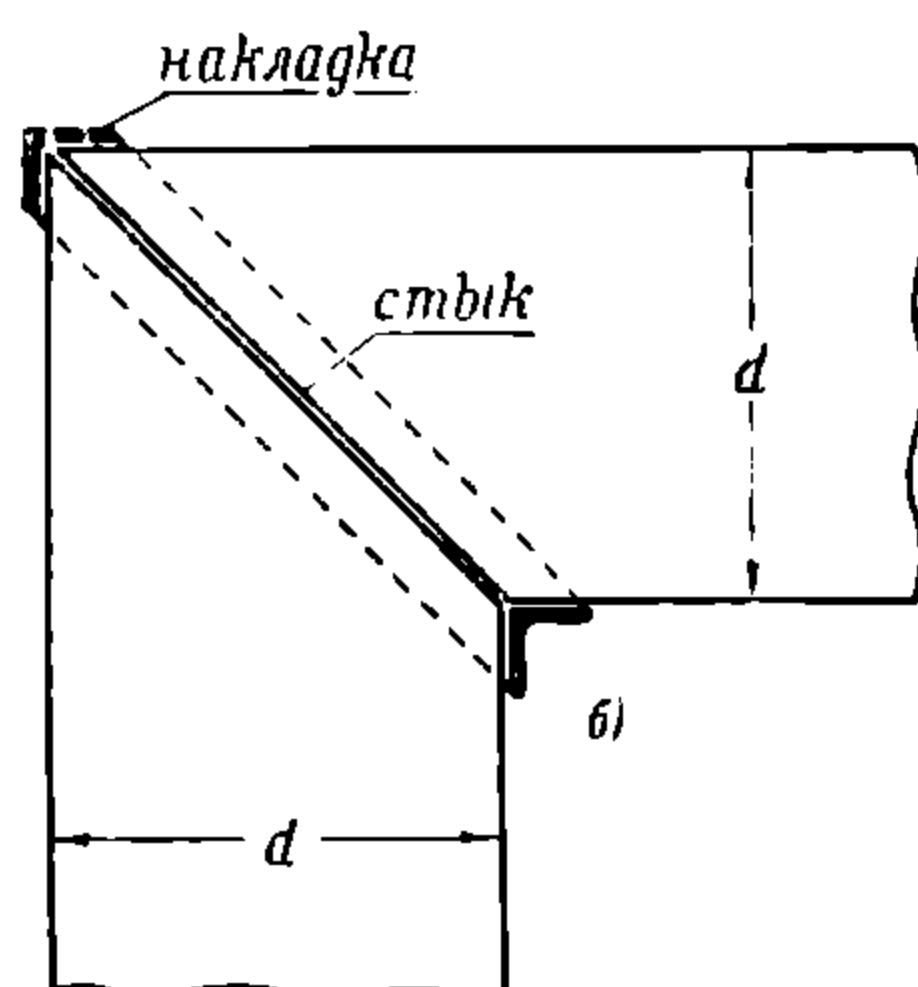


Рис. 356.

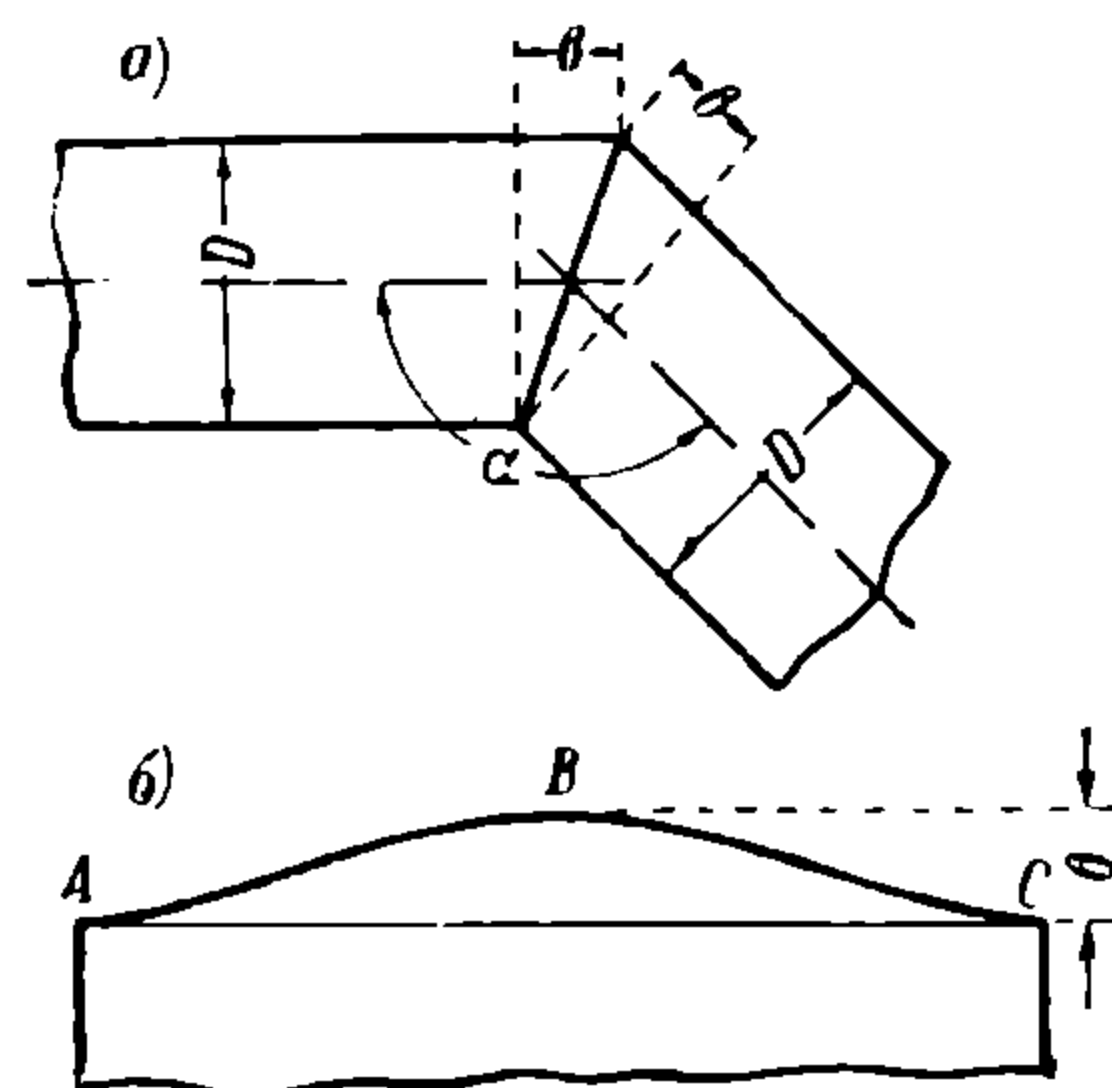


Рис. 357.

отрезок JH , взяв его размер из фиг. а, и соединим точки E и H линией.

Восстановим затем в () D перпендикуляр DE (фиг. а) и от () D отложим по линии BC длину DC , равную диаметру d колена. Если теперь из () B радиусом BC описать \widehat{CA} и засечь тем же радиусом из () A , как из центра, \widehat{AC} , то получим () F . Разделив \widehat{FC} пополам, найдем BG , которая пересечет перпендикуляр DE в () E , а проведя из последней линию $EJ \parallel BC$ и $CH \perp BC$, получим истинные размеры отрезков CH и ED , которые нам необходимы для разметки колена (фиг. д).

Возьмем лист железа и вычертим на нем в натуральную величину чертеж, изображенный на фиг. б (в нижней ее части), который полезно сохранить и для будущих работ. Способ составления фиг. б понятен из сопоставления его с фиг. а и д, имеющими с ним одинаковое буквенное обозначение линий и точек. Отложим от () J (фиг. б)

Для разметки листа колена, показанной на фиг. д, проведем две линии JJ на расстоянии, равном $2JC$ друг от друга (размер JC надо взять из фиг. а), а размер $3-3$ на этих линиях возьмем равным нейтральной окружности

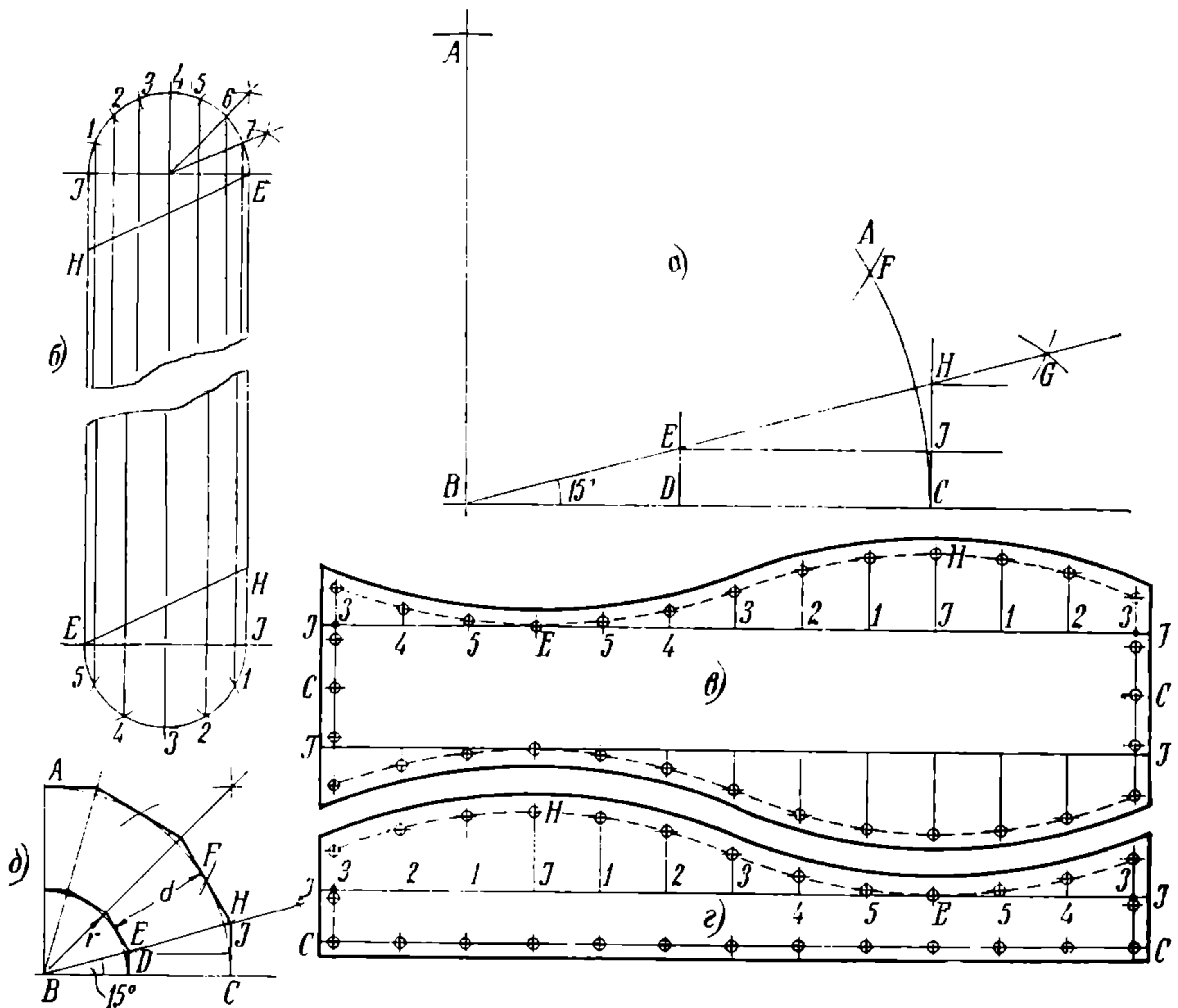


Рис. 358.

колена (πd). Разделим расстояние $3-3$ на 12 равных частей и восстановим в точках деления перпендикуляры. Затем отложим на фиг. в отрезок JH , взяв его из фиг. а. Подобным образом сделаем разметку и других

точек, измеряя расстояния их от EJ до линии EH (фиг. б). Таким же способом производится разметка и крайних частей колена (фиг. г).

Диаметр EJ (фиг. б) может и не быть равным диаметру DC (фиг. а), что представляет преимущество такого чертежа, как фиг. б, потому что им можно пользоваться независимо от диаметра колена; необходимо лишь чтобы размер JH был бы у колен одинаковым.

Разметка колен с тупым углом, состоящих из трех и более звеньев. Если сварное колено состоит из трех частей одинакового диаметра, с осями, лежащими в одной плоскости, и образует тупой угол (рис. 359) то его разметка сводится к разметке двух колен A и B из труб, соединен-

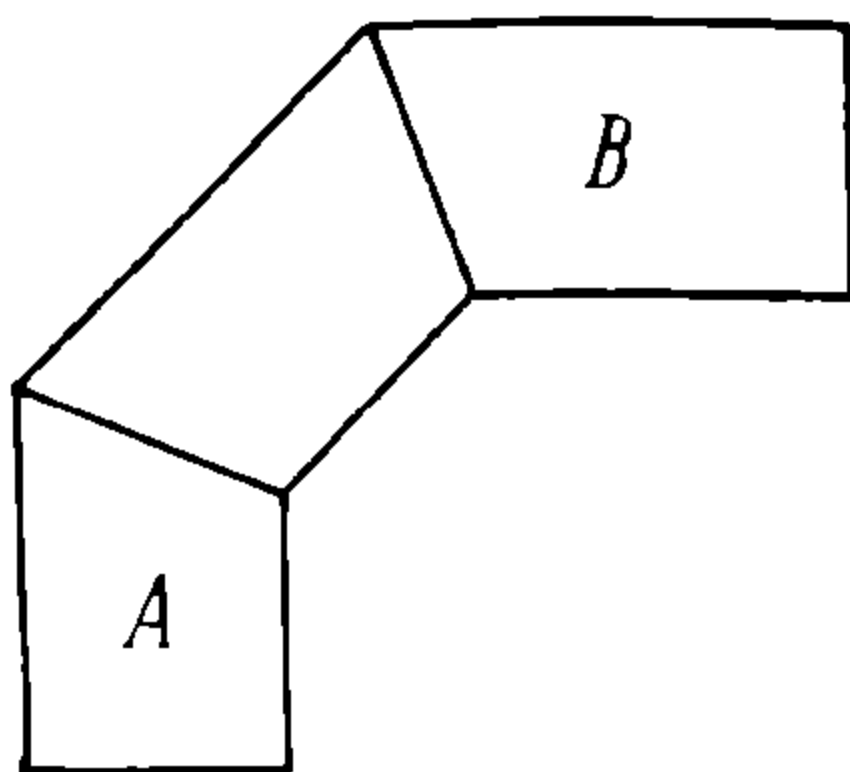


Рис. 359.

ных под тупыми углами. При этом среднее звено AB разворачивается и размечается как прямой круговой цилиндр, усеченный двумя наклонными плоскостями.

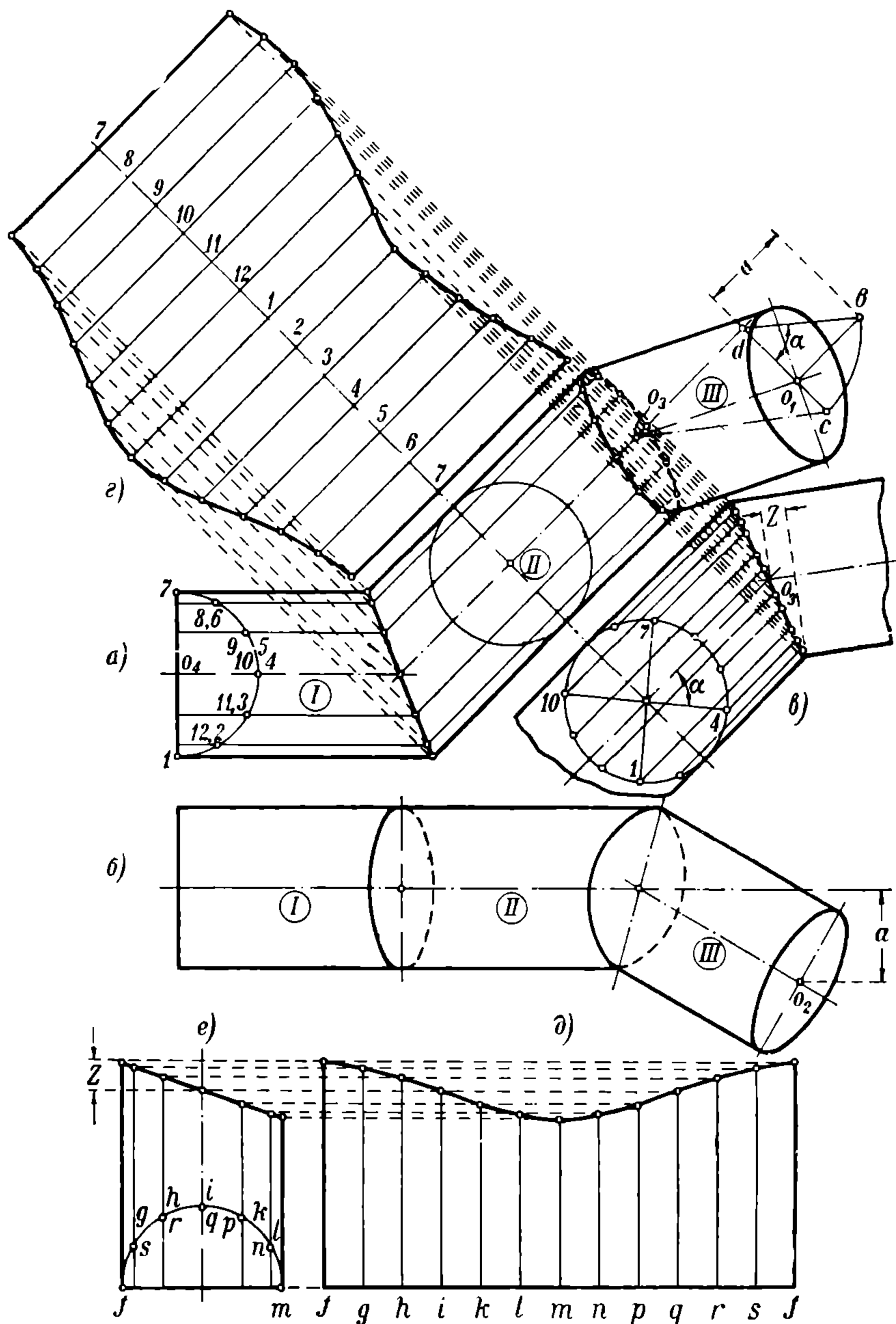


Рис. 360.

Разметка двойного колена с осями, расположенными в разных плоскостях. На рис. 360 представлены две трубы I и III , которые должны быть соединены между собою третьей II , образуя таким образом двойное

колени с осями, расположенными в разных плоскостях, причем цилиндр *I* располагают обычно своей осью параллельно к обеим плоскостям проекции. Вычертим на плазу оба цилиндра и вспомогательный чертеж (б), чтобы, с одной стороны, найти линию сечения цилиндра *II* с цилиндром *III*, а с другой, чтобы найти истинные размеры цилиндра *III*. Для этого нужно прежде всего найти взаимное расположение цилиндров *II* и *III*. Из центра O_1 (рис. 360а) опускаем перпендикуляр O_1d на ось *II* цилиндра, к которому из той же () O_1 восстанавливаем в свою очередь перпендикуляр O_1b , параллельный следовательно оси цилиндра *II*. То же самое проделываем и из центра O_2 (на фиг. б), откуда берем размер a , так что $O_1b = a$. Если теперь из () d , как из центра, описать bc и соединить () c с O_3 , то мы найдем истинное расположение осей *II* и *III* цилиндров по отношению друг к другу, и, кроме того, в виде линии $O_3—c$ — истинную длину оси цилиндра *III*. Чтобы не затемнять чертежа, вычерчивают упомянутый выше вспомогательный чертеж (рис. 360в), вынеся обе полученные таким образом оси и вычертив отдельно оба цилиндра.

Вспомогательный круг на фиг. а с центром O_4 делят на 12—16 равных частей и на столько же частей надо разделить и вспомогательный круг на фиг. в. Однако, чтобы связать между собою деления обоих этих кругов, необходимо на фиг. в повернуть ось цилиндра *III* на угол α и затем уже разделить круг и занумеровать деления, причем надо внимательно наблюдать, чтобы как поворот оси, так и нумерация делений были правильно сделаны, что нетрудно в каждом отдельном случае сообразить. Необходимо лишь твердо установить, как повернута ось цилиндра *III*, и соответственно отметить этот поворот на фиг. в. В нашем случае, если посмотреть вдоль оси цилиндра *III* из точки O_3 , то поворот сделан по часовой стрелке, следовательно на фиг. в поворот должен также быть произведен по часовой стрелке, при том же направлении взгляда.

Совершив этот поворот и разделив вспомогательный круг, проводят соответствующие образующие и переносят их затем на развертки (фиг. г,

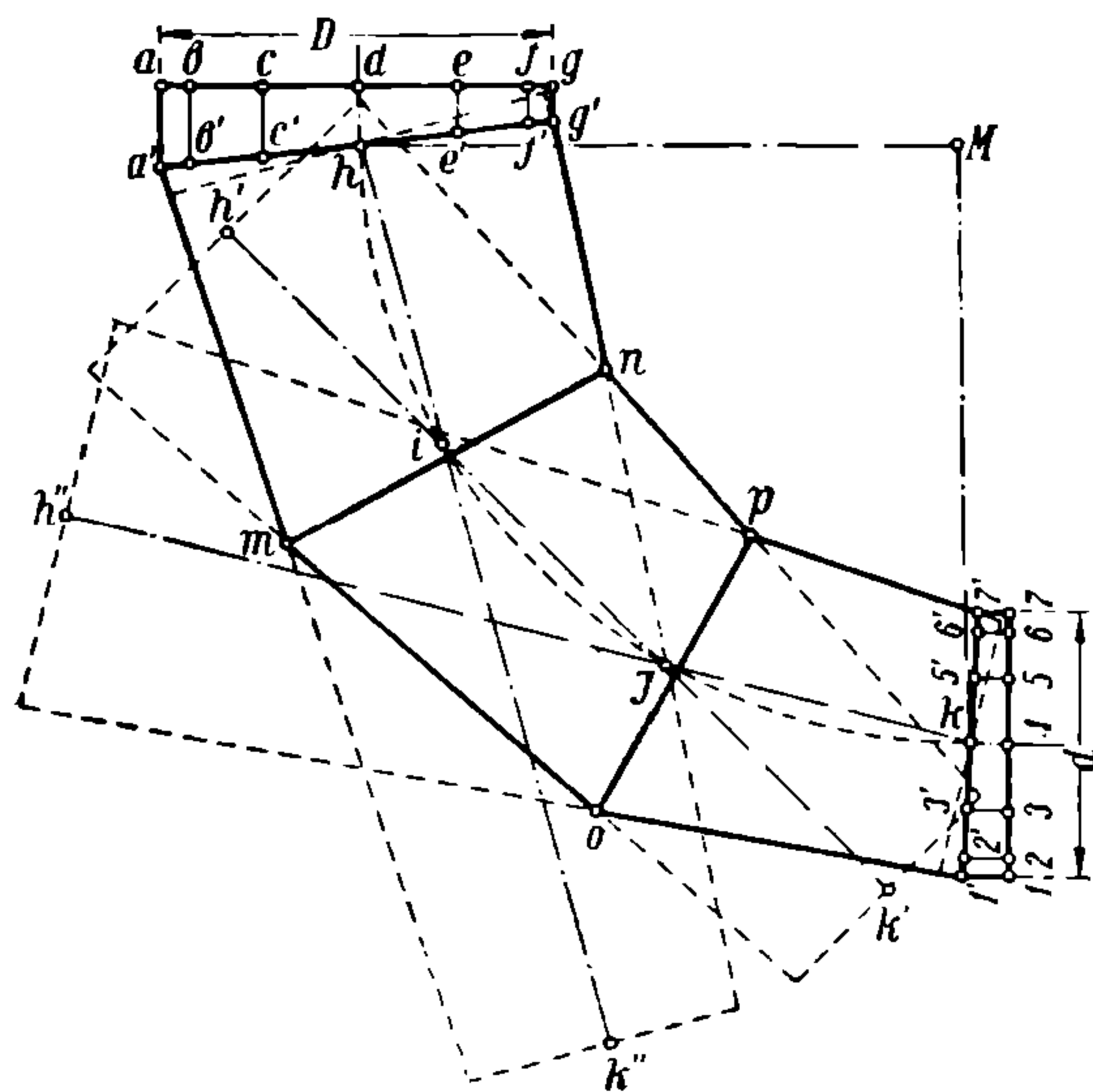


Рис. 361.

д и е), причем на линии $Z—Z$ и $f—f$ наносят длину окружности цилиндра (по нейтральному слою) и делят ее на такое же число частей, как и вспомогательный круг. Фиг. г представляет собою развертку цилиндра *II*, а фиг. д — цилиндра *III*; что же касается цилиндра *I*, то развертка его делается обычными приемами.

Разметка колен с переменным сечением. Разметка колен с сечением, постепенно увеличивающимся от одного конца к другому (рис. 361), производится или по методу, подобному описанному выше, причем звенья такого колена разверты-

ваются как усеченные конуса, показанные на рис. 361 пунктиром, или по методу триангуляции, как описано ниже, в примере развертки судовой вентиляционной трубы, составленной из поперечных звеньев. Так как последний случай более сложен в виду того, что входное отверстие имеет круглое очертание, а выходное — эллиптическое, то на рассмотрении данного случая, когда выходное и входное отверстия, круглого сечения, мы останавливаться не будем.

Разметка судовых вентиляционных труб. Судовые вентиляционные трубы чаще всего из эстетических соображений составляются из продольных полос, как показано в перспективе на рис. 362а. Швы располагаются в этом случае

симметрично относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось трубы. Довольно часто встречаются такие трубы и другой конструкции, показанной на рис. 362б, где труба составлена из ряда поперечных звеньев. Выходное отверстие имеет чаще всего при обеих конструкциях эллиптическое сечение. Вторая

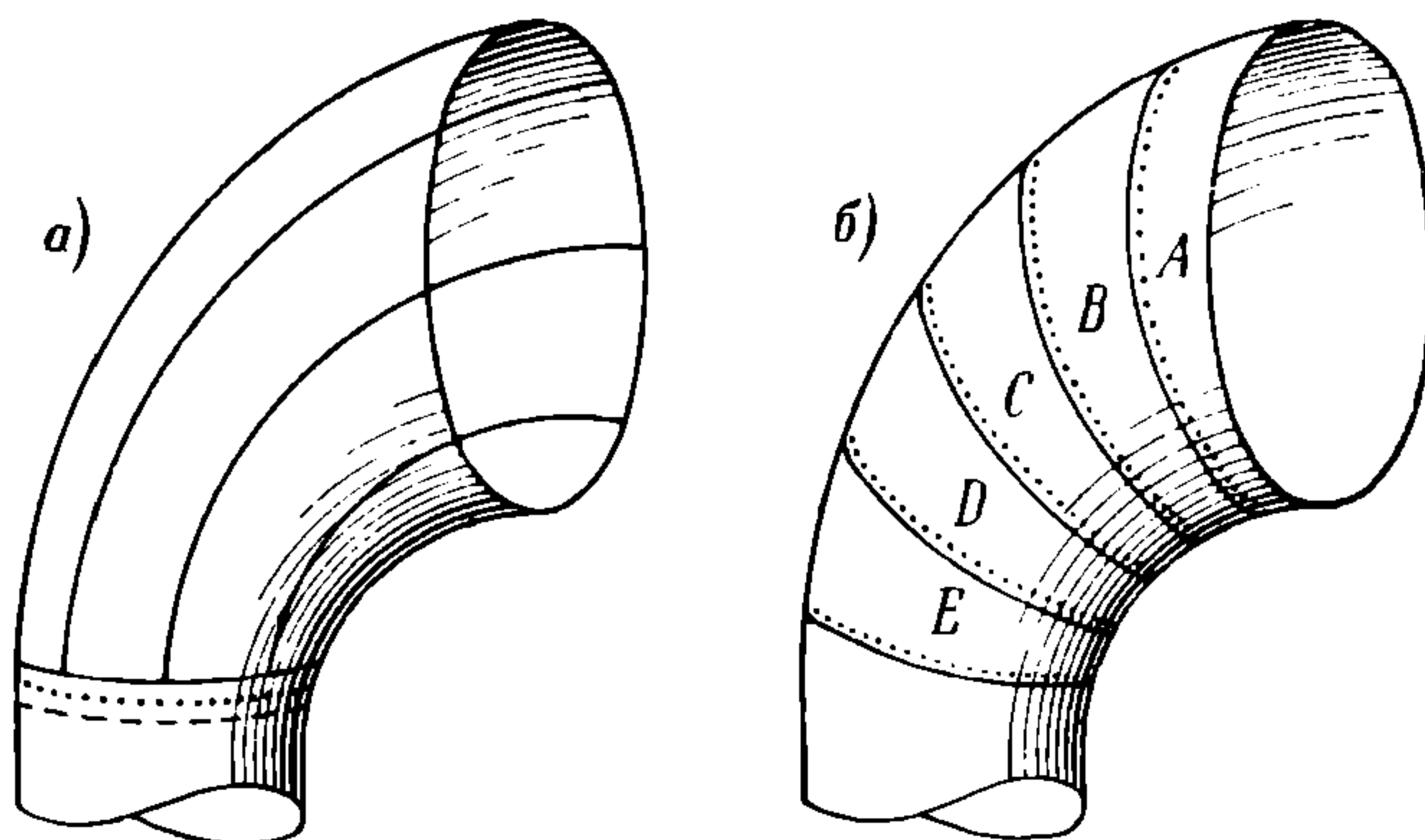


Рис. 362.

из упомянутых конструкций может быть размечена приемами, подобными тем, которые были применены к разметке кривого колена трубы, описанной выше. В данном случае применим к разметке обеих конструкций метод триангуляции.

а) Труба из продольных полос. Разделим очертание эллипса выходного отверстия (рис. 363) на произвольное число равных частей, а также соответственно и горизонтальную проекцию круглого входного отверстия, и спроектируем точки деления окружности на ось абсцисс, а эллипса — на боковой вид. Проведем затем на глаз постепенно расходящиеся кривые линии $b'b'$, $a'a'$, $h'h'$ — на вертикальной проекции и на виде спереди bh , bb , cc , df и ff , изобразив таким образом отдельные составляющие полосы трубы.

Перейдем теперь к нахождению треугольников, при помощи которых может быть построена правильная развертка. Рассмотрим, например, полосу, находящуюся между линиями $c'c'$ и $b'b'$ боковой проекции. Разделим эти линии на равное число частей, соединим точки деления поочередно сплошными и пунктирными линиями и проведем соответствующие линии на виде спереди, соответственно также сплошными и пунктирными линиями. Отрезки $\overline{C'—1}$, $\overline{1—2}$, $\overline{2—3}$ линии $c'—c'$ на боковой проекции, как лежащие в плоскости, параллельной, вертикальной плоскости проекций, проектируются в истинных своих длинах, тогда как отрезки $\overline{b'—1}$, $\overline{1—2}$, $\overline{2—3}$ кривой $b'b'$ той же проекции, вследствие конусности трубы, проектируются в искаженных длинах. Для определения истинных длин этих последних построим фиг. б, для каковой цели продолжим линию cc вида спереди и отложим на ней отрезки $b'—1$, $1—2$, $2—3$, взятые с кривой $b'b'$ боко-

вой проекции; через найденные точки на линии cc проведем горизонтальные линии, затем спроектируем точки $b, 5, 4, 3$ вида спереди на проведенные горизонталы, получим точки $1, 2, 3, 4$ (фиг. б), и тем самым получим искомые истинные размеры $b-1, 1-2, 2-3$ бокового вида.

На развертке (фиг. г) кривая линия cc , а также и ее отдельные отрезки, соответственно равны одноименным линиям боковой проекции, а линия bb составлена из отрезков, найденных вышеуказанным способом.

Длины остальных линий, т. е. поперечных и диагоналей, определяются способом, указанным ниже.

б) *Трубы из поперечных звеньев.* На рис. 364 показана развертка трубы со всеми построениями, необходимыми для ее нахождения, а также проекции трубы — сбоку и спереди. Метод разметки остается одним и тем же при любом числе звеньев, но чем больше их будет взято, тем плавнее будет очертание трубы. В данном случае взято пять поясов A, B, C, D, E . Вычертив боковую проекцию и вид трубы спереди, проведем линии kn, jo, ip и hg на боковой проекции и наметим их середины a, b, c, d, e и f . Разрезы трубы по линиям kn, jo представляются в виде эллипсов, большими осями которых являются отрезки lm, kn, jo, ip, hq и gr , а меньшие проектируются

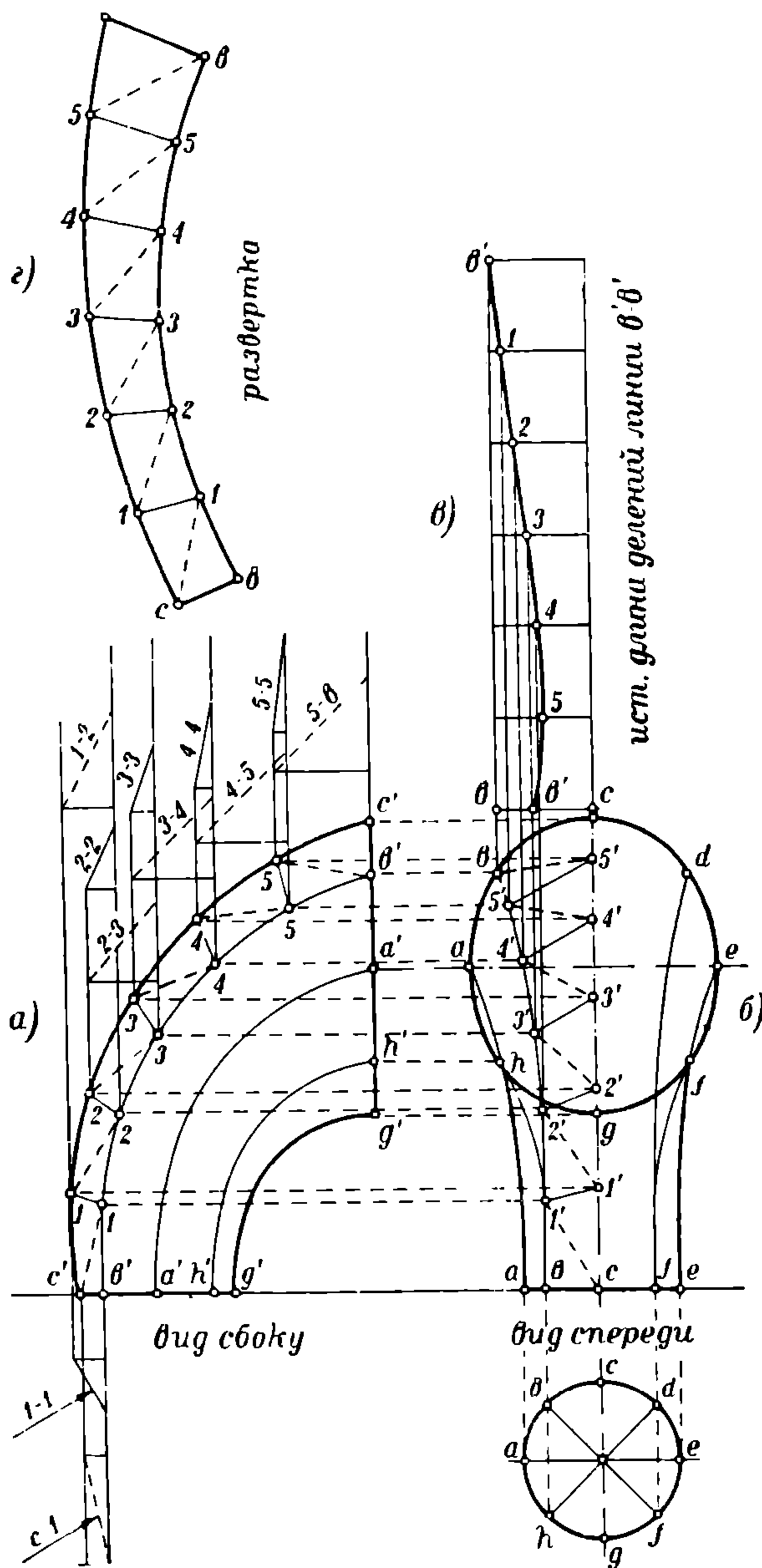


Рис. 363.

в точках a, b, c, d, e и f . Чтобы найти истинную величину последних, проводим через точки b, c, d . . горизонтальные линии, которые пересекут вид спереди в точках f, e, d, c, b , причем отрезки между

очертанием эллипса ff , ee , dd , cc и bb будут истинными длинами малых осей эллипсов.

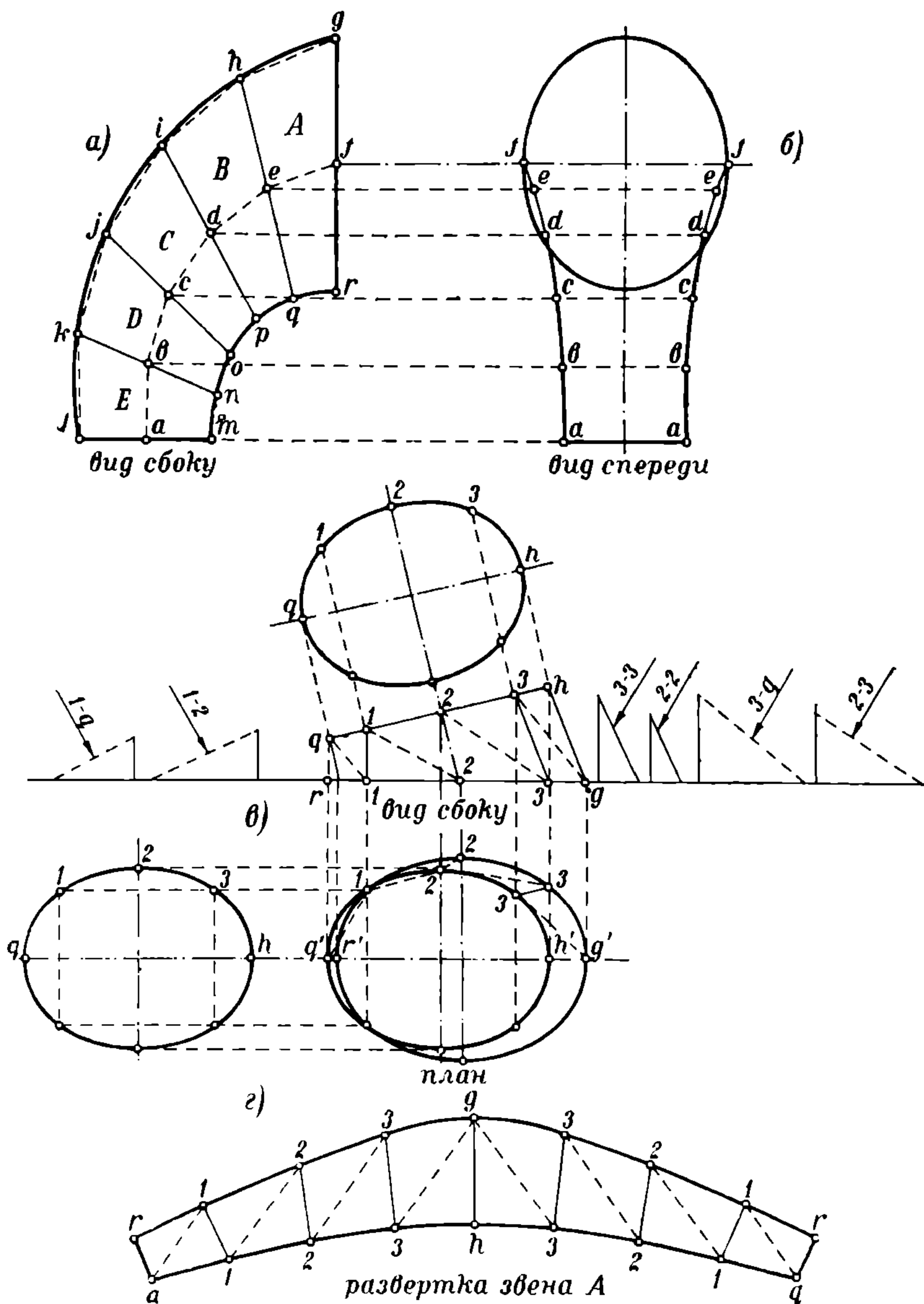


Рис. 364.

Чтобы построить теперь развертку части A , вычертим оба эллипса этой части (фиг. в): меньший x — с большой осью gh , взятой из боковой проекции, и малой ee , взятой из вида спереди; а больший y — с осями gr и ff , перенеся предварительно четырехугольник $qhgr$ с вертикальной проекции на горизонтальную. Разделим малый эллипс на равные части в точках

$q, 1, 2, 3, h$, а также и большой эллипс в точках $r', 1, 2, 3, g$ и над последним на оси проекций построим четырехугольник $hgqr$ с бокового вида; затем спроектируем точки делений малого эллипса на линию qh , а большого — на линию rg четырехугольника. Затем, соединив полученные точки, как показано на чертеже, последовательно сплошными и пунктирными линиями, получим линии $1-1, 2-2, 3-3$ и $q-1, 1-2, 2-3$ и $3-g$.

Развертка (фиг. г) представляется в виде многоугольника, состоящего из сторон:

$r-1$, которая берется равной хорде $r'-1$ большого эллипса; все прочие отрезки верхнего очертания развертки также соответственно равны одноименным хордам большого эллипса;

$q-1$ — берется равной хорде $q-1$ малого эллипса, равно как и все остальные отрезки нижнего очертания развертки равны одноименным хордам малого эллипса;

$q-r$ — берется равной $q-r$ с вертикальной проекции построенного нами четырехугольника;

$q-1$ — диагональ — равна гипотенузе прямоугольного треугольника, одна сторона которого равна $q'-1$ (горизонтальной проекции), а другая $q-r$ (вертикальной проекции);

$1-1$ развертки равна $1-1$ вертикальной проекции;

$1-2$ — диагональ — равна гипотенузе прямоугольного треугольника, одна сторона которого равна $1-2$ горизонтальной проекции, а другая $1-1$ вертикальной проекции;

$2-2$ — диагональ — равна гипотенузе треугольника, одна сторона которого равна $2-2$ горизонтальной проекции, а другая вертикальному расстоянию точки 2 от оси проекций;

$2-3$ — диагональ — равна гипотенузе треугольника, одна сторона которого равна $2-3$ горизонтальной проекции, а другая расстоянию точки 2 вертикальной проекции от оси проекций;

$3-3$ — гипотенуза треугольника, одна сторона которого равна $3-3$ горизонтальной проекции, а другая — высота точки 3 на вертикальной проекции;

$3-g$ — диагональ — берется из треугольника, одна сторона которого равна $3g$ горизонтальной проекции, а другая — высоте точки 3 на вертикальной проекции;

$g-h$ — берется из вертикальной проекции.

Вторая половина развертки симметрична только что построенной.

§ 31. РАЗМЕТКА ОТВЕТВЛЕНИЙ И РАЗВЕТВЛЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ.

Простые ответвления. Простое ответвление одинакового диаметра показано на рис. 365. Кривая сечения проектируется в данном случае в виде ломаной прямой ABC , и развертки обоих цилиндров получаются обычным способом, т. е. делением вспомогательных окружностей на равные части и проведением соответствующих образующих, точки пересечения которых являются точками, принадлежащими кривой сечения. Затем на развертке (фиг. б) откладываются длины образующих, которые на вертикальную плоскость проекций проектируются в истинных длинах. Соединив концы отложенных отрезков плавной кривой, получаем искомое очертание развертки. Фиг. в представляет собою очертание выреза на развертке вертикального цилиндра.

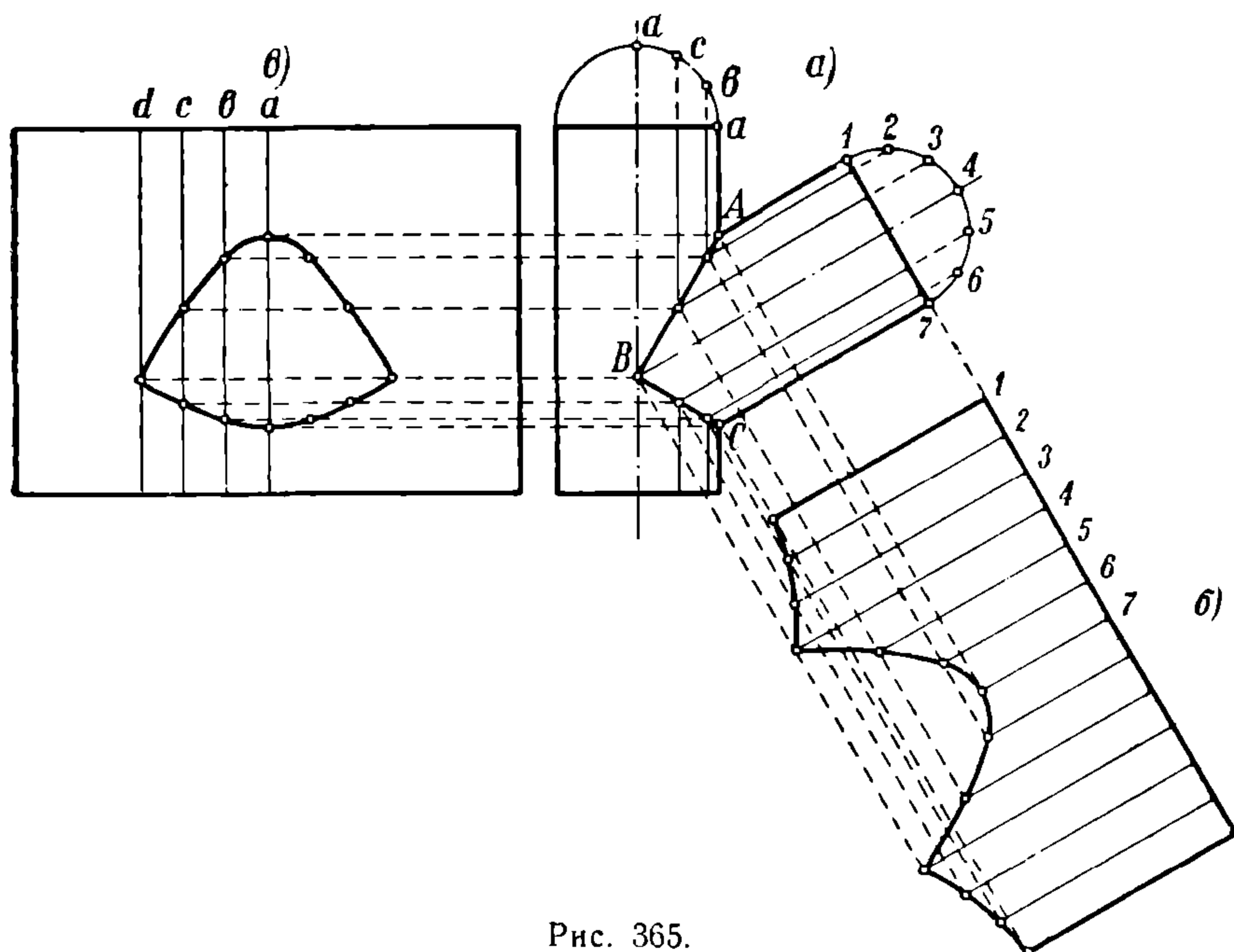


Рис. 365.

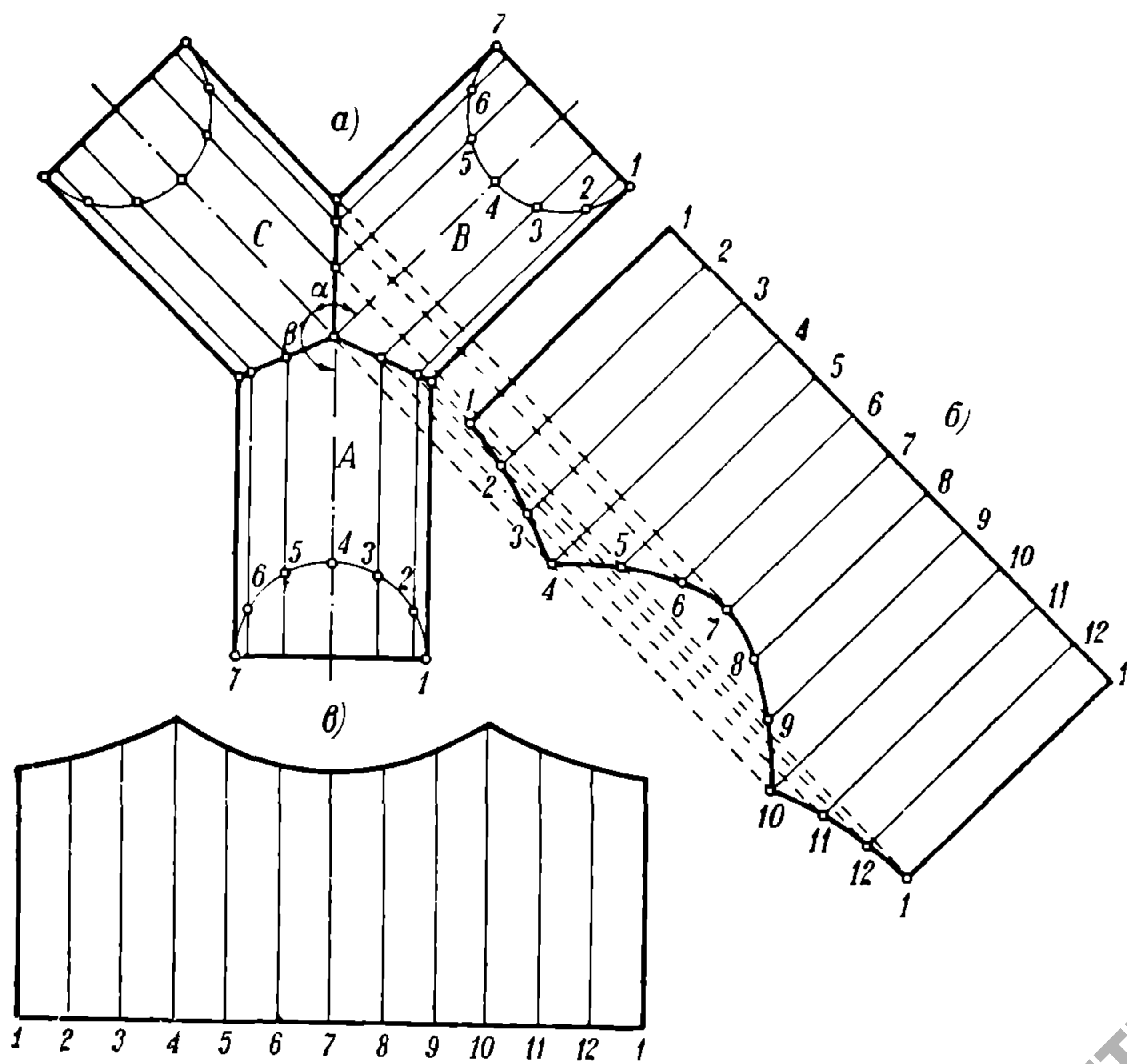


Рис. 366.

НТБ
ДНУЖТ

Разветвления трубопроводов одинакового диаметра. Простое разветвление трубопровода, или так называемый **тройник**, состоящий

из трех цилиндров *A*, *B* и *C* одинакового диаметра, представлен на рис. 366. Так как оси всех трех цилиндров лежат в одной плоскости, то развертка всей этой конструкции очень проста и сводится, как и в предыдущем случае, к отысканию длин образующих, которые затем откладываются обычным способом на развертке.

Тройник с пазухой.

Довольно часто приходится встречаться с конструкциями ответвлений, которыми стремятся избежать резкого изменения направления движения жидкости, газа или пара по трубопроводу в целях уменьшения потери гидростатического напора.

В этих случаях в местах примыкания одной трубы к другой устраиваются так называемые **пазухи**, вроде изображенной на рис. 367. Такие пазухи устанавливаются чаще всего у труб одинакового диаметра, ответвляющихся под прямым углом.

Нахождение разверток самих цилиндров ничем не отличается по приемам от описанных выше случаев ответвлений и разветвлений труб. Что же касается развертки самого листа пазухи, то для нахождения ее поступают следующим образом. На диаметре ответвляющегося отростка трубы строят, как обычно, вспомогательную окружность, делят ее на

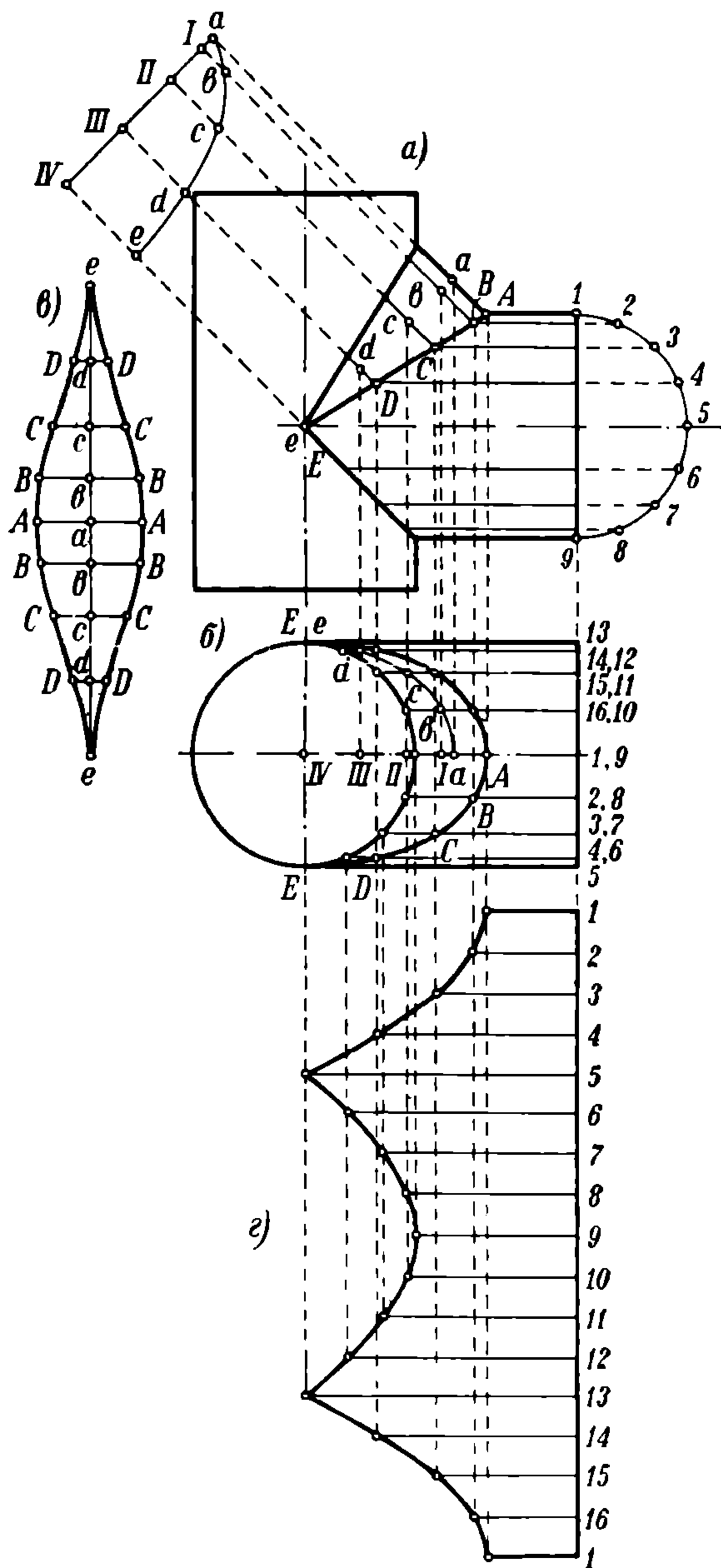


Рис. 367.

любое число (на рис. 367 — на 8 частей) равных частей и проводят образующие. Эти образующие пересекаются с пазуховым листом в точках *A*, *B*, *C*, *D* и *E*. Если теперь представить себе пазуху как цилиндрическую поверхность, усеченную нашими двумя цилиндрами, то, проведя плоскость,

перпендикулярную поверхности пазухи, мы найдем ее нормальное сечение $a—e$, перпендикулярно к которому могут быть проведены образующие цилиндра пазухи, проходящие через точки A, B, C, D и E .

Чтобы найти истинное очертание пазухи, спроектируем с вертикальной проекции точки пересечения образующих пазухи с образующими отростка на горизонтальные проекции соответствующих образующих отростка и найдем точки a, b, c, d и e , которые принадлежат горизонтальной проекции сечения ea пазухи (см. вертикальную проекцию). Если теперь представить себе поперечное сечение пазухи в виде линии $a—IV$ (фиг. а) и от нее отложить по образующим пазухи отрезки $I—b, II—c, III—d$ и $IV—e$, взятые из горизонтальной поверхности (фиг. б), то кривая $abcde$ представит собою истинное очертание пазухи по сечению ea (фиг. а). Остается провести на листе, предназначенном для выкраивания пазухи, осевую линию ee (фиг. в), на ней отложить длины отрезков кривой ed, dc, cb и ba , взятые с поперечного сечения пазухи (фиг. а), из точек d, c, b и a восстановить перпендикуляры, на которых отложить в обе стороны отрезки dD, cC, bB и aA , взятые с вертикальной проекции, чтобы получить ряд точек $D, C, B, A, B, C, , ,$, соединив которые плавной кривой, найдем искомое очертание листа пазухи.

Само собою разумеется, что отрезки кривой берутся с чертежа (на плазу или на бумаге) мерительным колесом или рулеткой, поставленной на ребро, и что все построения делаются по нейтральным поверхностям. На развертке должны быть предусмотрены соответствующие припуски на соединения между пазухой и трубами, в зависимости от конструкции этих соединений, т. е. от того, будут ли они сварными или клепаными внахлестку.

Ответвления разного диаметра. Выше были рассмотрены построения разверток трубных ответвлений (отростков) одинакового диаметра с магистралью. Однако в разметочной практике гораздо чаще приходится иметь дело с отростками меньшего диаметра, чем магистраль.

В этих условиях возможны два случая: а) когда ось отростка пересекается с осью магистрали и б) когда ось магистрали и отростка не пересекаются.

Как в том, так и в другом случаях, кривые сечения проектируются уже не в виде прямой, а кривой линии.

а) *Ответвления разного диаметра с пересекающимися осями.* На рис. 368 изображено ответвление (отросток) меньшего диаметра, чем магистраль, причем оси как отростка, так и магистрали лежат в одной плоскости. Разметку начинают с отыскания кривой сечения, каковую в данном случае найти довольно легко. Для этого дополняют изображения цилиндров проведением крайних образующих ac и ca' (показаны пунктиром).

Затем из точки пересечения осей обоих цилиндров S , как из центра, очерчивают произвольными радиусами ряд дуг, пересекающихся с очерчен-

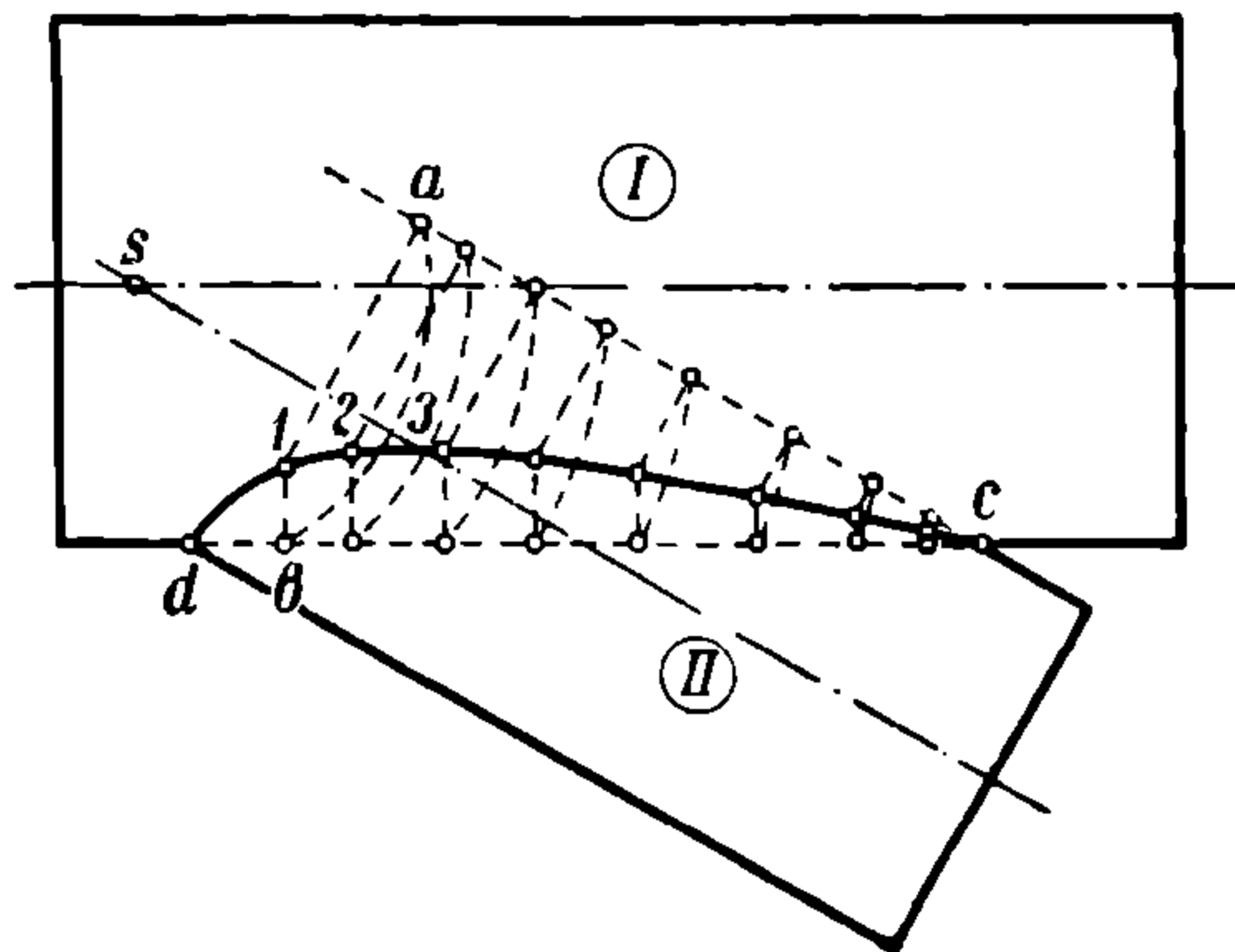


Рис. 368.

ными пунктиром образующими. Из полученных таким образом точек пересечения восстанавливают перпендикуляры к соответствующим образующим, которые пересекаются в точках 1, 2, 3, ..., принадлежащих искомой кривой пересечения отрезка трубы II с магистралью I. Остается — уже много раз приводившимися приемами — построить развертки обеих труб.

б) *Ответвления разного диаметра с непересекающимися осями.* Вышеописанный простой способ отыскания кривой пересечения двух труб разного диаметра применим, к сожалению, только в том случае, когда оси

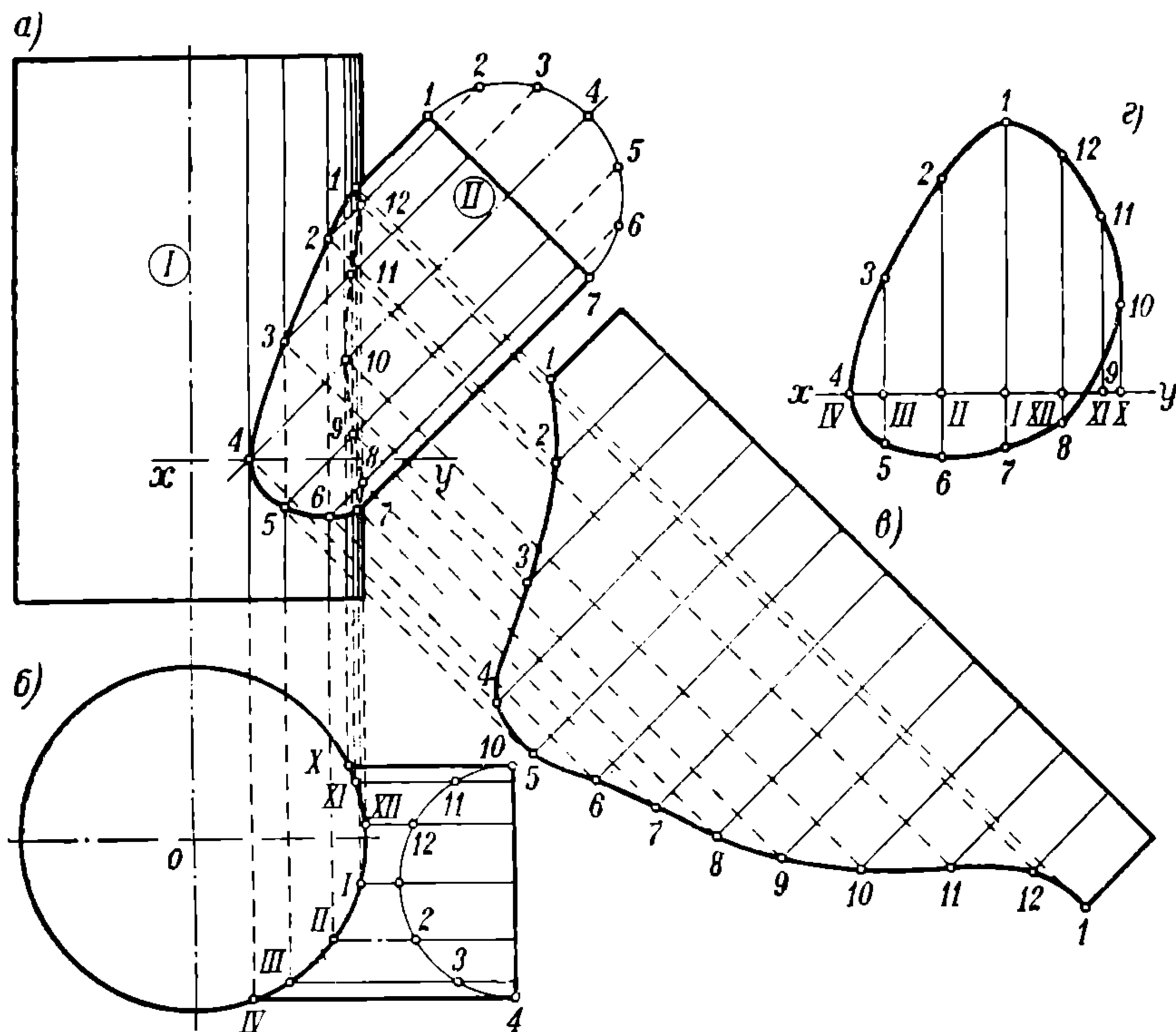


Рис. 369.

магистрали и отрезка пересекаются. Если же эти оси не пересекаются, т. е. не лежат в одной плоскости, то задача несколько усложняется и приходится прибегать к следующему построению.

Пусть мы имеем магистраль I, от которой требуется сделать ответвление II, меньшего диаметра и несколько смещенное относительно оси магистрали O (рис. 369б). И в данном случае, как во многих уже описанных, отыскивают сначала кривую пересечения, для чего строят вспомогательные окружности на обеих проекциях отрезка, делят их на одинаковое число равных частей и проводят образующие отрезка, соответственно занумеровав их.

Точки пересечения образующих горизонтальной проекции отрезка с поверхностью магистрали I, II, III, ... проектируют на продолжение соответствующих образующих вертикальной проекции и полученные таким образом точки 1, 2, 3 ... соединяют плавной кривой, которая представляет собою вертикальную проекцию кривой пересечения.

Имея кривую сечения, уже легко построить развертку отростка, изображенную на фиг. в, длина которой $I—I$ равняется длине окружности (по нейтральному слою) отростка, а ординаты $1, 2, 3 \dots$ равны длинам соответствующих образующих отростка, взятым с вертикальной проекции.

Наконец, чтобы построить очертание выреза на развертке магистрали, поступают следующим образом: через точку 4 на вертикальной проекции

(проекция точки пересечения ближайшей к зрителю образующей отростка с поверхностью магистрали) проводят линию xu , которая представляет собою проекцию плоскости, перпендикулярной к оси магистрали, и секущую образующих цилиндра в точках $I, II, III \dots$. Если теперь на развертке отростка провести xu (фиг. г) на таком же расстоянии от базисной линии, как на вертикальной проекции, отложить на ней последовательно длины дуг $IV—III, III—II$ и т. д., взятые с горизонтальной проекции, из полученных точек восстановить перпендикуляры к xu , а на последних, начиная от () I , засекать точки $2, 3, 4$ хордами $I—2, 2—3, 3—4$, беря их с развертки отростка (фиг. в), и, наконец, соединить главной кривою точки $1, 2, 3 \dots$, то мы получим искомое очертание выреза. И в данном случае не должно быть упущено — к полученным очертаниям разверток прибавить припуски на соединение, соответственно тому, как оно запроектировано — клепаным или сваренным.

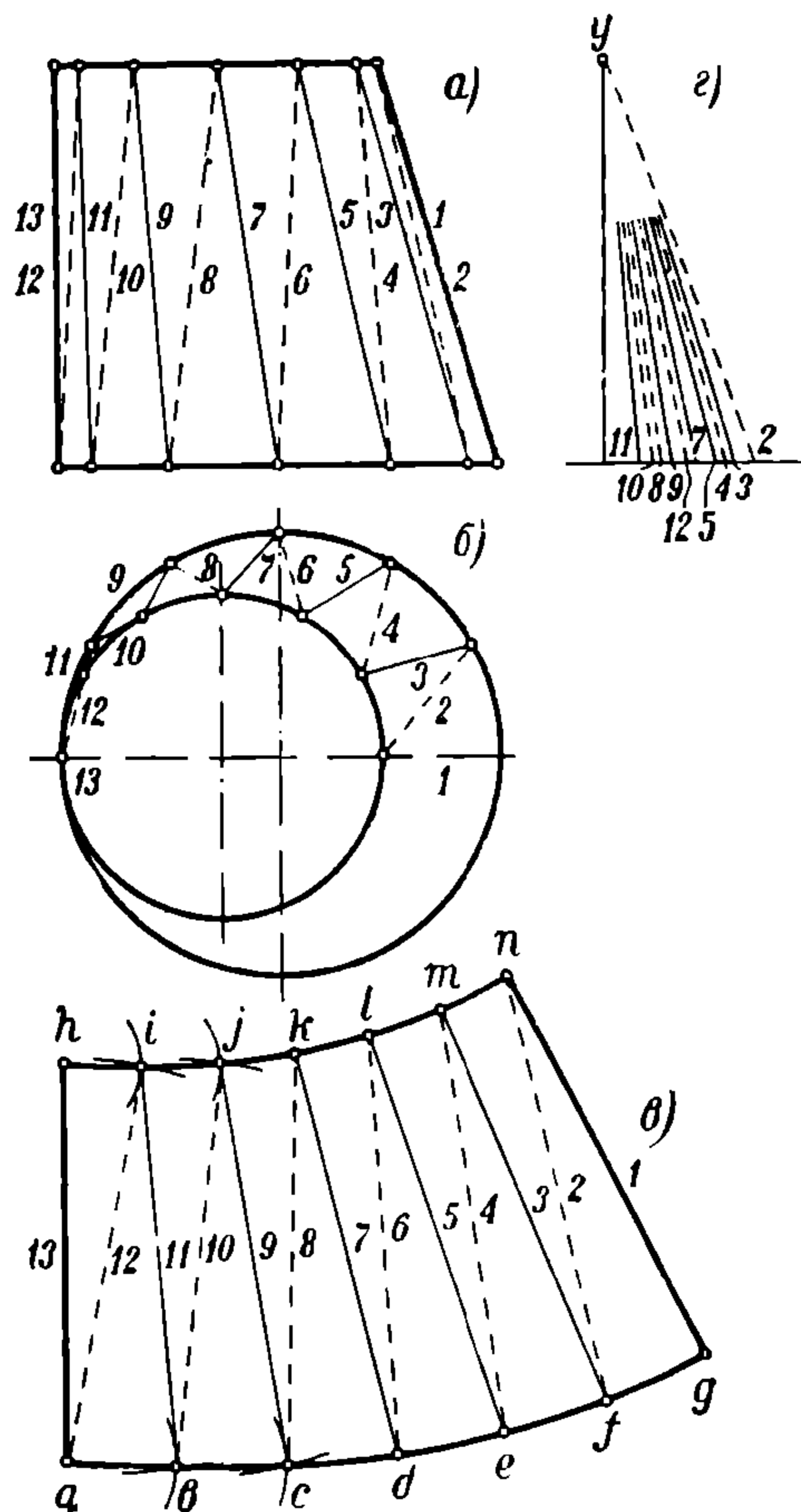


Рис. 370.

§ 32. РАЗМЕТКА БУНКЕРОВ И ЗОНТОВ (навесов).

Между разметкой бункеров и зонтов (навесов) много общего в виду того, что те и другие представляют собою чаще всего усеченные пирамиды в сочетании с примыкающими к ним призмами.

Разметка конусообразного бункера загрузочной воронки. Загрузочные конусообразные круглые бункера часто строятся косыми, т. е. с основаниями, смещенными относительно друг друга, причем бункер должен обычно примыкать к вертикальной стене, вроде изображенных на рис. 370 и 371; бункер, изображенный на рис. 371А и 371Б срезан вертикальной плоскостью стены.

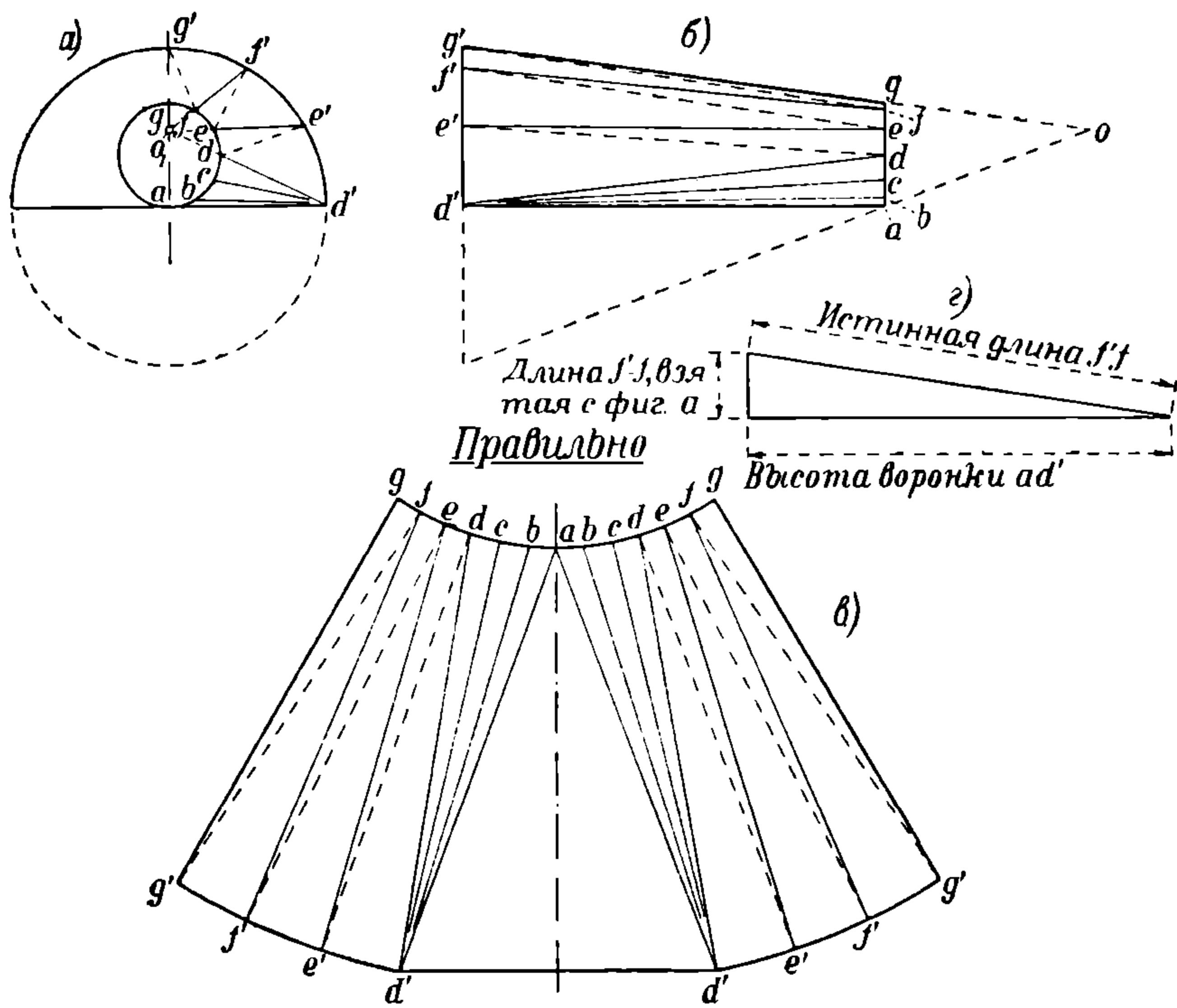


Рис. 371 А.

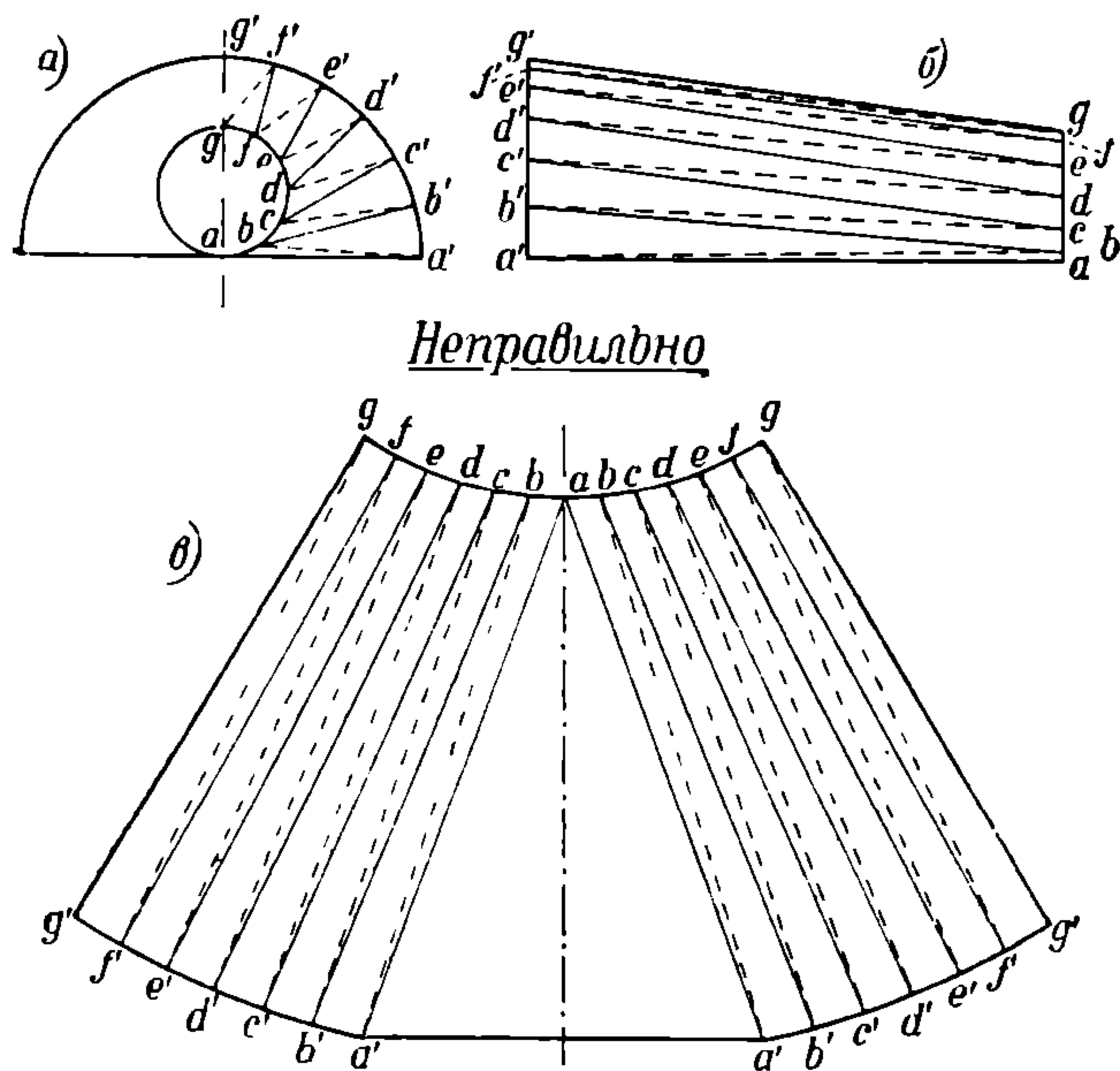


Рис. 371 Б.

Разметка этих бункеров требует некоторой осмотрительности, чтобы не испортить материала. Дело в том, что надо внимательно следить за тем, чтобы при построении разверток не смещать кривых линий с прямыми, и что методом триангуляции можно определять истинные длины только прямых линий.

В самом деле, если, желая применить метод триангуляции, разбить очертания верхнего и нижнего оснований бункера на одинаковое число равных делений и соединить точки делений, как показано на рис. 371 Б (фиг. в), то получим ряд треугольников, при помощи которых, казалось бы, можно методом триангуляции построить развертку боковой поверхности бункера. Однако, если эту развертку согнуть затем, принимая линии aa' и т. д. за образующие, то бункер получится несоответствующим чертежу, не придется по месту и будет забракован. Произойдет это потому, что данный бункер представляет собою косой конус, усеченный поперек плоскостью нижнего основания (фиг. б рис. 371А), а вдоль — вертикальной плоскостью стены (фиг. а и б рис. 371А), так что полный конус проектировался бы так, как показано пунктиром на фиг. а и б, причем образующие конуса должны все сходиться в вершине конуса $O — O_1$. Разбив основания (фиг. а) на равные деления и соединив точки деления d', e', f' и g' с проекцией вершины конуса O_1 , мы найдем образующие конуса dd', ee', ff' и т. д. (фиг. а), соединив противоположные концы которых пунктирными линиями, мы разобьем поверхность конуса на треугольные отсеки, и, пользуясь методом триангуляции, найдем истинные длины образующих конуса и построим правильно требуемую развертку (фиг. в).

Сплошные линии ad', dd', ee', ff' и gg' являются в данном случае образующими конуса, придерживаясь которых, и надо гнуть лист, чтобы получить точную геометрическую форму данного бункера. В случае же рис. 371 Б сплошные линии aa', bb', cc' и т. д., не будучи образующими, в действительности представляют собою винтообразные кривые, и таким образом на развертку наносились длины их хорд.

Если отсек ad (фиг. а) получается очень большим, то для удобства построения можно разбить его на несколько равных частей линиями bd', cd' , которые — этого нельзя забывать при гибке листов — не являются образующими конуса.

§ 33. РАЗМЕТКА ДЫМНИКОВ И ДЫМОВЫХ ПЕРЕХОДОВ.

Разметка дымников. Разметка дымового выхода парового котла или, как его называют в цехах, дымника, после всех приведенных в настоящей книге примеров разметок сама по себе не представляет никаких затруднений. Однако для выдачи в кузницу лекалов для гибки обвязочных угольников необходимо вычертить дымник в натуральную величину на плазе и с него уже снять нужные очертания на тонкие (10 мм) доски. Вычерчиванием дымника на плазе пользуются одновременно и для того, чтобы проверить правильность его положения относительно котлов, что особенно важно, если дымник — общий для двух или более котлов.

При разметке передних листов дымника нужно иметь в виду, что передняя стенка его бывает обычно наклонной и что поэтому ее размеры по направлению от верха к низу, или наоборот, проектируются на вертикальную плоскость проекции. В искаженном виде и их истинные размеры можно получить лишь с бокового вида (из разреза). Равным образом такие же

размеры боковых листов (шинельных) нельзя брать с бокового вида, куда они проектируются в искаженном виде вследствие наклонного положения листа (тем более криволинейного), а следует снимать необходимые размеры и обмерять криволинейные очертания по фасаду, совмещенному с вертикальной плоскостью проекции. Вообще говоря, разметка шинельного листа дымохода во многом напоминает разметку шинельного листа огневой камеры парового котла шотландского типа.

Разметка дымового перехода с прямоугольным основанием. Гораздо сложнее разметка дымового перехода, располагаемого между дымоходом и дымовой трубой и чаще всего имеющего своим назначением осу-

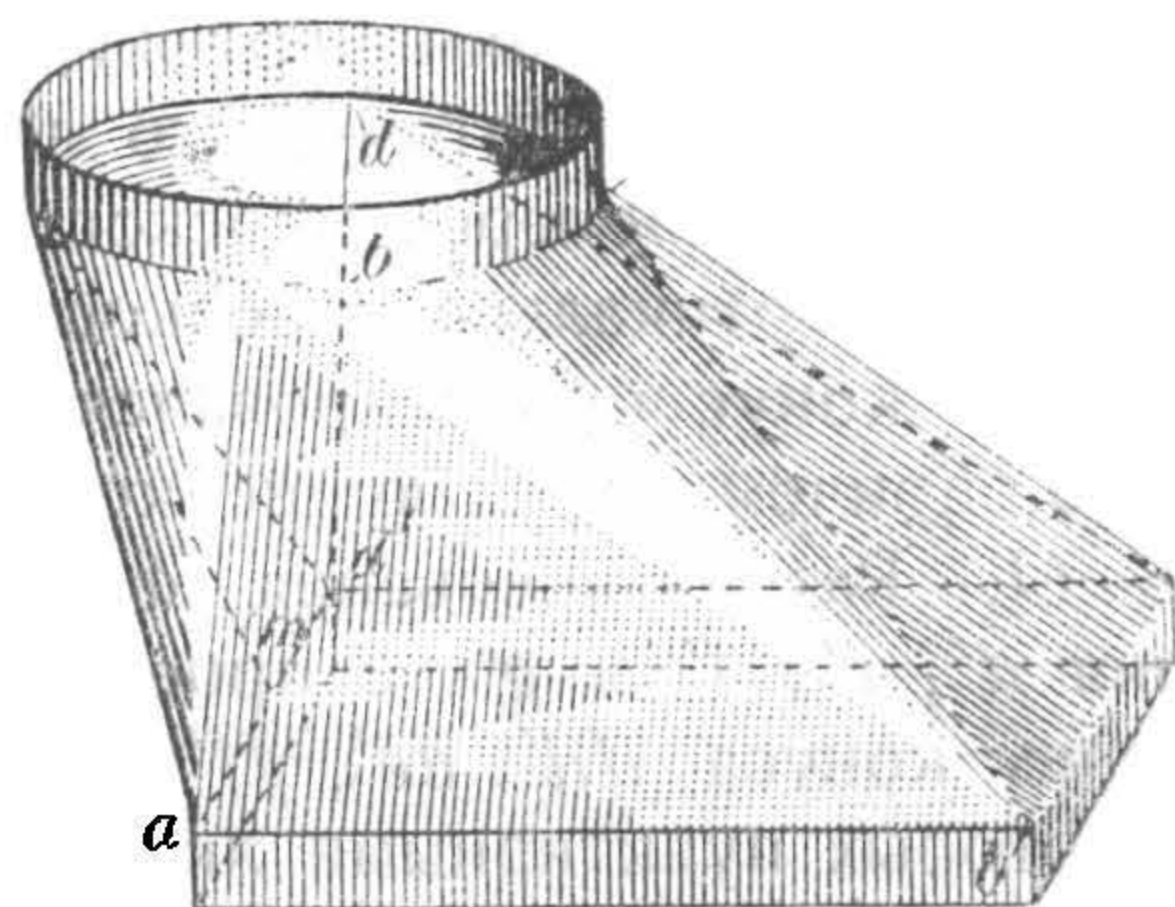


Рис. 372.

ществить плавный переход от прямоугольного выходного отверстия дымохода к круглому или эллиптическому сечению дымовой трубы. В качестве примера рассмотрим разметку дымового перехода, изображенного в перспективе (по нейтральному слою) на рис. 372.

Для разметки соответствующего листа вычерчивают этот переход в натуральную величину на плазе, вместо вычисления размеров, которое весьма кропотливо. Разметка такого перехода основана на том, что он состоит из ряда плоских треугольников, сопряжен-

ных с конусом, вследствие чего в данном случае очень удобно применить для построения развертки метод триангуляции.

В нашем случае дымовой переход состоит (рис. 372 и 373а) из конусов aba' , add' , dcc' и cbb' и плоских треугольников $a'bb'$, bcc' , cdd' и $d'aa'$. На горизонтальной проекции, изображенной также в линиях нейтрального слоя (рис. 373а), разобьем каждый квадрант верхнего (круглого) сечения перехода на равное число делений и точки делений соединим, во-первых () a' (вершиной одного из углов нижнего прямоугольного сечения), а во-вторых, спроектируем на вертикальную проекцию (рис. 373б). Чтобы определить истинные длины образующих aa' , $a'1$, $a'2$, $a'3$ и $a'b$ (фиг. а), нужные нам для построения развертки, отложим на каком-либо перпендикуляре к основанию (фиг. в) высоту перехода h , а на горизонтали отложим отрезок $\overline{a'a}$, взятый с горизонтальной проекции (фиг. а). Этот отрезок является горизонтальной проекцией образующей конуса aa' (фиг. б), истинная величина которой определится таким образом как гипотенуза прямоугольного треугольника с основанием, равным горизонтальной проекции, и высотой, равной высоте перехода. Точно так же поступаем и с остальными образующими конуса aba' , в результате чего получаем диаграмму, показанную на фиг. в.

После этого можно уже приступить к вычерчиванию развертки. Сначала строим $\triangle ama''$ (фиг. г), для чего проводим осевую линию \overline{am} , причем длину am берем с вертикальной проекции, где она выражается длиной aa'

(фиг. б), затем из () m засекаем $ma'' = ma' = \frac{a'd'}{2}$ (см. план, фиг. а),

а из () a засекаем дугу радиусом aa'' , равным истинной длине образующей aa' (на диаграмме в). Полученная () a'' соответствует вершине a'

конуса aba' . Затем из () a развертки засекаем 1, радиусом $a1$, равным хорде a'' (см. план), а из () a'' радиусом $a''1$, равным истинной длине образующей конуса $a1$ (с диаграммы). Точно так же получаем () 2 развертки, т. е. засекая из () 1 дугу 2 радиусом, равным хорде 1—2 (см. план) и из () a'' радиусом $a''2$, равным истинной длине образующей $a'2$

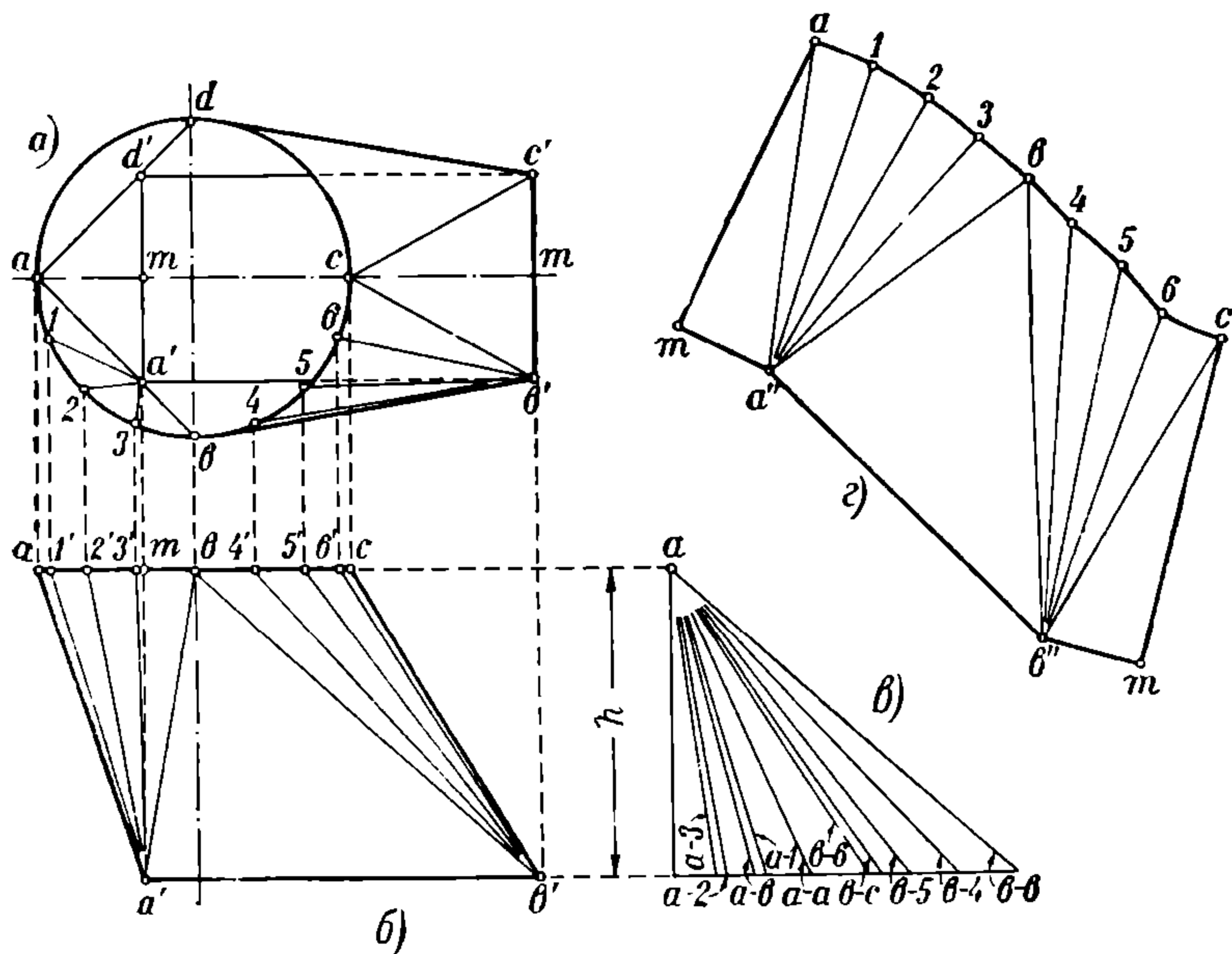


Рис. 373.

и т. д. Полученные точки $a, 1, 2, 3$ и b соединяем плавной кривою. На прямой $a''b$ строим $\Delta a''bb''$, беря $a''b'' = a'b'$ с вертикальной проекции, а bb'' — по ее истинной длине — с диаграммы. Точка b'' является вершиной развертки второго конуса bcb' (см. план и перспективный вид), развертка которого строится указанным выше способом. На полученной линии $b''c$ строят $\Delta cb't$ (см. план), и этим заканчивается построение развертки одной половины нашего перехода. Чтобы получить выкройку листа, нужно прибавить перекрышки заклепочных швов, причем от линий am и ct откладывают по $1/2$ перекрышки, а от линий верхнего и нижнего очертания — по полной перекрышке плюс t — дуга загиба (переменная). Центровые линии продольного шва пройдут по линии am , а поперечных швов — по линиям, отстоящим от линий $a123b, b456c$ и $ta''b''t$ на расстояниях, равных соответственно $pq + qt$ и $p'q' + q't'$ (рис. 374). Затем надо прибавить припуски (лацканы) на утягивание и перед загибом листа оттянуть лацканы на соответствующих его углах.

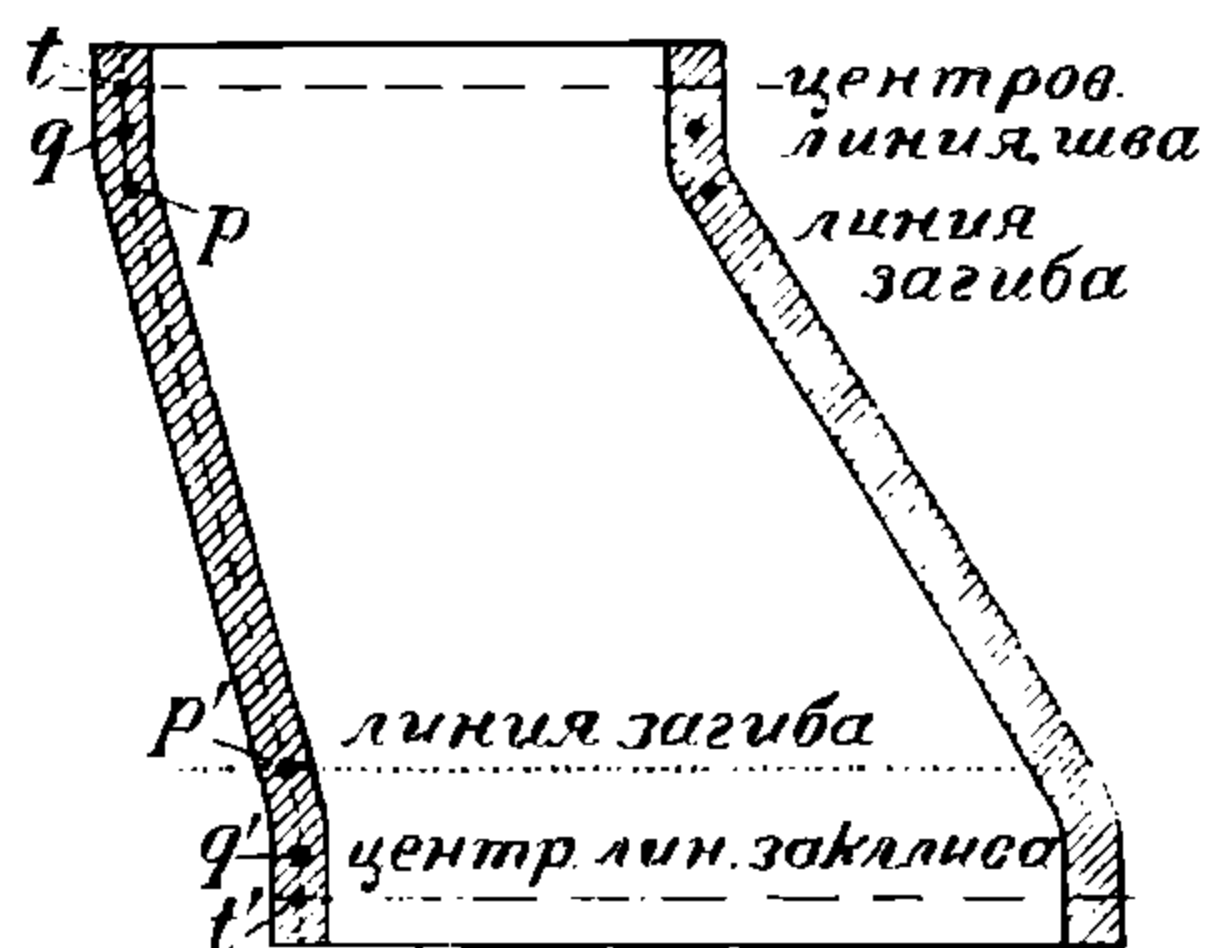


Рис. 374.

Разметка эллиптического перехода. На рис. 375 (а и б) представлены горизонтальная и вертикальная проекции такого тела. Разметка поверхности этого тела получается следующим образом: проведя в горизонтальной проекции линию $a'q'$, мы разделим тело на две равные симметричные части, благодаря чему достаточно построить развертку одной лишь половины, так как другая будет одинаковой с первой. Чтобы воспользоваться методом триангуляции, разделим периферию большего и меньшего оснований данного тела на одинаковое число (на 8 делений) равных частей и последовательно соединим точки деления прямыми, как показано на горизонтальной и вертикальной проекциях. Таким образом вся поверхность тела будет разделена на треугольники, и остается лишь определить истинные длины сторон треугольников, которые в проекциях искажены.

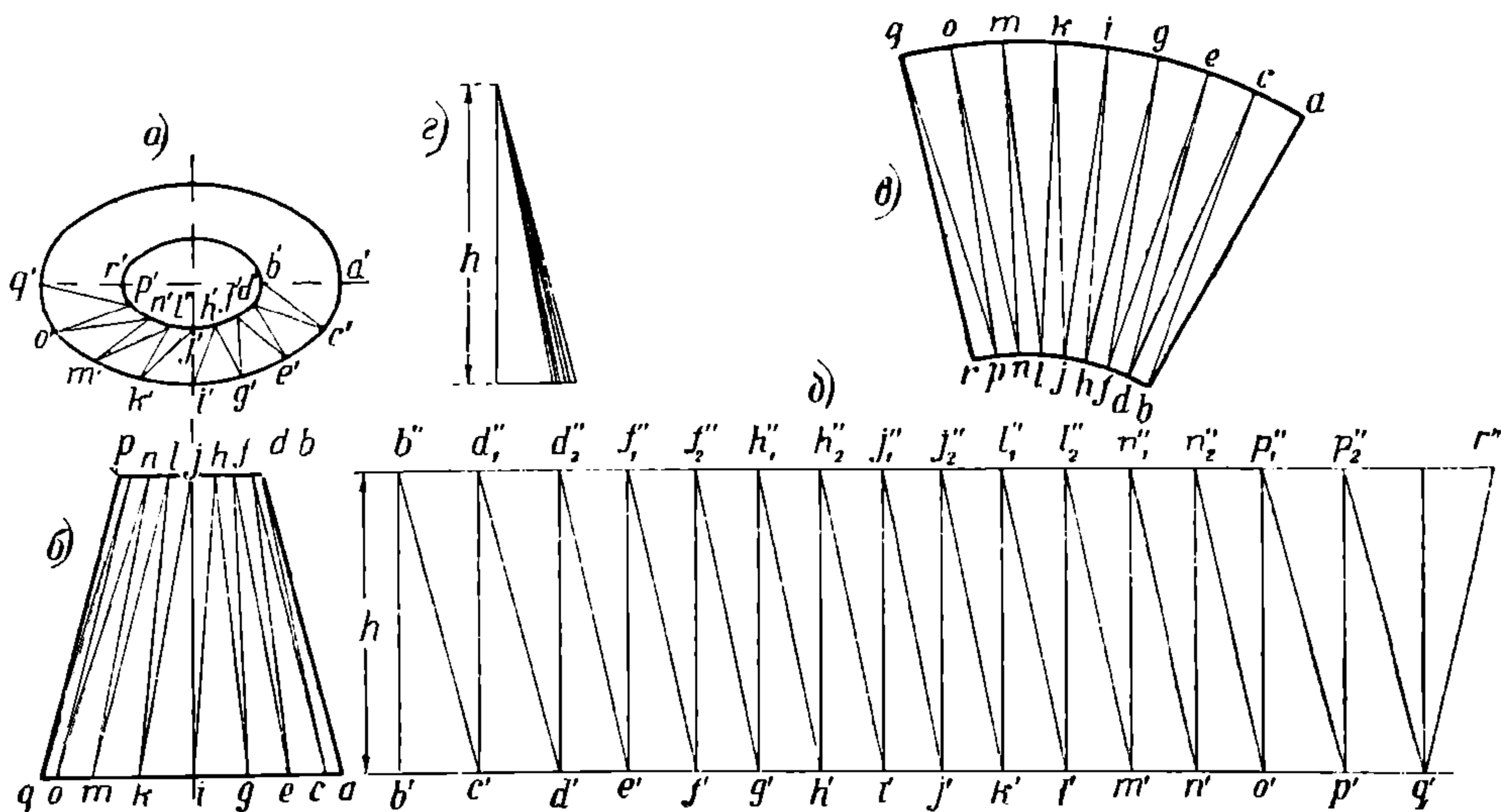


Рис. 375.

Стороны $b'd'$, $d'f'$, $a'c'$, ..., $c'e'$ представляют собою хорды, проектирующиеся на горизонтальную проекцию в натуральную величину. Длины образующих ba и qr (фиг. б) представлены в вертикальных проекциях также в натуральную величину, тогда как остальные образующие, как например, bc , cd , de , проектируются в искаженном виде. Чтобы найти их истинные длины, пришлось бы построить ряд прямоугольных треугольников с общей высотой h (высота данного тела) и с основаниями, равными $a'b'$, $b'c'$, $c'd'$, $d'e'$, ..., мало отличающимися по длине одна от другой; получился бы очень неясный чертеж (фиг. д), беря размеры с которого, очень легко было бы впасть в ошибку. Поэтому, в данном случае полезно прибегнуть к другому построению, заключающемуся в том, что (рис. 375 д) выбирают произвольную () b' и откладывают от нее (фиг. д) последовательно длины $b'c'$, $c'd'$, $d'e'$, $e'f'$, ..., взятые с горизонтальной проекции тела, пока не дойдут до () q' , соответствующей () qq' (фиг. а и б). Если теперь продолжить rb (верхнее основание), а из точек b' , c' , d' (фиг. д) восстановить перпендикуляры до пересечения с нею, то найдем ряд точек b'' , d''_1 , d''_2 , ..., Если эти точки соеди-

нить, как показано на фиг. д, прямыми, то последние будут представлять собою истинные длины образующих тел; крайние образующие $ab — a'b'$ и $qr — q'r'$ нам уже известны (см. выше).

Развертка (фиг. в) вычерчивается следующим образом: проведя ab , взятую из вертикальной проекции (фиг. б), описывают из () a дугу радиусом $ac = a'c'$ (из горизонтальной проекции фиг. а), а из точки b дугу радиусом bc , равным найденной действительной величине $b''c'$ (фиг. д). Эти дуги пересекутся в точке c . К полученному $\triangle abc$ пристраивают $\triangle cdb$, у которого $bd = b'd'$ и $cd = c'b''$, и получают точку d . Вновь пристраивают $\triangle cde$ и продолжают такие построения, пока не дойдут до точки q . Затем пристраивают замыкающий $\triangle qpr$, где qp берется из вертикальной проекции, а $rp = r'p'$ из горизонтальной проекции. К полученной развертке остается добавить ширины перекрышек и разбить заклепочные деления, чтобы закончить разметку данного эллиптического перехода.

§ 34. РАЗНЫЕ СЛУЧАИ РАЗМЕТОК.

Разметка переходов и колен при помощи кареток. Как можно было усмотреть из изложенного выше на предыдущих страницах, разметка колен, переходов и т. п. изделий является делом довольно сложным и кропотливым. Поэтому всегда наблюдалось и несомненно будет наблюдаться впредь стремление разметчиков заменять сложные вычисления и вспомогательные построения более простыми приемами. Одним из таких приемов и является разметка при помощи так называемых кареток.

Прямые переходы. В простейшем виде при небольших размерах размечаемых изделий каретка представляет собою деревянный брусок (в случае прямого перехода), к концам которого прибиты из тонкого железа фигуры, равные по размерам и очертаниям тем отверстиям, соединительную часть между которыми надо разметить. Допустим, что нам нужно разметить переход, длиной в 1000 мм, между круглым отверстием диаметра 200 мм и прямоугольным 120×260 мм. Берем деревянный брусок сечением 50×50 мм и длиной 1000 мм, обрезанный перпендикулярно к его оси, и к торцам прибьем 3—4 гвоздями: с одного конца диск диаметром 200 мм, а с другого — четырехугольник размерами 120×260 мм.

Если такую каретку уложить на листе бумаги, чтобы одна сторона прямоугольника прилегала к нему, и начать затем перекачивать каретку по ее диску, нажимая на бумагу, то прямоугольник начнет подниматься одной стороной и опускаться другою до тех пор, пока вторая сторона не совпадет с поверхностью бумаги (этот момент надо отметить на следе, оставляемом на бумаге диском, для последующей проверки); этот маневр повторяют четыре раза (по числу сторон прямоугольника). След, оставленный на бумаге обеими набивками каретки, и представит собою искомую развертку, которую необходимо однако проверить, не произошло ли во время перекачивания каретки скольжения, помощью мерительного колеса или рулетки на ребро.

Наклонные и косые переходы. Такой же простой по конструкции, но более трудной в изготовлении, является каретка для наклонных и косых переходов, т. е. когда требуется разметить переход между отверстиями, расположенными под углом друг к другу и смещенными одно относительно другого. В этом случае приходится пользоваться двумя досками, поставленными под заданным углом друг к другу с временно на них

укрепленными дисками, к которым и пригоняется становой стержень каретки и тут же с ними скрепляется. В дальнейшем разметка происходит так же, как было выше описано.

Сложные каретки. В некоторых случаях каретки получают довольно сложное устройство и ими пользуются не только для развертки поверхностей, но и как лекалом для гибки.

Примером такой сложной каретки может служить применяемая для развертки ковшей землечерпательниц и экскаваторов. Такой ковш изображен в трех проекциях на рис. 376.¹⁾

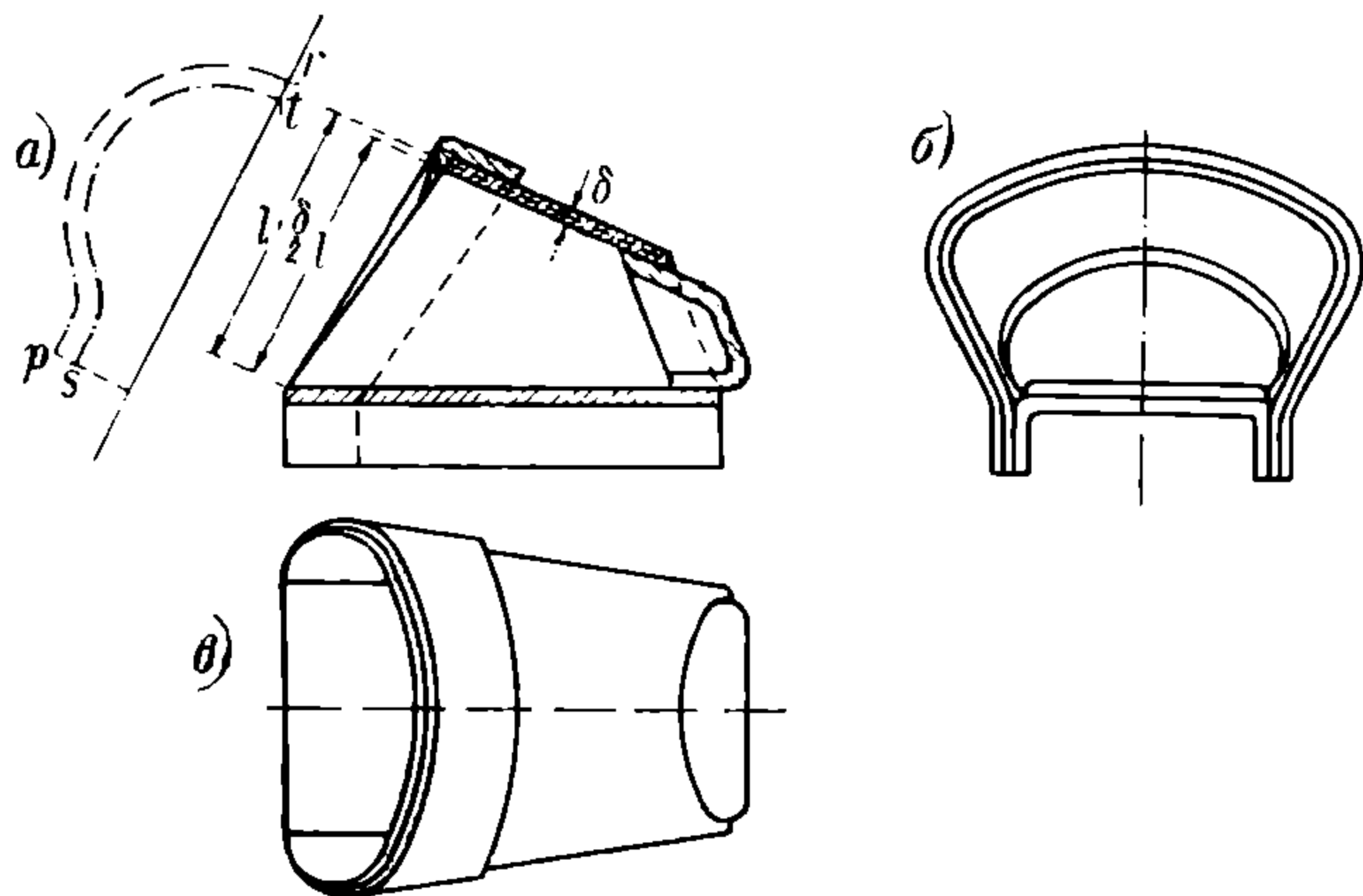


Рис. 376.

На рис. 377 представлена соответствующая ему каретка, изготовляемая из деревянных планок.

Для изготовления на рабочем плазе вычерчивают ковш в натуральную величину и по этому чертежу заготавливают сначала два лекала *a* и *b* из пригнанных вперекрой и сшитых гвоздями досок, толщиной 20 мм, со-

ответствующие переднему и заднему поперечным сечениям ковша (через центровые линии поперечных швов). Этим лекалам придается такое очертание, чтобы, когда на них будут нашиты планки *c, c, c, ...*, наружная поверхность каретки (по этим планкам) соответствовала нейтральному слою обшивочного (шинельного) листа ковша. Когда каретка готова, ее переносят на лист, предназначенный для шинельного листа, и начинают ее перекатывать по листу, наблюдая, чтобы не происходило скольжения и сдвигов каретки по листу. Для получения правильной развертки на каретке наносят продольную осевую линию развертки, которую при перекатывании через нее каретки отмечают на листе. Кроме того на каретку наносят еще боковые продольные линии, обозначающие то место на шинельном листе, где начинается отгиб фланца для склепывания шинели со спинкой ковша.

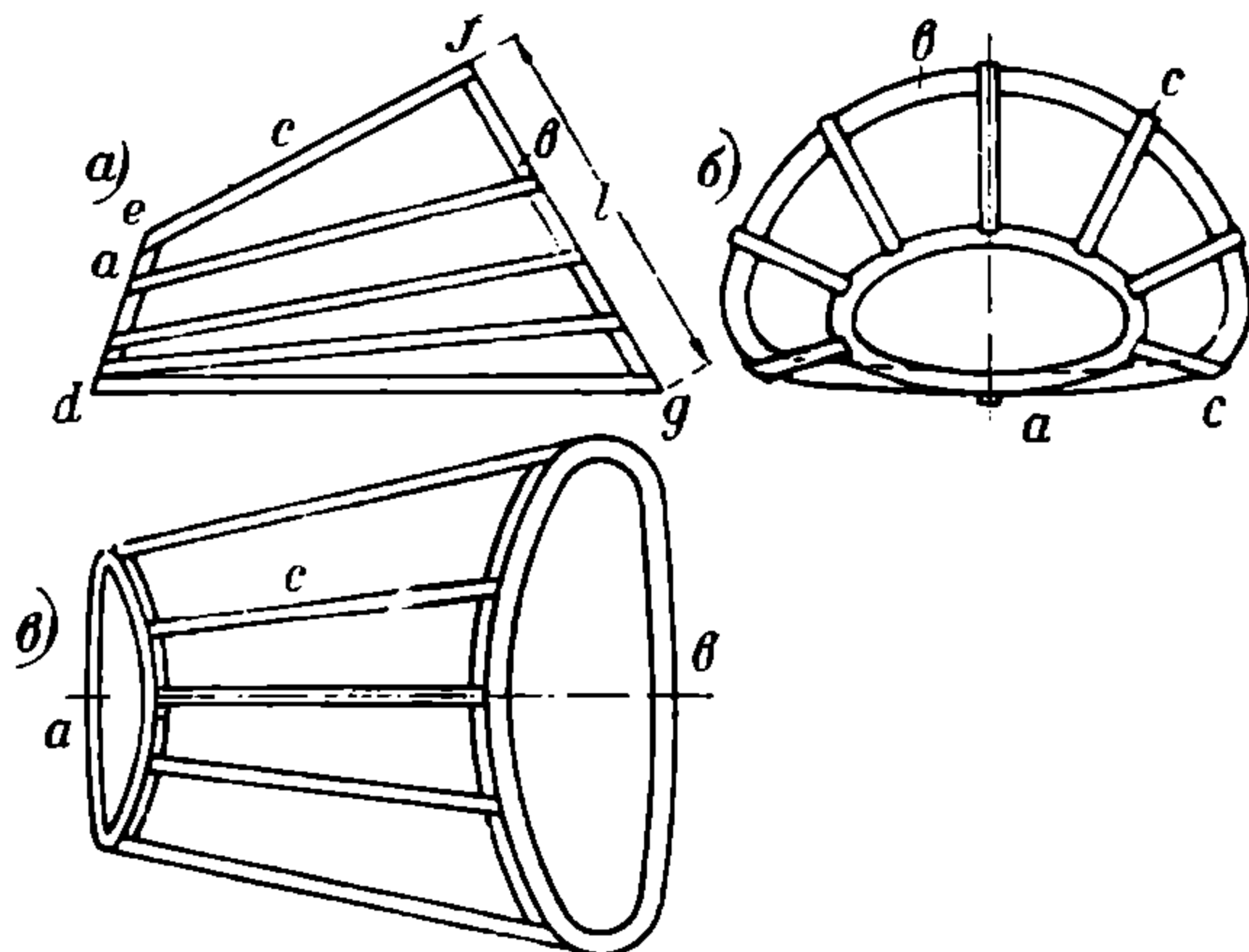


Рис 377.

ответствующие переднему и заднему поперечным сечениям ковша (через центровые линии поперечных швов). Этим лекалам придается такое очертание, чтобы, когда на них будут нашиты планки *c, c, c, ...*, наружная поверхность каретки (по этим планкам) соответствовала нейтральному слою обшивочного (шинельного) листа ковша. Когда каретка готова, ее переносят на лист, предназначенный для шинельного листа, и начинают ее перекатывать по листу, наблюдая, чтобы не происходило скольжения и сдвигов каретки по листу. Для получения правильной развертки на каретке наносят продольную осевую линию развертки, которую при перекатывании через нее каретки отмечают на листе. Кроме того на каретку наносят еще боковые продольные линии, обозначающие то место на шинельном листе, где начинается отгиб фланца для склепывания шинели со спинкой ковша.

¹⁾ См. „Техникум на дому“, Рожков, Котельное дело, ч. III.

Эти линии также отмечаются на развертке и от них откладываются полосы dd_1 и gg_1 (рис. 378), шириною равные сумме длины дуги загиба и ширины фланца. К верхнему и нижнему очертанию развертки прибавляют по $1/2$ перекрыши поперечных швов, и выкройка шинельного листа ковша готова. Остается нанести на нее центровые линии заклепочных швов и разбить центры заклепок.

Для помощи этой развертке получают и развертку козырька ковша. Для этого при помощи листа бумаги переводят дыры на лист кровельного железа, из которого делают затем шаблон для разметки козырька. Но так как нейтральная линия козырька длиннее нейтральной линии шинельного листа, то в полученное расположение дыр надо внести поправки, которые делаются следующим образом. Мерительным колесом обмеряют на плазу длины нейтральных слоев листа и козырька и подсчитывают их соотношение, соответственно которому оставляют дыры в направлении, перпендикулярном загибу листа (т. е. с достаточной точностью—по горизонтали).

Например, если длина листа = 2000 мм, а козырька = 2040 мм, т. е. последний длиннее листа на $\frac{2040 - 2000}{2000} \times 100 = 2\%$, и следовательно все расстояния между центрами заклепок должны быть также увеличены на 2% каждое. Например, если на шаблоне листа расстояние $l = 100$ мм, то на козырьке оно должно быть 102 мм ($k = 2$ мм), если $l_1 = 200$ мм, то на козырьке $l_1 = 204$ мм и т. д.

Этот прием дает вполне удовлетворительные результаты и им с успехом пользуются на практике.

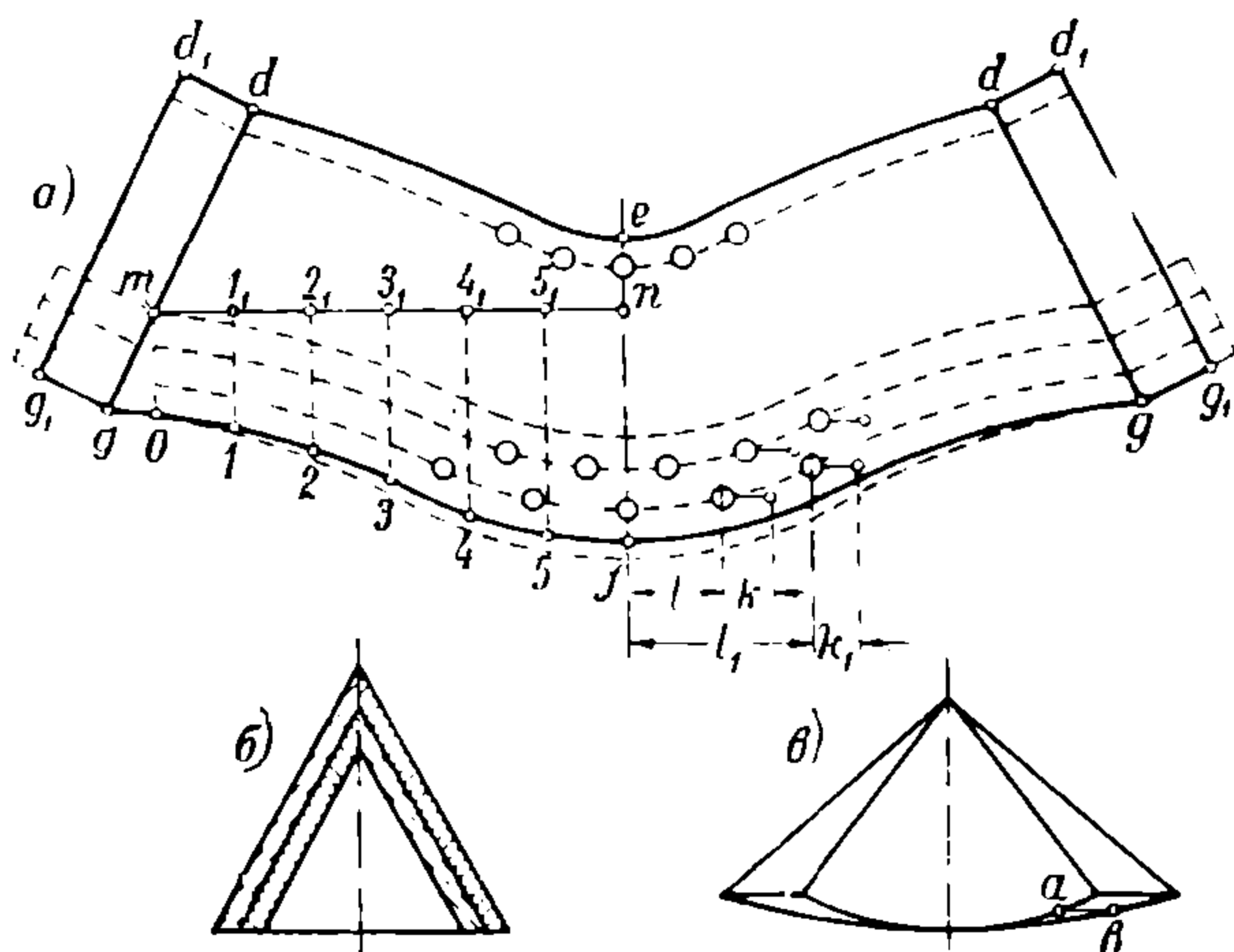


Рис. 378.

ГЛАВА VII.

РАЗМЕТКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ СТРЕЛЫ ПЛОВУЧЕГО 100-тонного КРАНА.

Если имеются свои особенности в разметке материала морского и паровозного котла и вообще какого-либо плотно-прочного изделия, то раз-

метка металлических конструкций, как то: ферм моста, надшахтного копра или приводимой ниже конструкции стрелы пловучего крана (рис. 379), также имеет свои характерные особенности, в частности, например, в отношении построения расчетной схемы стрелы, необходимой для определения ее разметочных размеров. С целью конкретизации этих особенностей в настоящей книге подобран ряд могущих интересовать разметчиков случаев осуществления разметочных работ, с которыми не каждому разметчику приходится сталкиваться.

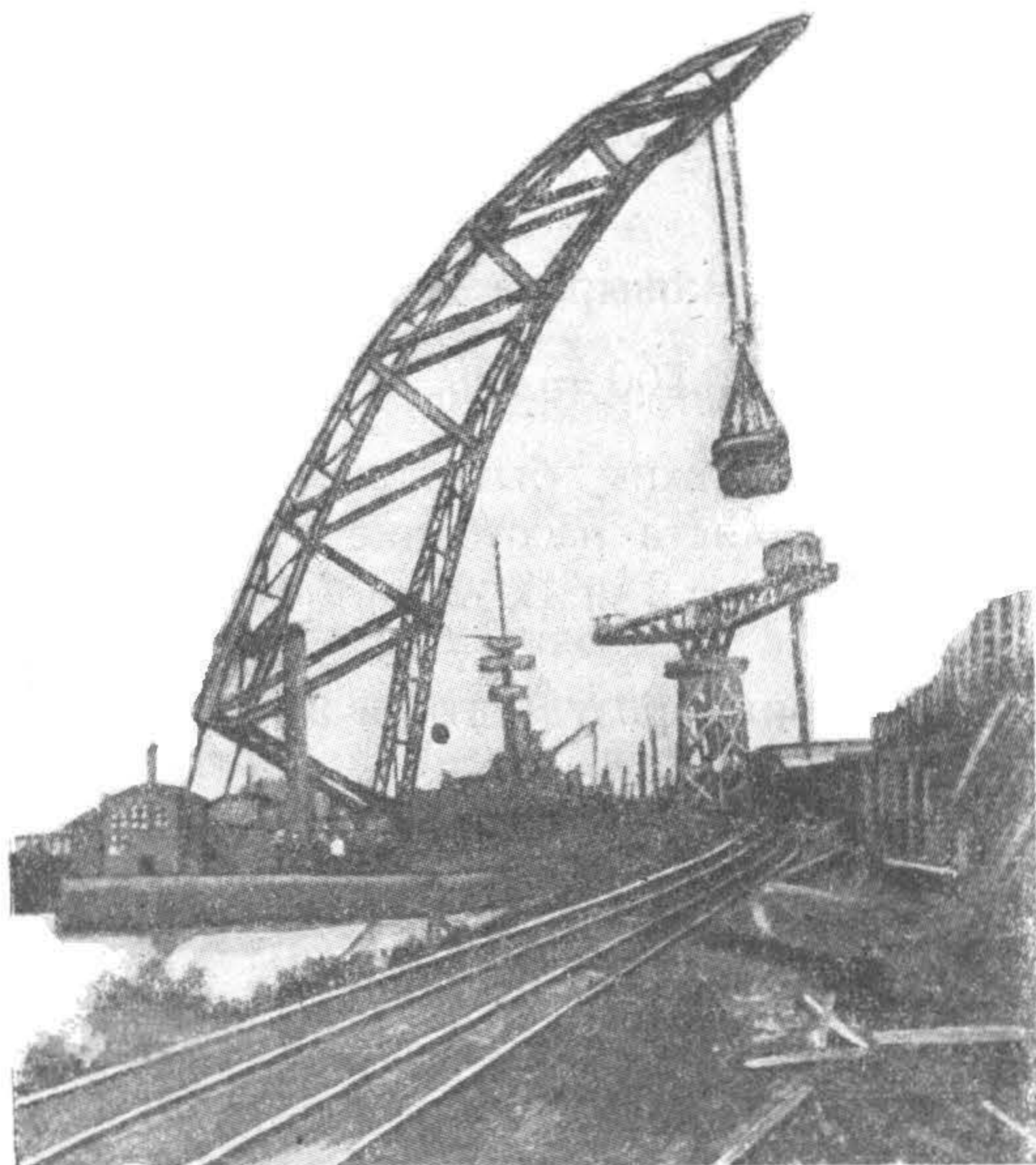


Рис. 379.

§ 35. ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ СТРЕЛЫ.

Изучая конструкцию рассматриваемой стрелы крана, нетрудно заметить, что построение ее очертания является делом сложным и требующим при разметке большого внимания и опытности.

Как и во всех других случаях разметки, а тут в особенности, прежде чем приступить к вычерчиванию, необходимо проверить все главные размеры, чтобы избежать большой неприятности, так как вследствие случайной ошибки на чертеже в размерах пропадет вся разметочная работа.

Для подсчета размеров стоек и раскосов, внутренних и наружных поясов стрелы и поперечных связей необходимо иметь некоторый навык к построению вспомогательных треугольников (метод триангуляции) для получения истинных длин и углов.

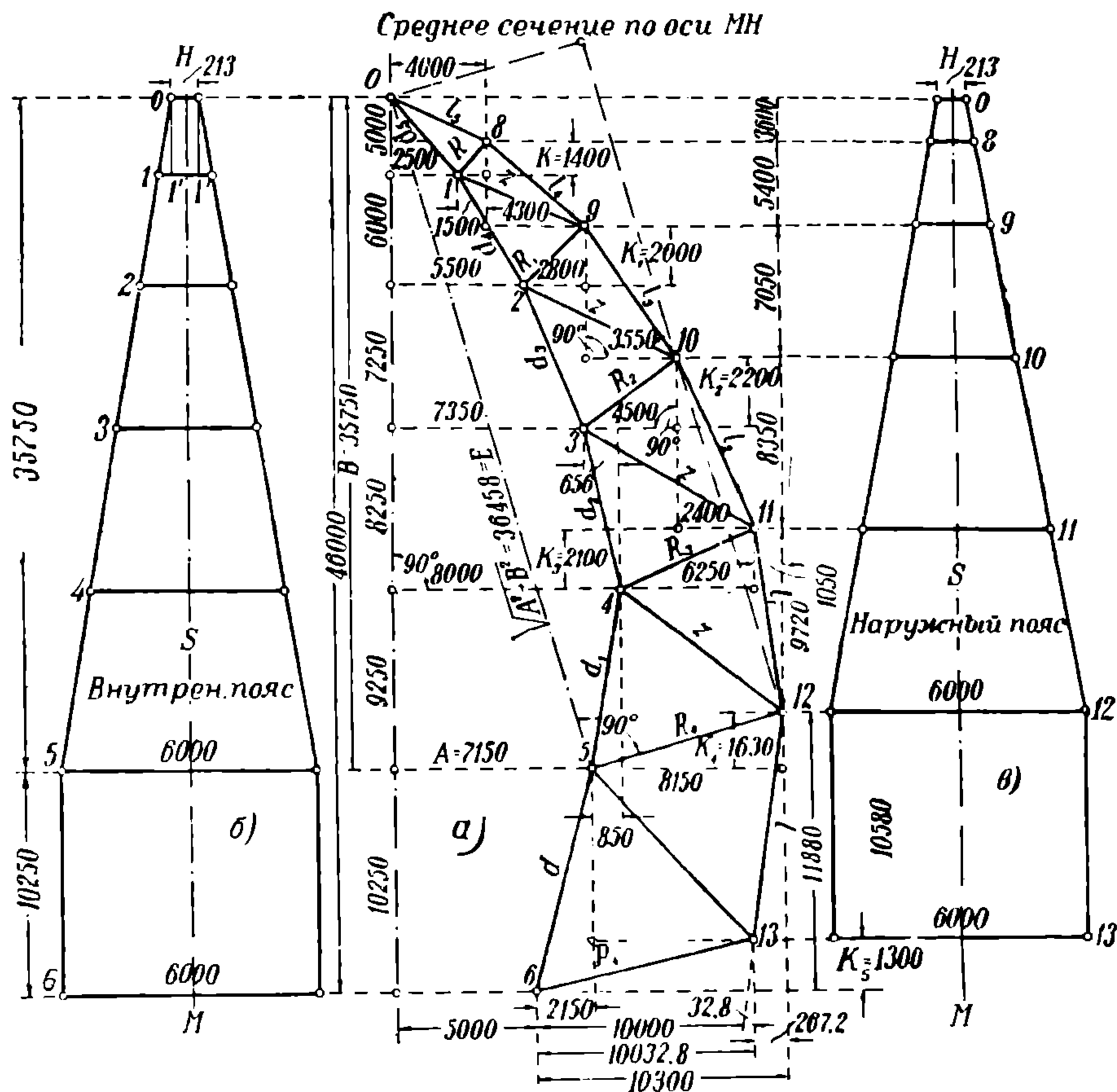


Рис. 380.

Вычисление размеров проекций элементов фермы. Как видно из рис. 380, основные расчетные размеры стрелы таковы:

а) высота = 46 000 мм (фиг. а), что составляет сумму интервальных размеров:

$$10\,250 + 9\,250 + 8\,250 + 7\,250 + 6\,000 + 5\,000 = 46\,000 \text{ мм};$$

б) горизонтальные размеры от вертикальной оси, проходящей через вершину стрелы, до внутренних узловых точек фермы (фиг. а), а именно (начиная сверху): до 1-го узла — 2500 мм, до 2-го — 5500; до 3-го — 7350; до 4-го — 8000; до 5-го — 7150 и до 6-го — 5000 мм;

в) горизонтальные расстояния от той же оси до наружных узловых точек фермы, считая сверху: $2500 + 1500 = 4000$ мм, $5500 + 2800 = 8300$ мм, $7350 + 4500 = 11850$ мм, $8000 + 6250 = 14\,250$; $7150 + 8150 = 15\,300$ мм и по низу $5000 + 10\,030 = 15\,033$ мм.

г) высоты взаимного расположения узловых точек наружного пояса, а именно (начиная снизу): 11 880 мм; 9720 мм; 8350 мм; 7050 мм; 5400 мм; 3600 мм

По этим размерам, являющимся истинными, построена схема расположения узлов стрелы, пользуясь которой, надо определить прежде всего длины проекций стоек R, R_1, R_2, R_3 и т. д.

Чтобы это сделать, построим ряд прямоугольных треугольников, у которых искомые длины проекций стоек $R, R_1, R_2, R_3 \dots$ являются гипотенузами, а горизонтальные катеты соответственно равны разностям приведенных выше в п.п. б и в размеров. Остается отыскать вертикальные катеты $K, K_1, K_2, K_3, K_4 \dots$, которые легко определяются путем сложения или вычитания высот взаимного расположения соответствующих узловых точек наружного и внутреннего поясов.

Таким образом, из рис. 380 находим численные значения вертикального катета. Вычисления начинаем сверху:

1) $5000 - 3600 = K = 1400$ мм,

2) $5000 + 6000 - (3600 + 5400) = K_1 = 2000$ мм,

3) $5000 + 6000 + 7250 - (3600 + 5400 + 7050) = K_2 = 2200$ мм,

4) $5000 + 6000 + 7250 + 8250 - (3600 + 5400 + 7050 + 8350) = K_3 = 2100$ мм,

5) $11\,880 - 10\,250 = K_4 = 1630$ мм,

6) $11\,880 - 10\,580 = K_5 = 11300$ мм.

Отыскав катеты, находим гипотенузы — проекции стоек:

1) $\sqrt{(1500)^2 + (1400)^2} = R = 2051,8 \sim 2052$ мм;

2) $\sqrt{(2800)^2 + (2000)^2} = R_1 = 3442$ мм;

3) $\sqrt{(4500)^2 + (2200)^2} = R_2 = 5009$ мм;

4) $\sqrt{(6250)^2 + (2100)^2} = R_3 = 6593$ мм;

5) $\sqrt{(8150)^2 + (1630)^2} = R_4 = 8311$ мм;

6) $\sqrt{(10\,033)^2 + (1300)^2} = R_5 = 10\,116,5$ мм.

Определив необходимые размеры, переходим к отысканию длин проекций панелей по внутреннему и наружному поясам.

Для внутреннего пояса длины d, d_1, d_2 между узлами 6—5, 5—4, 4—3 и т. д. находим (начиная снизу) из рис. 380:

1) $d = \sqrt{(10\,250)^2 + (2150)^2}$;

2) $d_1 = \sqrt{(9250)^2 + (850)^2}$;

3) $d_2 = \sqrt{(8250)^2 + (656)^2}$ и т. д.

Определение длин проекций панелей наружного пояса находим таким же способом, а именно (начиная сверху):

- 1) $l_5 = \sqrt{(4000)^2 + (3600)^2}$;
- 2) $l_4 = \sqrt{(4300)^2 + (5400)^2}$;
- 3) $l_3 = \sqrt{(3550)^2 + (7050)^2}$;
- 4) $l_2 = \sqrt{(2400)^2 + (8350)^2}$;
- 5) $l_1 = \sqrt{(1050)^2 + (9720)^2}$;
- 6) $l = \sqrt{11\,880 - 1300 + (267,2)^2}$.

Определение истинных размеров элементов фермы. Длины проекций раскосов $z, z_1, z_2 \dots$ подсчитывают таким же порядком, подобрав соответствующие треугольники.

Закончив подсчет размеров проекций элементов главной фермы, переходим к отысканию истинных размеров $Q, Q_1, Q_2 \dots$ ширины между обеими главными фермами стрелы, т. е. между узлами 3—3, 5—5...9—9 и т. д. (рис. 381).

Для отыскания этих размеров необходимо построить ряд вспомогательных треугольников, а так как на рис. 380 получилось уже обилие цифр и треугольников, затрудняющих работу, то вычертим вновь схему стрелы специально для отыскания размеров междуфермовых креплений, который их рис. 381б (слева) определяются: \bar{Q}_4 — дано и равно 6000 мм $\bar{Q}_3 = 6\,000 - 2x$; $\bar{Q}_2 = 6\,000 - 2x_1$.

$\bar{Q}_1 = 6\,000 - 2x_2$ и $\bar{Q} = 6000 - 2x_3$; \bar{Q}_0 — дано и равно $6000 - 2x_4 = 213$ мм. В частном случае, когда линии 1—2—3—4—5 — прямая, эти размеры определяются непосредственно:

$$Q_3 = 6000 - \frac{6000 - 213}{5} = 6000 - 1157,4 = 4842,6 \text{ мм},$$

$$Q_2 = 6000 - (1157,4 \times 2) = 3685,2 \text{ мм},$$

$$Q_1 = 6000 - (1157,4 \times 3) = 2527,8 \text{ мм},$$

$$Q = 6000 - (1157,4 \times 4) = 1370,4 \text{ мм и}$$

$$Q_0 = 6000 - (1157,4 \times 5) = 213 \text{ мм}.$$

Но в общем случае для определения Q, Q_1, Q_2 надо предварительно определить $x, x_1, x_2 \dots$, которые могут быть найдены из подобных треугольников, заключенных между прямой E и линией 0—1—2—3—4—5 (фиг. б):

$$x = \frac{x_1 T}{E}; \quad x_1 = \frac{x_4}{E} (T_1 + T);$$

$$x_2 = \frac{x_4}{E} (T_2 + T_1 + T)$$

и т. д., где неизвестными являются величины $T, T_1, T_2 \dots$

С целью их нахождения пристраиваем на рис. 380 и 381 вспомогательный прямоугольный треугольник, у которого гипотенузой является линия E , соединяющая узловые точки 0 и 5, а катетами — вертикальная линия B , проведенная из точки 0, и горизонтальная A , проведенная из точки 5.

Как видно из среднего сечения фермы (рис. 381).

$$T = p + k_1; \quad T_1 = p_1 + k_1; \quad T_2 = p_2 + k_2 \text{ и т. д.}$$

Для нахождения же p, p_1, p_2 и k, k_1, k_2 надо проделать ряд вычислений, а именно:

1) найти сначала катеты l, l_1, l_2 ...; прямоугольных треугольников, подобных вспомогательному треугольнику со сторонами A, B и E :

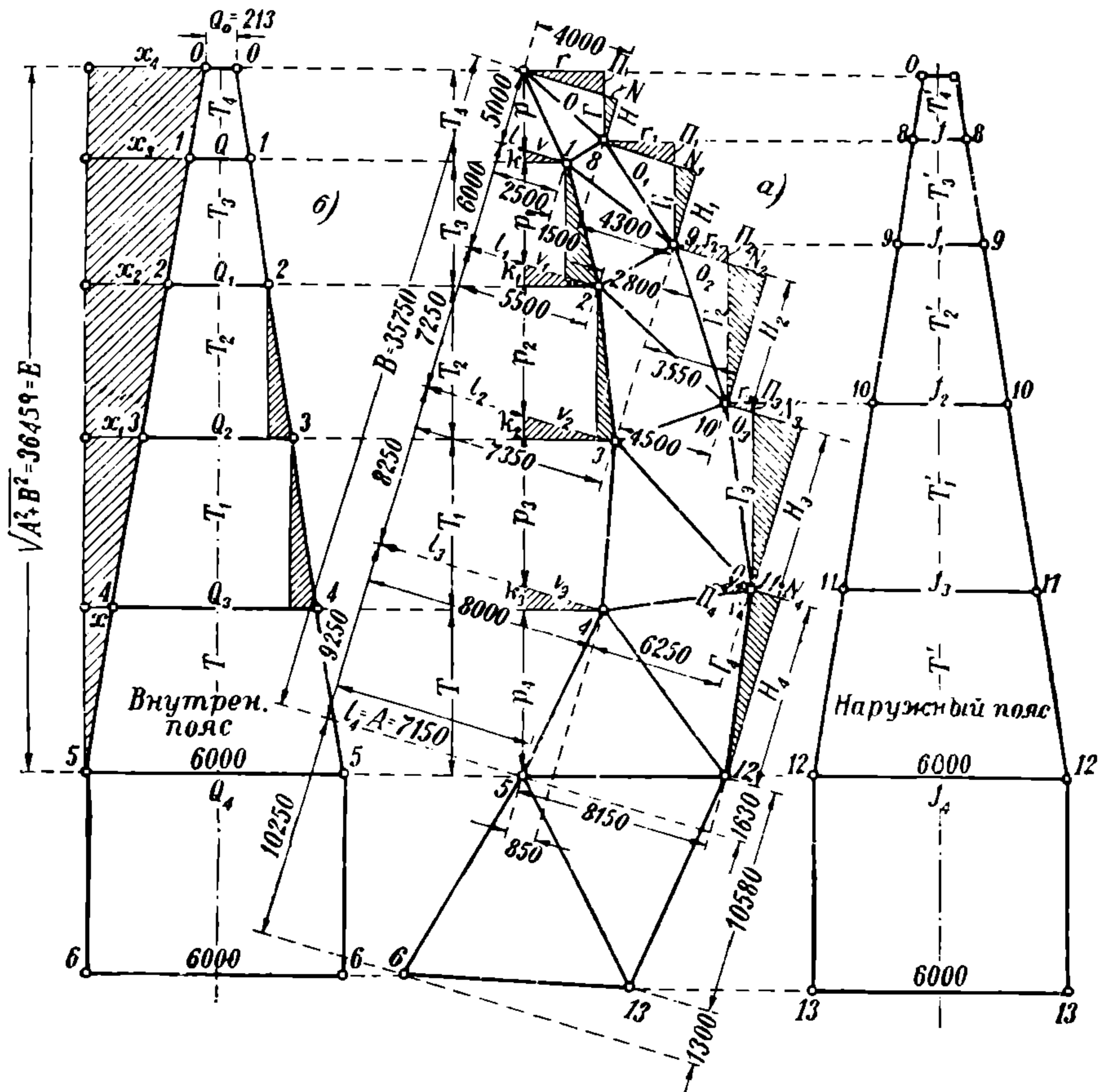


Рис. 381.

2) гипотенузы v, v_1, v_2 заштрихованных малых треугольников, как разности между данными на рис. 380 расстояниями узловых точек от вертикали и величинами l, l_1, l_2 ...;

3) катеты K, K_1, K_2 ... тех же треугольников и, наконец,

4) величины p, p_1, p_2 ... из подобия треугольников, заключенных между сторонами B и E нашего большого вспомогательного треугольника.

Эти вычисления производятся по следующим формулам:

$$1) \quad l = 5000 \frac{A}{B}; \quad l_1 = (5000 + 6000) \frac{A}{B}; \quad l_2 = (5000 + 6000 + 7250) \frac{A}{B} \text{ и т. д.}$$

$$2) v = 2500 - l; \quad v_1 = 5500 - l_1; \quad v_2 = 7350 - l_2 \text{ и т. д.}$$

$$3) K = v \frac{A}{E}; \quad K_1 = v_1 \frac{A}{E}; \quad K_2 = v_2 \frac{A}{E} \text{ и т. д.}$$

$$4) P = \frac{E}{A} l; \quad P = K + P_1 = \frac{E}{A} l, \text{ откуда}$$

$$P_1 = \frac{E}{A} l_1 - (p + k); \quad p + k + p_1 + k_1 \quad p_2 = \frac{E}{A} l_1, \text{ откуда}$$

$$p_2 = \frac{E}{A} l_2 - (p_1 + k_1 + p + k) \text{ и т. д.}$$

Для определения истинных длин панелей внутреннего пояса фермы необходимо знать истинные длины отрезков $T_{(\text{ист})}$, $T_{1(\text{ист})}$, $T_{2(\text{ист})}$, лежащих в плоскостях соответствующих панелей, т. е. 6—5, 5—4, 4—3 и т. д., так как тогда длина любой панели может быть определена из прямоугольного треугольника, подобного заштрихованному на левой фиг. 6 рис. 381, как его гипотенуза;

$$\text{например, истинная длина панели } 3-4 = \sqrt{T_{1(\text{ист})}^2 + \frac{(Q_3 - Q_2)^2}{2}}, \text{ а}$$

$$2-3 = \sqrt{T_{2(\text{ист})}^2 + \frac{(Q_2 - Q_1)^2}{2}}$$

и т. п.

Истинные же длины $T_{(\text{ист})}$, $T_{1(\text{ист})}$, $T_{2(\text{ист})}$ и т. д. определяются из прямоугольных треугольников на среднем сечении (фиг. 381а) подобных заштрихованным крест на крест:

$$\text{например, для панели } 1-2: T_{3(\text{ист})} = \sqrt{(p_1 + k_1)^2 + (l_1 - l)^2}$$

$$2-3: T_{2(\text{ист})} = \sqrt{(p_2 + k_2)^2 + (l_2 - l_1)^2}$$

и т. д.

Зная длины $T_{(\text{ист})}$, $T_{1(\text{ист})}$, $T_{2(\text{ист})}$ и т. д., легко уже подсчитать длины раскосов, лежащих в плоскостях соответственных панелей внутренних поясов фермы.

Покончив с определением разметочных размеров внутренних поясов фермы стрелы, переходим к подобным же подсчетам размеров наружных поясов 0—8, 8—9, 9—10 и т. д. (фиг. в), а также размеров поперечного крепления между фермами наружного пояса f , f_1 , f_2 и f_3 . С этой целью также предварительно строятся вспомогательные (заштрихованные слева направо) треугольники и с их помощью определяются искомые величины.

Начинают обычно с нахождения вертикальных катетов, пользуясь данными на рис. 380а.

$$1) H = 5000 - 1400;$$

$$2) H_1 = (6000 + 5000) - (2000 + H);$$

$$3) H_2 = (5000 + 6000 + 7250) - (H + H_1 + 2200) \text{ и т. д.}$$

Далее отыскиваем горизонтальные катеты $N, N_1, N_2 \dots$, исходя из подобия наших треугольников с основным вспомогательным треугольником со сторонами: $E - A - B$:

$$N = \frac{HA}{B};$$

$$N_1 = \frac{H_1 A}{B},$$

$$N_2 = \frac{H_2 A}{B}$$

и т. д.

Наконец, отыскиваем гипотенузы $\Gamma, \Gamma_1, \Gamma_2$

$$\Gamma = H^2 + N^2,$$

$$\Gamma_1 = H_1^2 + N_1^2,$$

$$\Gamma_2 = H_2^2 + N_2^2,$$

и т. д.

Теперь мы можем уже определить отрезки $\bar{O}, \bar{O}_1, \bar{O}_2, \bar{O}_3, \bar{O}_4$.

Мы не будем проводить здесь вычислений истинных длин элементов наружного пояса и боковых фасадов стрелы, полагая, что выше было достаточно ясно изложены приемы определения истинных длин косо расположенных элементов фермы при помощи подобия треугольников. К этим вспомогательным треугольникам приходится прибегать во всех случаях подсчета размеров подобных схем.

Общие указания. По окончании подсчетов весьма полезно вычертить на разбивочном плазе в возможно крупном масштабе всю схему стрелы и проверить подсчитанные размеры. Плазовый чертеж нужен также и для того, чтобы с него снять, как будет далее указано в гл. VIII (разметка мостовой фермы), углы для построения узловых косынок и затем уже разбить все узлы на соответствующем материале. Стыки поясных угольников и горизонтальных листов (полос) следует располагать вразгон, чтобы избежать ослабления сечений элементов фермы.

Равным образом, следует избегать расположения дыр на местах резкого перегиба полос или угольников.

Шаблоны для гибки угольников можно делать деревянными, но обязательно скреплять их железными планками на местах изгибов.

Размечая гнутые поясные угольники, надо тщательно проверять по записи в тетради как длины панелей, так и деревянный гибочный шаблон, чтобы не получить различных длин и не исказить общего очертания фермы.

В местах стыков рекомендуется разбивать дыры с расчетом на натяг при сборке в последующую рассверловку.

Наметку изделий для подобных конструкций рекомендуется поручать лучшим наметчикам и производить по ленточным шаблонам (рулеткам). При сборке должны быть намечены места разборки, составлена отправочная ведомость с эскизами отдельных частей и с указанием числа заклепок, потребных при сборке на месте (подробнее см. гл. VIII).

ГЛАВА VIII.

РАЗМЕТКА ФЕРМЫ МОСТА ОТВЕРСТИЕМ 76,8 м, С ЕЗДОЮ ПО НИЗУ.

В. Н. Скобунов.

§ 36. ПРОВЕРКА И ПОДСЧЕТЫ РАЗМЕРОВ.

Проверка основных размеров. Приступая к разметке моста любого типа, следует прежде всего проверить все смежные размеры по отношению к общей длине изделия, в данном случае к расчетной длине фермы (рис. 382), где:

$$L = (7677 \times 5) \times 2 = 76\,770 \text{ мм} = 76,77 \text{ м.}$$

Этот размер моста условились считать расчетным пролетом или отверстием моста. Действительное отверстие или пролет моста, т. е. расстояние в свету между опорами моста, несколько меньше расчетного. Затем необходимо проверить и другие расчетные или, как их иногда называют, теоретические размеры, как то: стоек, раскосов, длин панелей верхнего пояса и др.

Основные размеры обыкновенно указываются в чертеже схемы мостовой фермы, а именно: длина панелей нижнего пояса = $\Pi_H = 7677 \text{ мм}$ (см.

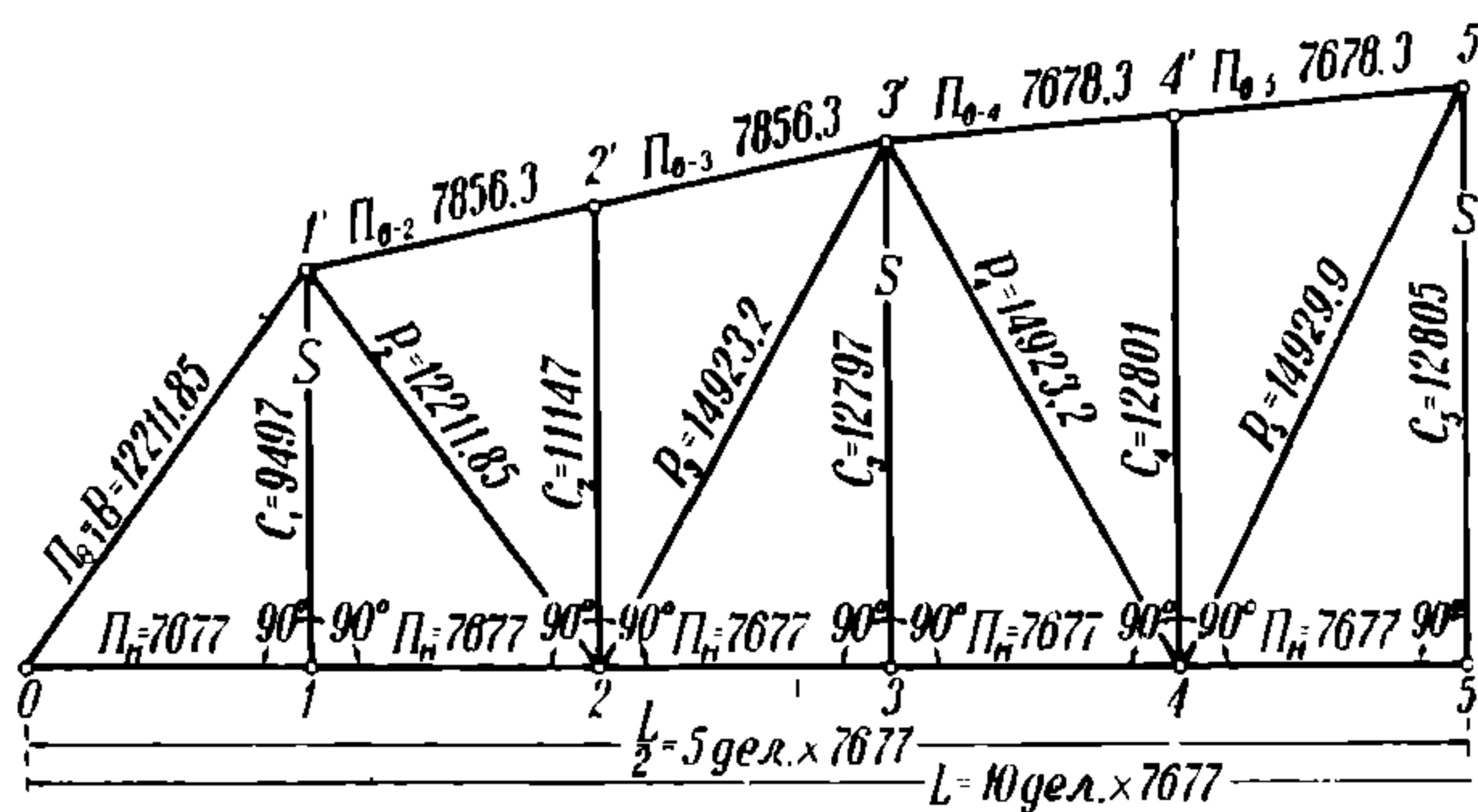


Рис. 382.

рис. 382); длина стоек:

$C_1 = 9497 \text{ мм}$; $C_2 =$

$= 11\,147 \text{ мм}$; $C_3 = 12\,797 \text{ мм}$; $C_4 = 12\,801 \text{ мм}$ и $C_5 = 12\,805 \text{ мм}$.

Как правило, стойки располагаются перпендикулярно к горизонтальному нижнему поясу (рис. 382), а в случае, если последний представляет собой ломаную или кривую линию, то стойки располагаются отвесно. Основой для построения очертания верхнего пояса служат в данном случае стойки: $C_1 = 9497 \text{ мм}$; $C_3 = 12\,797 \text{ мм}$ и $C_5 = 12\,805 \text{ мм}$, вершины которых соединены прямыми, идущими, начиная от нижнего основного узла O к $1'$, от $1'$ к $3'$ и от $3'$ к $5'$. После этого проверяются длины раскосов P_1 , P_2 , P_3 , P_4 и P_5 при помощи следующих вычислений (рис. 382).

Из прямоугольного $\triangle O-I'-I$ находим:

$$P_1 = P_{в-1} = \sqrt{P_H^2 + C_1^2} = \sqrt{7677^2 + 9497^2} = 12\,211,85 \text{ мм.}$$

Таким же образом находим длину 2-го раскоса из прямоугольного $\triangle I-I-2'$, где

$$P_2 = \sqrt{P_H^2 + C_1^2} = 12\,211,85 \text{ мм.}$$

Точно так же из соответствующих треугольников найдем

$$P_3 = P_4 = \sqrt{P_H^2 + C_3^2} = 14\,923,2 \text{ мм}$$

и

$$P_5 = \sqrt{P_H^2 + C_5^2} = 14\,929,9 \text{ мм.}$$

Теперь, зная длины раскосов и основных стоек C_1, C_3 и C_5 , легко отыскать и длины промежуточных стоек C_2 и C_4 . Определяем длину стойки C_2 как среднюю линию трапеции (рис. 382), равную полусумме параллельных сторон, т. е.

$$C_2 = \frac{C_1 + C_3}{2} = \frac{12\,797 + 9\,497}{2} = 11\,147 \text{ мм;}$$

равным образом и

$$C_4 = \frac{12\,797 + 12\,805}{2} = 12\,801 \text{ мм.}$$

Остается проверить длины панелей верхнего пояса между стойками $1'-2', 2'-3'$ и $3'-4'$ и $3'-5'$

Для их определения построим 4 прямоугольника (заштрихованы на рис. 383):

- а) $1'-2''-2'$;
- б) $2'-3''-3'$;
- в) $3'-4''-4'$

и

- г) $4'-5''-5$,

из которых находим:

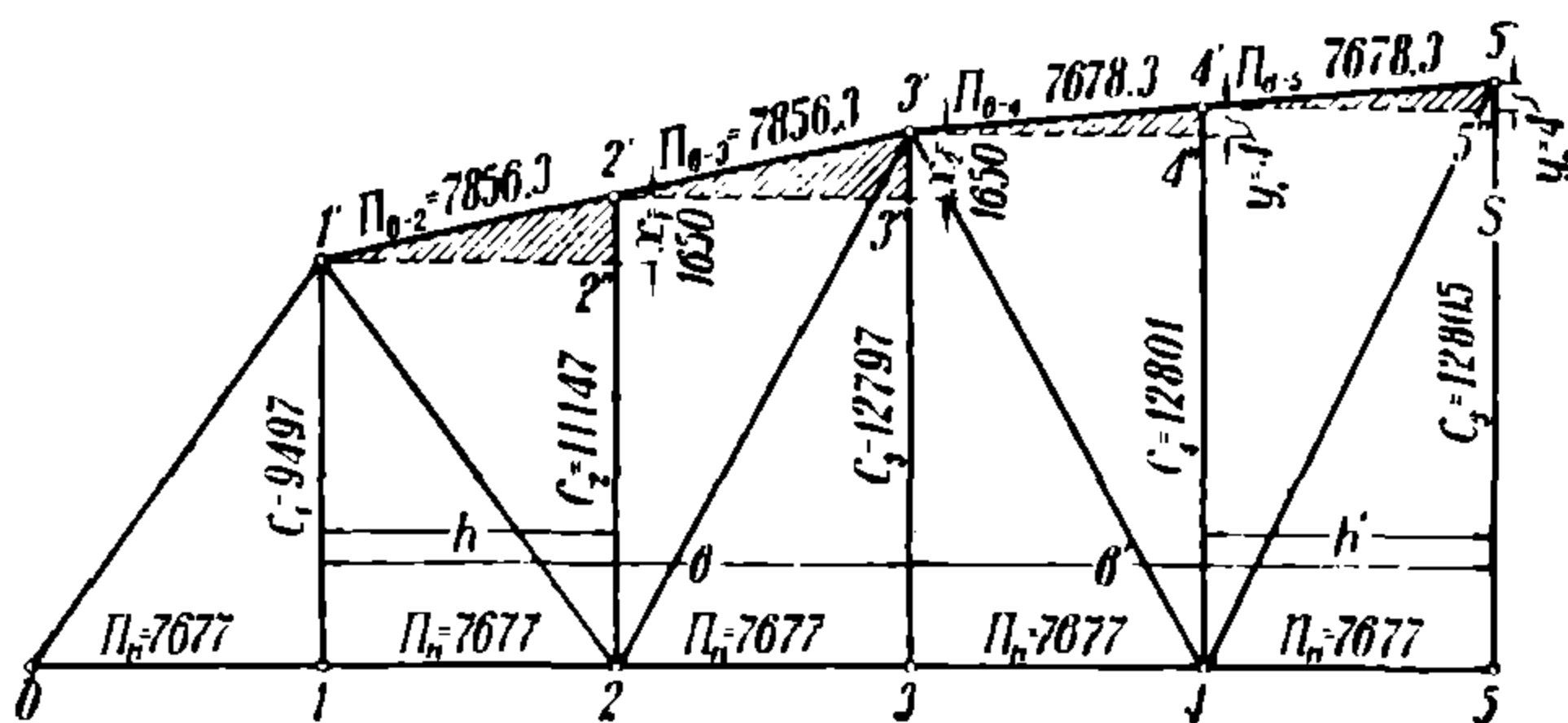


Рис. 383.

$$x_1 = C_2 - C_1 = 11\,147 - 9\,497 = 1\,650 \text{ мм;}$$

$$x_2 = C_3 - C_2 = 12\,797 - 11\,147 = 1\,650$$

$$y_1 = C_4 - C_3 = 12\,801 - 12\,797 = 4$$

$$y_2 = C_5 - C_4 = 12\,805 - 12\,801 = 4$$

а также:

$$P_{в-2} = \sqrt{P_H^2 + x_1^2} = \sqrt{7677^2 + 1650^2} = 7\,856,3 \text{ мм;}$$

$$P_{в-3} = \sqrt{P_H^2 + x_2^2} = 7\,856,3 \text{ мм;}$$

$$P_{в-4} = \sqrt{P_H^2 + y_1^2} = \sqrt{7677^2 + 4^2} = 7\,678,3 \text{ мм;}$$

$$P_{в-5} = \sqrt{P_H^2 + y_2^2} = 7\,678,3 \text{ мм.}$$

Строительный подъем. Проверив таким образом все главные расчетные размеры схемы моста, переходим к расчету строительного подъема.

Так называемый строительный подъем придается мостовой ферме в предупреждение провисания ее под влиянием как собственного веса, так и в особенности подвижной нагрузки (веса поезда). Техническими условиями НКПС требуется придание ферме строительного подъема в $1/1000$ расчетного пролета.

Практически же, учитывая неизбежные несовершенства клепки и сборки, придают обычно больший подъем, а именно:

при малых пролетах до $1/600 L$,

а при больших пролетах до $1/970 L$.

Таким образом в нашем случае необходимо из вышеуказанных соображений принять строительный подъем равным

$$f = \frac{76770}{970} = 79 \text{ мм.}$$

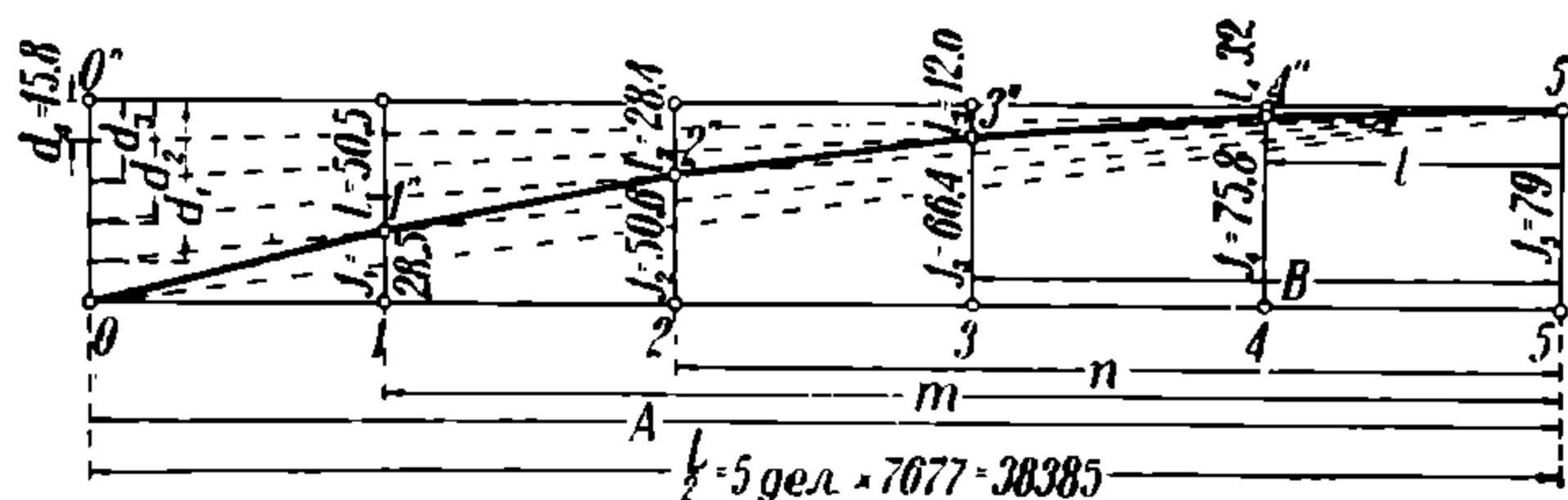


Рис. 384.

Вычисленный строительный подъем $f = 79 \text{ мм}$ относится к середине фермы, т. е. к центральной стойке C_5 . Необходимо установить, какие же подъемы следует придать ферме в различных ее узлах. При этом надо руководствоваться следующими положениями, принятыми в практике на всех мостостроительных заводах.

а) строительный подъем придается тому поясу фермы, к которому при-
мыкает проезжая часть;

б) очертание этому поясу придается по параболе.

Считаясь с этим, в нашем случае подъем приходится придавать нижнему поясу, для чего необходимо вычислить подъемы в различных узлах фермы.

Для построения параболы имеем, согласно вышеизложенному, две данные: $f = 79 \text{ мм}$ и $L = 76770 \text{ мм}$, по которым и следует ее построить.

Приняв за ось параболы ось стойки C_5 , за ее вершину — точку $5''$ на C_5 (рис. 384), соответствующую стрелке строительного подъема, и за данную на параболе точку — конец фермы, т. е. точку 0 , мы можем построить очертание параболы общеизвестным способом, а именно: через точку 0 проводим $\overline{0-5} \perp \overline{5-5''}$ и $\overline{0'-0''} \parallel \overline{5-5''}$, которые делим на равные деления, числом столько, сколько имеется панелей в половине фермы, т. е. на пять частей.

Проведя затем через точки деления $0-0''$ лучи к точке $5''$, а через точки деления $0-5$ — перпендикуляры к последней, мы найдем в пересечениях одноименных лучей и перпендикуляров точки $1''$, $2''$, $3''$ и $4''$, принадлежащие искомой параболе.

Остается вычислить величины f_1 , f_2 , f_3 , f_4 .

На основании известной теоремы о пропорциональности сторон подобных треугольников можем написать $\frac{\overline{4''-5''}}{\overline{0''-5''}} = \frac{\overline{4-5}}{\overline{0-5}} = \frac{l_4}{d_4}$, откуда $l_4 =$

$$= \frac{\overline{4-5}}{\overline{0-5}} d_4; \text{ но так как } d_4 = 79 : 5 = 15,8 \text{ мм,}$$

$$\text{а } \overline{4-5} = 7677 \text{ и } \overline{0-5} = \frac{L}{2} = 38385 \text{ мм},$$

$$\text{то } l_4 = \frac{7677}{38385} \cdot 15,8 = 3,16 \text{ мм} \sim 3,2 \text{ мм},$$

и следовательно

$$f_4 = f_5 - l_4 = 79 - 3,2 = 75,8 \text{ мм}.$$

Равным образом, мы можем написать:

$$l_3 = \frac{\overline{3-5} \cdot d_3}{\overline{0-5}} = 12,6 \text{ мм и } f_3 = 79 - 12,6 = 66,4 \text{ мм};$$

$$l_2 = \frac{\overline{2-5} \cdot d_2}{\overline{0-5}} = 28,4 \text{ мм и } f_2 = 79 - 28,4 = 50,6 \text{ мм};$$

$$l_1 = \frac{\overline{1-5} \cdot d_1}{\overline{0-5}} = 50,6 \text{ мм и } f_1 = 79 - 50,5 = 28,5 \text{ мм}.$$

Строительная схема фермы. Определив подъемы в узлах фермы, переходят к составлению строительной схемы фермы, так как вследствие приданного подъема ее конфигурация изменится, причем неизменными останутся лишь длины стоек и горизонтальные расстояния между их подошвами ($\Pi_H = 7677 \text{ мм}$). Длины же панелей нижнего пояса, т. е. Π_{H-1} ; Π_{H-2} ; Π_{H-3} ; Π_{H-4} и Π_{H-5} (рис. 385) изменяется и новые длины их могут

быть определены из заштрихованных на рис. 385 прямоугольных треугольников.

Так например:

$$\Pi_{H-1} = \sqrt{\Pi_H^2 - f_1^2};$$

$$\Pi_{H-2} = \sqrt{\Pi_H^2 + x_2^2};$$

$$\Pi_{H-3} = \sqrt{\Pi_H^2 + x_3^2},$$

и т. д., где $x_2 = f_2 - f_1$, и $x_3 = f_3 - f_2$ и т. д., и т. п.

Однако длины нижних панелей, хотя и изменяются, но эти изменения настолько ничтожны, что они принимаются обычно равными первоначальным, т. е. $\Pi_H = 7677 \text{ мм}$.

В самом деле например в нашем случае длина первой панели $\Pi_{H-1} = \sqrt{\Pi_H^2 - f_1^2} = 7677,05 \text{ мм}$, т. е. разница с Π_H составляет всего 0,05 мм, что практически не имеет значения, а разница в длинах следующих панелей — еще меньше.

Для определения измененных длин раскосов и панелей верхнего пояса очень часто допускают предположение, что стойки остаются вертикальными

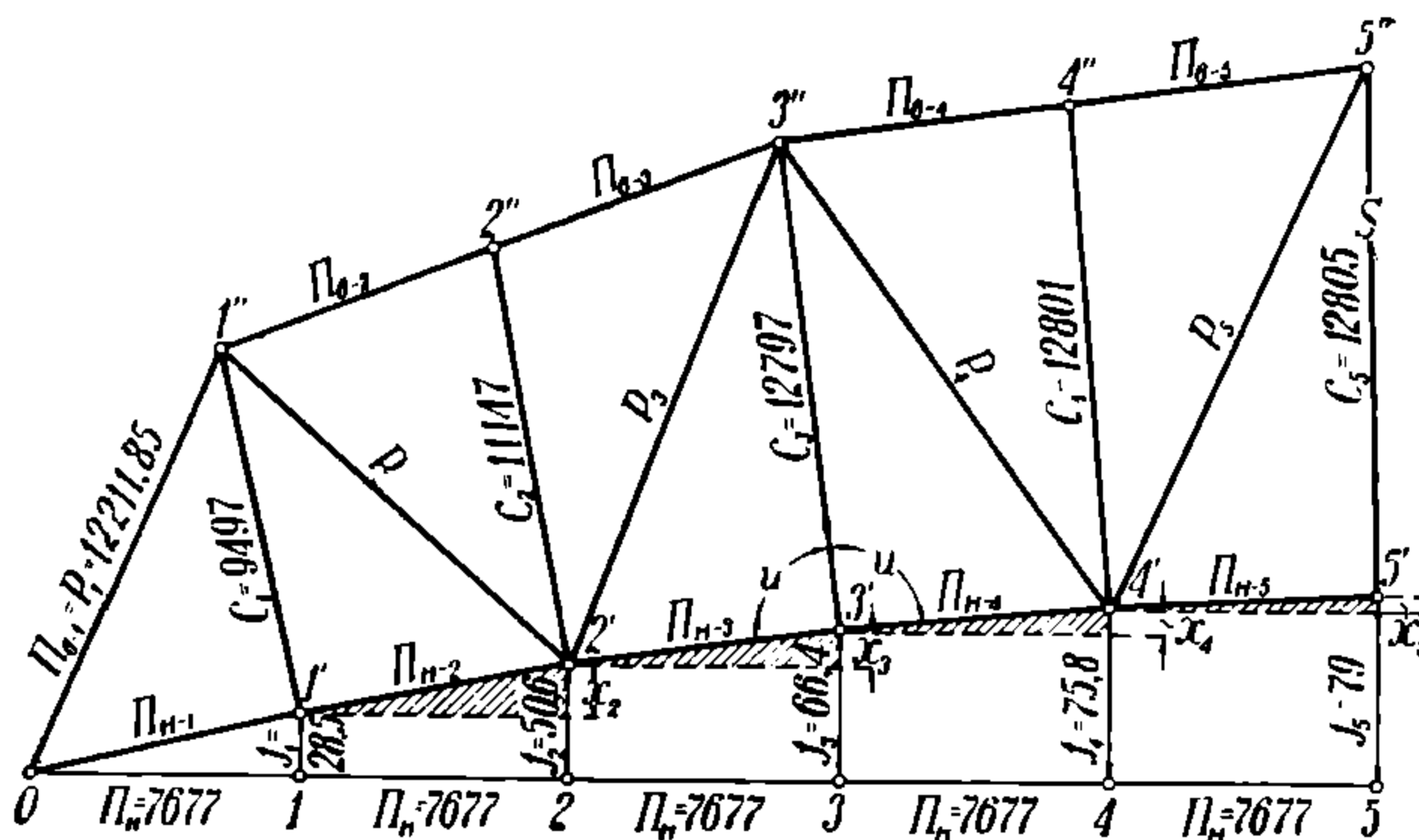


Рис. 385.

и таким образом в ферме получается ряд прямоугольных треугольников, из которых легко определить длины раскосов и панелей верхнего пояса.

В самом деле, при сказанном допущении ферма с подъемом примет вид, изображенный на рис. 386 (пунктиром изображена ферма без подъема). Из прямоугольных треугольников легко определяются длины панелей, как гипотенузы, а также и длины раскосов.

Однако в действительности с приданием на узлах фермы подсчитанных подъемов стойки не сохраняют своего вертикального положения и отклоняются от него, располагаясь по биссектрисам углов, образуемых двумя примыкающими к ним панелями нижнего пояса. В этом случае ферма с подъемом принимает вид, показанный на рис. 385, и определение длин его элементов становится значительно более сложным.

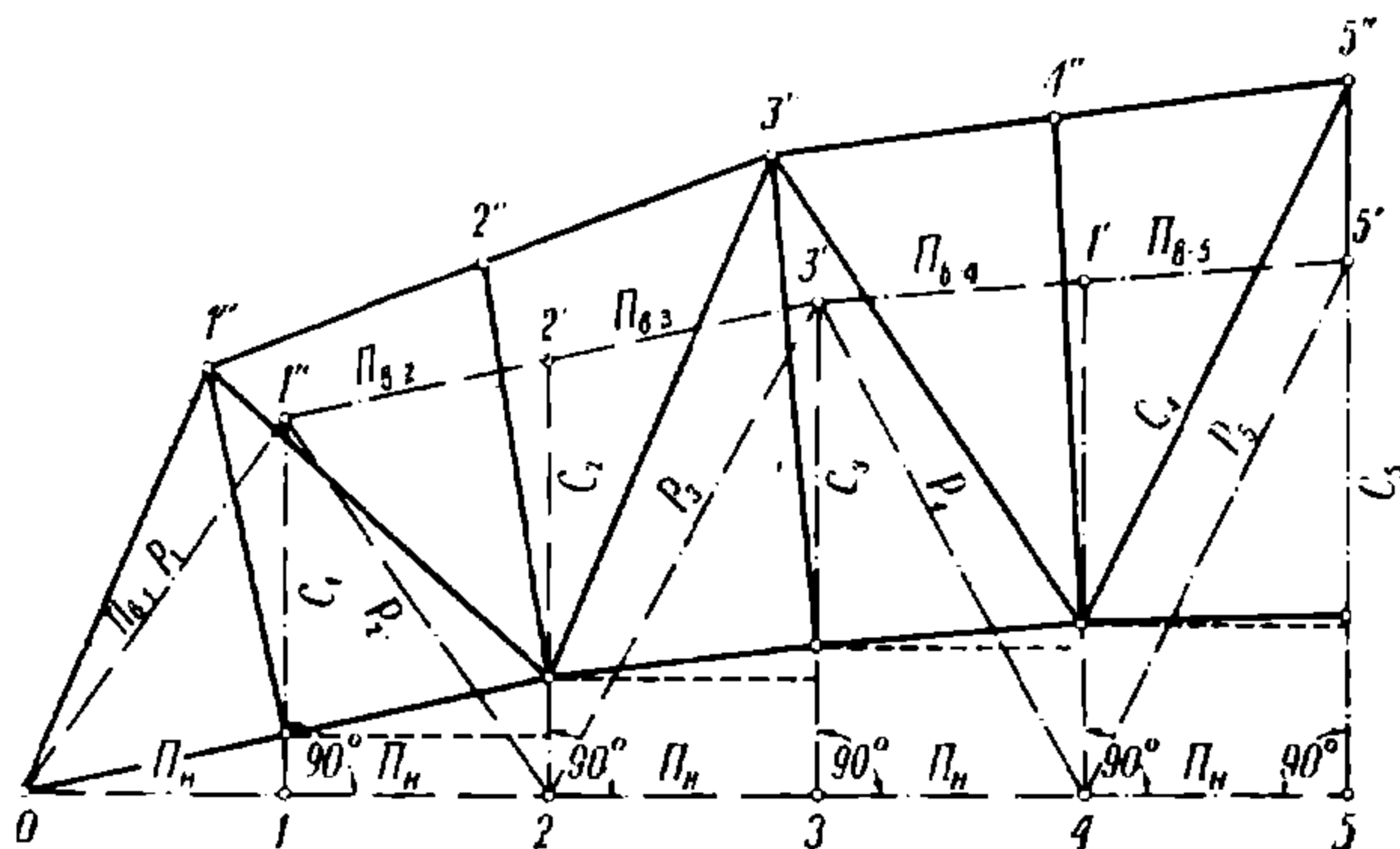


Рис. 386.

Способы определения строительных длин раскосов и панелей верхнего пояса. Чтобы в этом случае определить длины раскосов и панелей верхнего пояса, можно поступить двояко:

а) вычертить половину фермы в возможно большом масштабе на разбивочном плазе и с него снимать размеры углов между элементами фермы, или

б) все углы вычислять, пользуясь формулами тригонометрии.

Второй способ настолько сложен и кропотлив, что к нему почти никогда на практике не прибегают, а пользуются исключительно первым

§ 37. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФЕРМЫ НА РАЗБИВОЧНОМ ПЛАЗЕ.

В зависимости от размеров разбивочного плаза форму моста вычерчивают в масштабе в $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ или $\frac{1}{5}$ натуральной величины и попутно

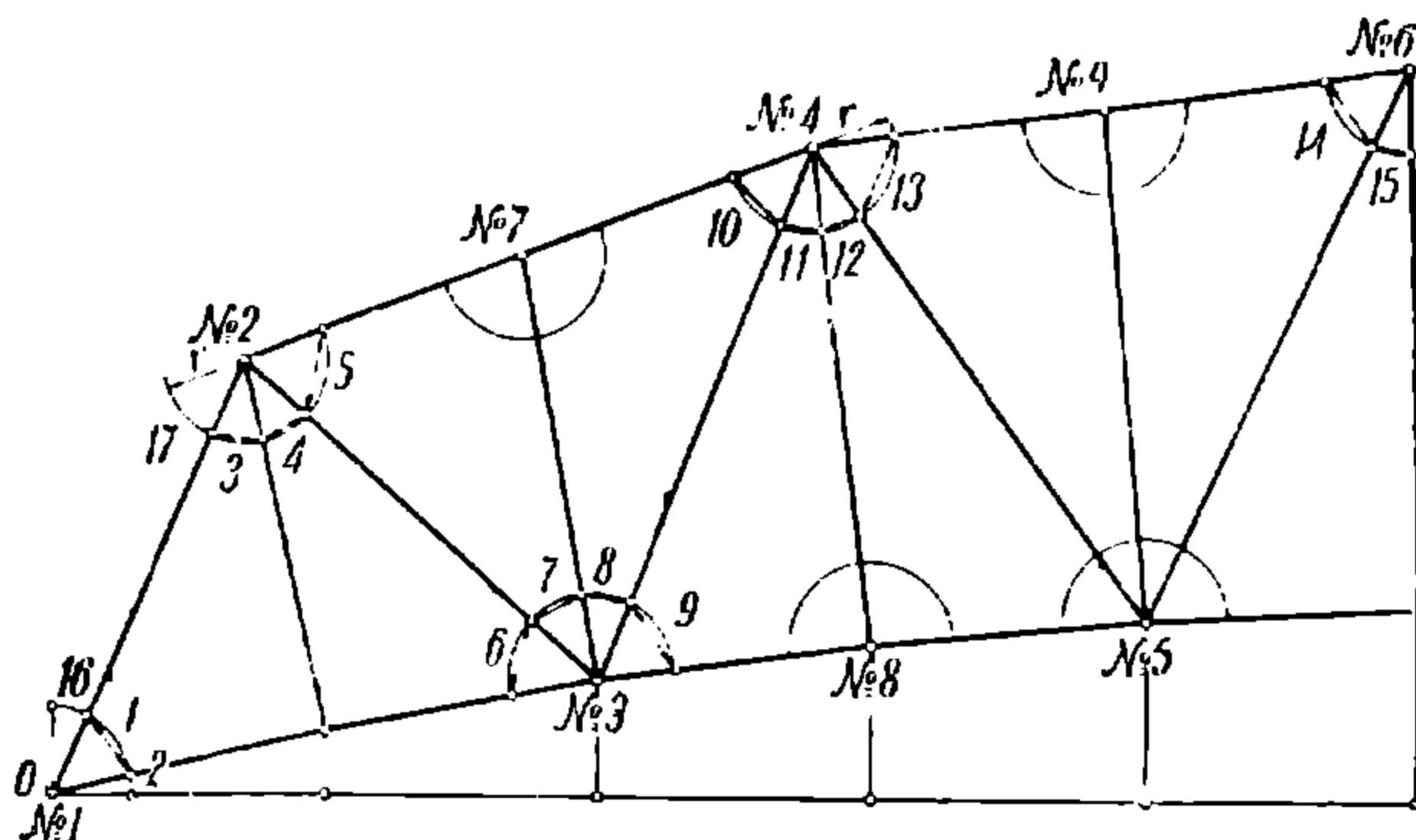


Рис. 387.

проверяют расчетные размеры, а затем с плаза выписывают размеры углов на эскиз и при разметке узлов косынок пользуются этими данными. Например, на рис. 387 изображен такой эскиз, который составляется следующим образом: на плазе, из точки О главного опорного узла № 1 (рис. 387), как из цен-

тра, описывается дуга радиусом $r = 500 - 700$ мм (смотря по величине планки узла) и проводятся хорды 1, 2 и 16, размеры которых вписываются в эксиз или в тетрадь, чтобы их сохранить. Точно так же очерчивается узел № 2 и снимаются размеры хорд 3, 4, 5 и 17 и т. д. — все узлы № 3, 4, 5, 6, 7, 8 до 9-го включительно.

Остается снятые с плазе размеры углов перенести на листы железа, заготовленные для узлов планок — сначала главных узлов № 1, 2, 3, 4, 5 и 6, а затем и остальных.

§ 38. РАЗМЕТКА УЗЛОВ.

Увязка строительной схемы с конструктивными размерами фермы. При разметке узловых планок руководствуются расчетными

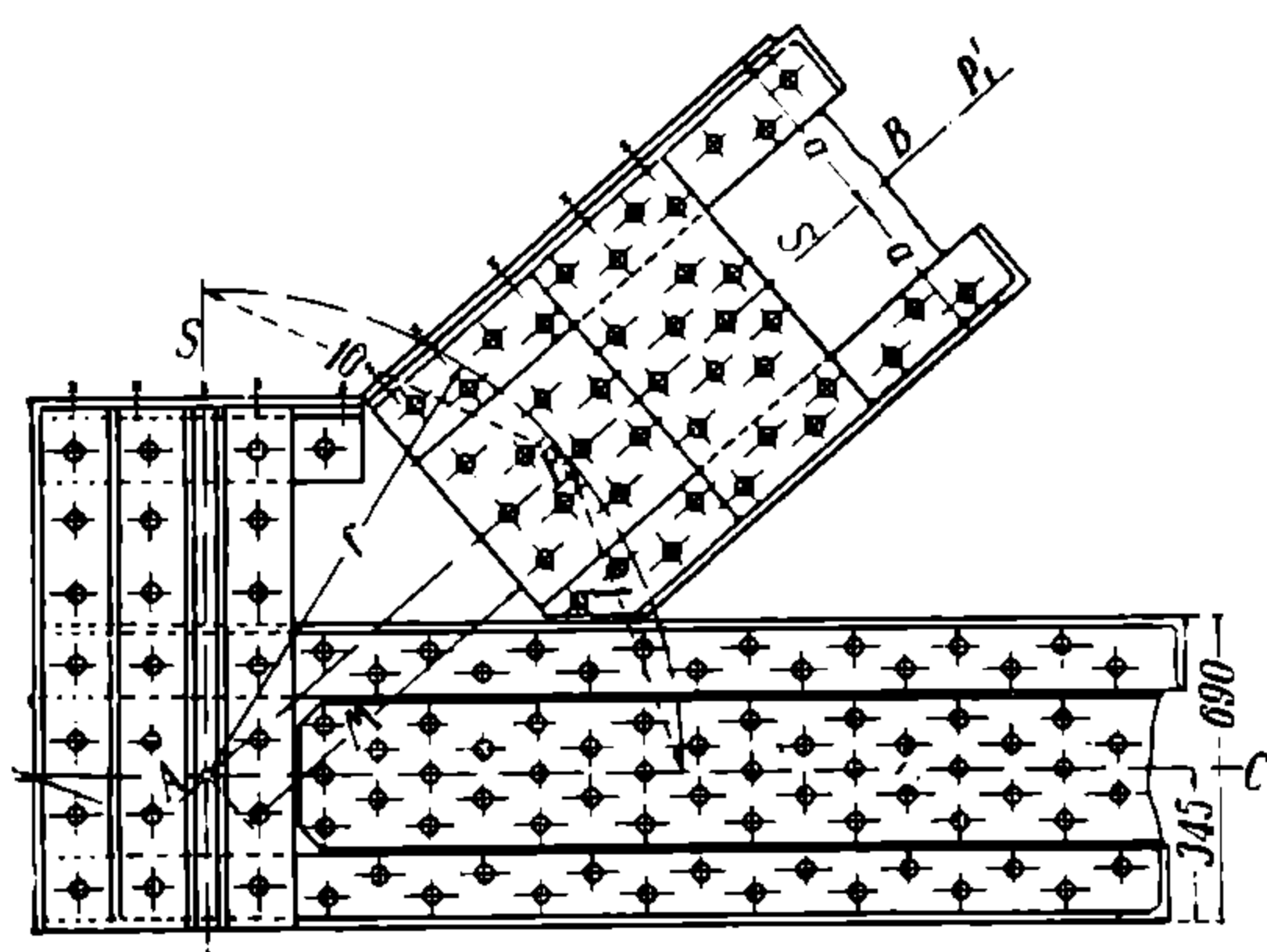


Рис. 388.

линиями, представляющими собою геометрические места центров тяжести сечений соответствующих элементов фермы. Возьмем, например, лист опорной узловой планки (рис. 388), на которую наносим сначала расчетную линию AC (геометрическое место центра тяжести) нижнего пояса, к ней пристраиваем снятый с плаза угол, очертив дугу радиуса r и отложив хорду 1 (см. рис. 387). Соединив полученную точку E с A , находим направление осевой расчетной линии раскоса P_1' . Для про-

верки отложим еще от вертикали S хорду 16, концевая точка которой должна совпасть при верном построении с точкой E .

По этим направлениям осей и разбивают узел, откладывая соответствующие размеры элементов фермы, как то: нижней панели, вертикальных опорных уголков, скрепляющихся с поперечным креплением, и опорного раскоса P_1' с разбивкой всех заклепочных дыр. Для ясности разметки весьма полезно раскрасить крейдами профили уголков, планок, накладок, срезов углов и т. д., чтобы рельефно выделялись все склепываемые детали, так как в дальнейшем эта узловая планка будет уже служить как бы плазом в натуральную величину и с нее будут брать все необходимые размеры для разметки прилегающих — панели нижнего пояса и укосины (раскоса) P_1' .

Затем таким же образом размечают верхний главный узел № 2 (рис. 389), связанный с укосиной P_1' , стойкою C_1 , раскосом P_2' и панелью верхнего пояса $\Pi_{в-2}$. Точно так же, как и ранее, сняв предварительно с разбивочного плаза направления осей укосины, стойки и раскоса при помощи построения углов, подробно вычерчивают расположение всех стыков угольников и накладок и т. п., причем на плазе тщательно наносят расположение горизонтальных листов верхнего пояса (панелей) для снятия рулеткой с натуры размеров гнутых деталей на участке C этого узла, где разметчик отмечает крестиками дыры горизонтальных листов. Размеры длин гнутых горизонтальных листов измеряются, разумеется, по нейтральной линии каждого

листа. Затем переходят к разбивке узла № 4 (рис. 390), на котором тоже вычерчивают перегибы горизонтальных полос с отметкой крестиками дыр на них и располагают дыры по направлениям панелей $\Pi_{в-3}$ и $\Pi_{в-4}$, раскосов P'_3 и P'_4 и стойки C_3 .

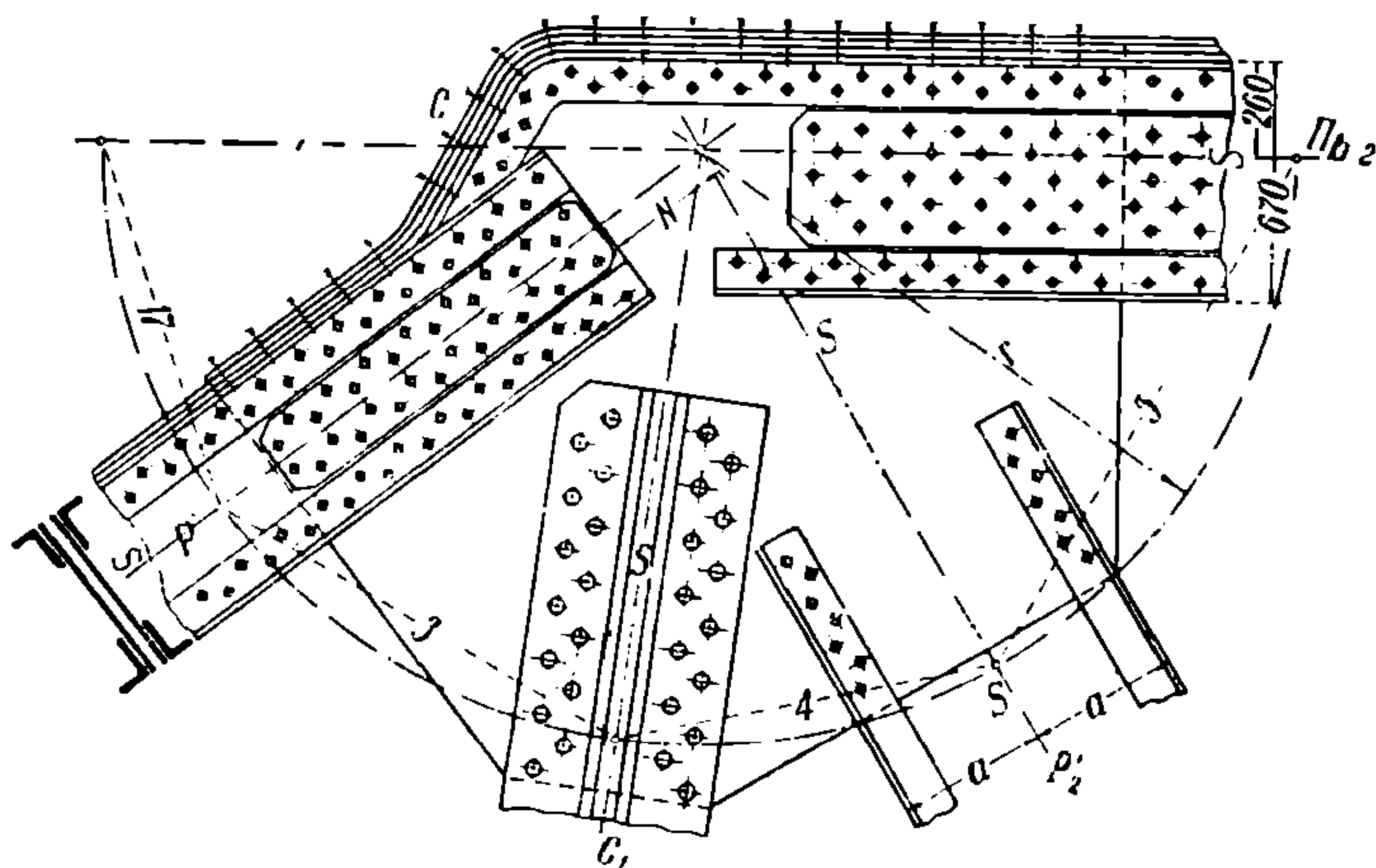


Рис. 389.

Таким же образом разбивают и все остальные узлы, на описании разметки которых мы останавливаться не будем.

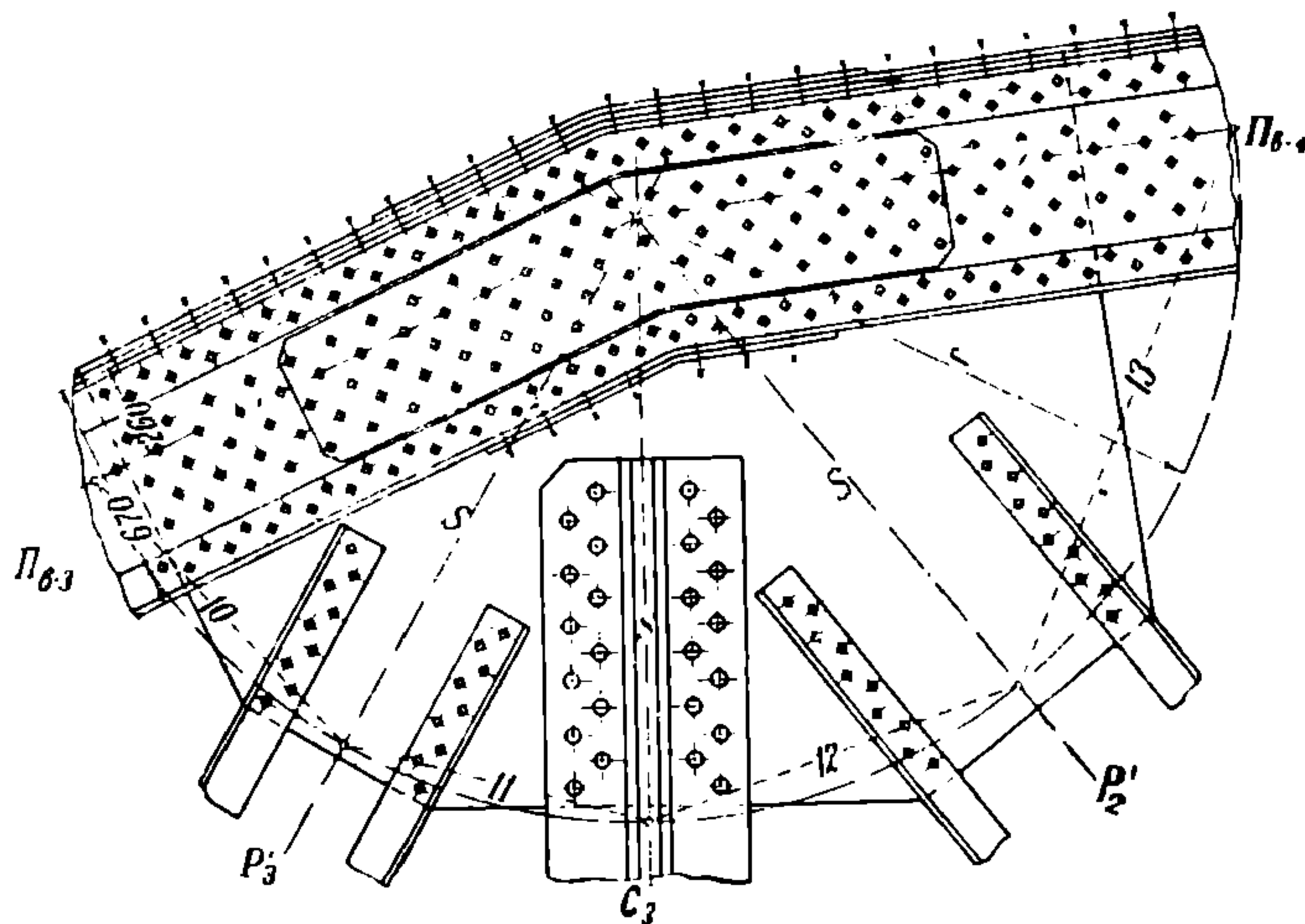


Рис. 390.

После разметки узлов размечают панели нижнего и верхнего поясов, стойки, укосины и раскосы, руководствуясь длинами по расчетной схеме за вычетом размеров, снятых с соответствующих узловых планок. Так, например, размечая листы укосины, идущей от нижнего опорного узла № 1 (рис. 388) к верхнему узлу № 2 (рис. 389), берут за основу для определения длин — расчетную линию (см. рис. 385) $0-1'' = 12211,85$ мм,

из которой вычитают длины M и N , взятые с соответствующих узловых планок; в данном случае M берется с рис. 388, а N — с рис. 389.

Подобным же образом определяются длины остальных стоек и раскосов.

Следует заметить, что при разработке конструкций узлов надлежит избегать косых срезов, так как это очень осложняет работу разметчика и придает некрасивый вид узлам фермы. Все стыки поэтому проектируются обычно перпендикулярно к оси элемента. После разметки главных элементов переходят сначала к верхним плановым и вертикальным крестовым ветровым связям, а затем и к нижним плановым, также предварительно подсчитывая расчетные длины диагоналей между узлами и с последующей разметкой узлов.

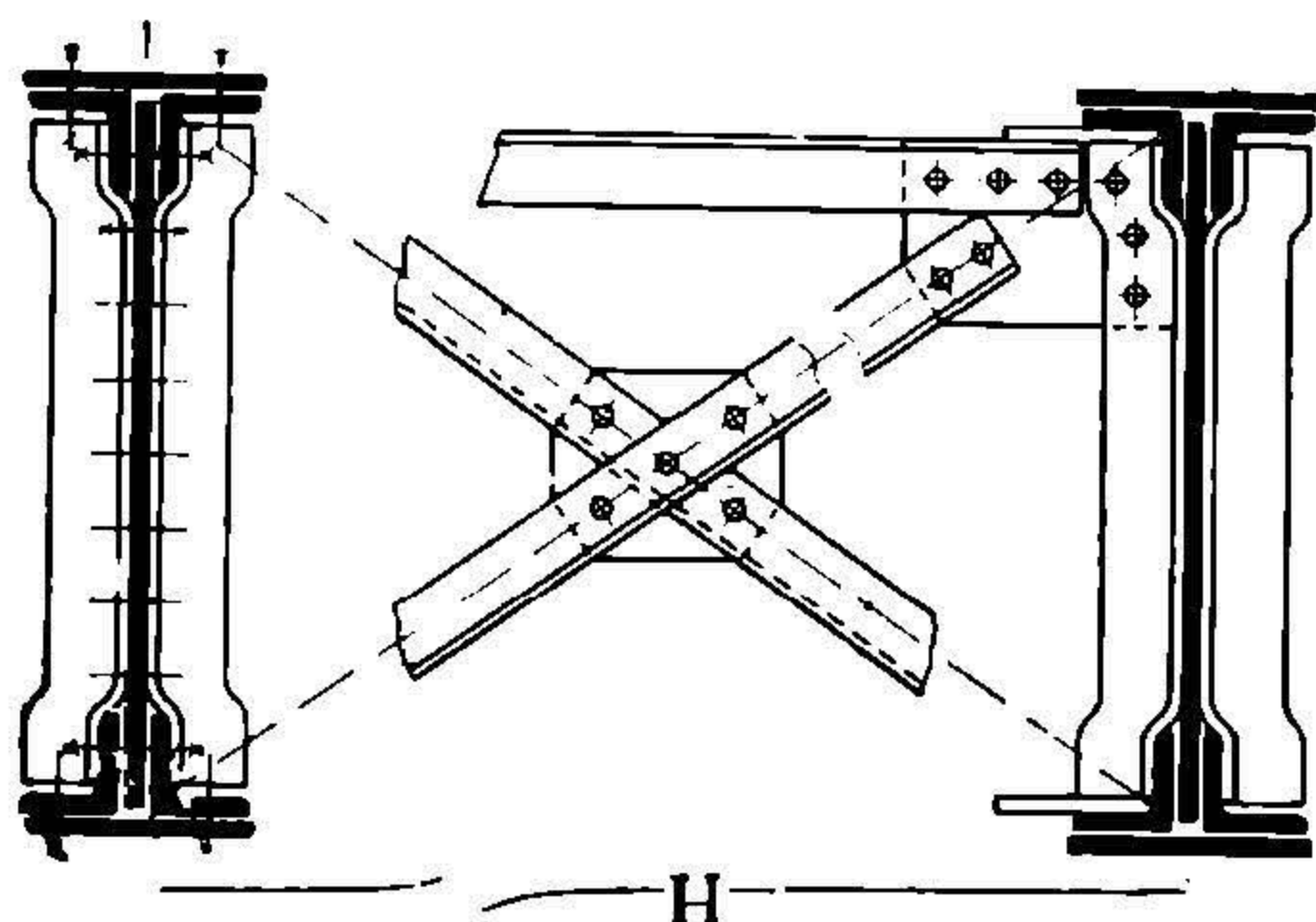


Рис. 391.

§ 39. РАЗМЕТКА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ.

Окончив разметку фермы и всех крестовых ветровых связей, размечают в заключение проезжую часть, где также следует тщательно разбить все скрепляющие узлы, как например соединения горизонтальных (плановых) крестов с фермой или вертикальных поперечных крестовых связей

(рис. 391) между продольными балками, высоту которых надо аккуратно вычерчивать и снять на рейку. Размер H рекомендуется брать на 2—3 мм меньше на компенсацию неточностей в сборке и в толщине материала; без этой предосторожности расстояние между продольными балками может получиться большим и их нельзя будет завести на место.

При разметке продольных балок длину их также делают меньше получающейся из чертежа на 1—2 мм по тем же соображениям.

§ 40. МЕТОДЫ РАЗМЕТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ.

Разметив мостовой материал, как то: верхние и нижние пояса, укосину, стойки, раскосы и все узловые планки, разметчик не выпускает в работу ни одной детали, пока не нанесет на шаблоны все профили углового железа и различного рода планки, уголки жесткости, стыковые накладки, прокладки и т. п., и только тогда, начиная с опорного узла, идя по нижнему поясу к средней стойке, выпускает в работу одну деталь за другой.

Методы разметки сортового железа, применяемые, на практике, следующие.

Шаблоны на материале. Сортовое железо, как \angle или \square и т. п., некоторые заводы размечают прямо на самом материале, набивают на нем марку и номер изделия, количество штук право-лево и т. д. Это изделие служит в дальнейшем как шаблон для наметки остальных одинаковых с ним, или парных к нему, угольников. Этот метод — наиболее давний, и работа при нем обходится довольно дорого. В самом деле, если например нужно разметить угольник крупного профиля и большой длины, то без помощи со стороны разметчику не только не положить его на разметочные стелажы, но даже и при кантовке нужно опять звать и ожидать под-

собных рабочих. То же самое можно сказать и о наметке. Здесь затруднения усугубляются еще и тем, что очень трудно крупные угольники спаривать с шаблоном, в особенности если угольник не вполне точно выправлен и кромка его волниста. При переводе в таких случаях дыр с шаблона на железо неизбежны некоторые смещения дыр и даже изменение общей длины намечаемого уголка.

Кроме того при этом методе приходится размечать каждый угольник отдельно, в то время как, пользуясь новейшими методами, можно множество шаблонов со всеми необходимыми примечаниями иметь сконцентрированными на одном шаблоне, и вместо того, чтобы размечать на материале 6—7 шаблонов и с каждым возиться довольно продолжительное время, все эти 6—7 шаблонов можно объединить в один, что значительно ускоряет и удешевляет работу и дает больше гарантии в смысле избежания ошибок.

Таким образом этот метод считается в настоящее время невыгодным и устарелым, а если иногда и встречается, то или вследствие рутины и консерватизма (например в Англии), или при некоторой серийности легких конструкций.

Деревянные рейки. Второй метод наиболее распространенный — это метод разметки сортового железа по деревянным рейкам.

Обыкновенно рейки потребных длин и толщиной 15—20 мм заготавливаются заранее в модельной или деревообделочной мастерской и высушиваются на складе естественным путем. Этот метод выгоден не только в тех местностях, где дешев лесной материал, но даже и там, где его мало.

Метод разметки сортового железа по деревянным рейкам очень удешевляет, а главное — ускоряет производство по сравнению с вышеописанным.

Этот метод является излюбленным на многих заводах и представляет большие преимущества. Описание его подробно изложено вначале этой книги и поэтому на нем больше останавливаться не будем.

Ленточные шаблоны. Третий метод, сравнительно недавно появившийся сначала на американских заводах, а затем и на европейских, в том числе и на заводах СССР, отличается наибольшей точностью разметки и наметки и состоит в том, что разметку сортового железа наносят на специальные рулетки (ленточные шаблоны).

Рулетки эти состоят из длинных (до 50 м) прокатных полос, толщиной в 0,75—1 мм и шириною в 20—25—30 мм с чистой лощеной поверхностью, которые по миновании надобности развешиваются на стене для хранения до окончания сборки моста на случай проверки.

Для разметки например угольников поясов фермы такую рулетку развертывают на соответствующем листе панели, прижав ее конец маленькой струбцинкою, наносят на нее с листа все дыры чертилкой (рулетка должна быть для этого предварительно закрашена белой краской) и переходят с нею на поясной угольник, на который и сносят отметки дыр. Таким образом угольник не приходится уже делить ни штангенциркулем ни мерительной рулеткой.

На такую рулетку можно заснять несколько шаблонов, расцветив лишь для отличия дыры крейдами и надписав необходимые примечания.

Этот метод, хотя и требует немного больше времени, чем разметка по деревянным рейкам, но зато дает большую точность и обходится

дешевле, так как рулетки могут служить неопределенно долгое время. Кроме того устраняется расход дерева или каких бы то ни было других разметочных материалов (кроме краски).

Наметка по этим рулеткам производится легко и удобно описанными выше приемами.

Что касается вопроса о том, в каких случаях предпочтительнее пользоваться тем или иным методом разметки, то, как общее правило, можно

отметить, что пользоваться следует тем, который ближе всего подходит к местным условиям как с точки зрения опытности разметчиков и рабочих вообще, так и с точки зрения экономической выгоды. Там, где лесной материал дорог, можно рекомендовать разметку углового и сортового железа вести по стальным рулеткам, на которые так же, как

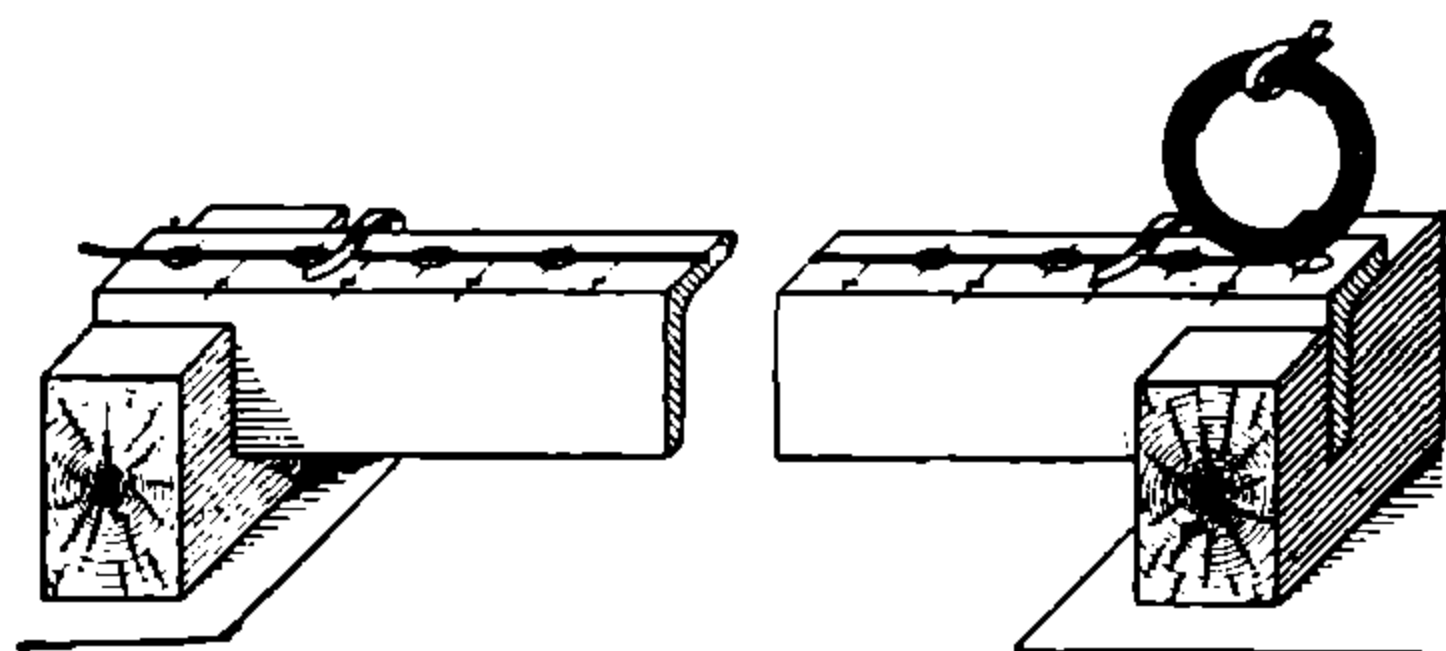


Рис. 392.

и на рейки, можно наносить по несколько шаблонов с примечаниями, для чего, прикрепив конец рулетки к треугольнику маленькой струбцинкой (жимком), разметчик один, без посторонней помощи, разворачивает ее и отмечает чертилкой дыры (рис. 392).

Деревянные рейки можно рекомендовать там, где имеется опытный штат, внимательно наблюдающий за состоянием деревянных реек, время от времени проверяющий их длину, так как при атмосферных изменениях рейка меняет свою длину (сыреет, сохнет). И опытные наметчики и сборщики идут обычно перед началом наметки или сборки к разметчику, чтобы проверить длину между крайними дырами, каковая должна быть у разметчика записана в тетради.

Виды шаблонов. Шаблоны листов, косынок и узловых планок размечаются на самом материале, который идет затем в дело, если большие

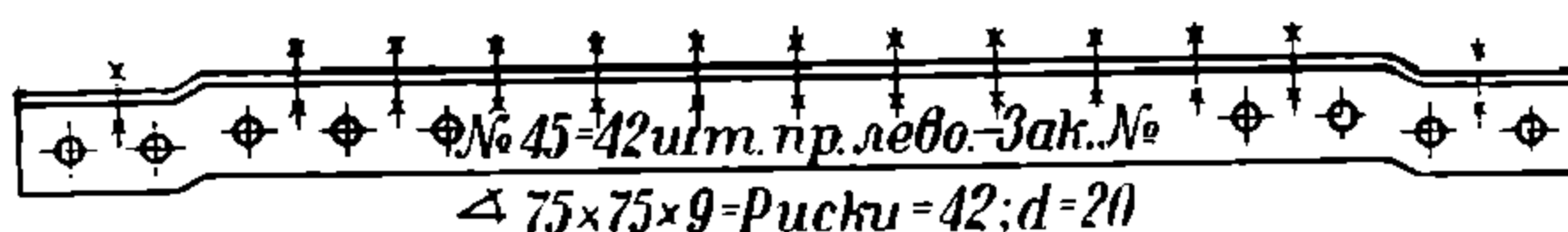


Рис. 393.

узлы или листы сверлятся пачками. Если же дыры прокалываются, то при большой серийности шаблоны узловых планок изготавливаются иногда для ускорения и облегчения труда наметчиков из тонкого (~ 2 мм) железа.

Все шаблоны для гибочных работ, например для вертикальных угольников с высадками, делают из железа толщиной 3 — 4 мм (рис. 393), на которых должны быть набиты керном или клеймами номер изделия, число штук, право-лево, номер заказа, профиль ($75 \times 75 \times 9$), размер риски (42 мм), диаметры дыр и тому подобные необходимые пояснения (более подробно см. § 8).

Для больших гнутых поясных угольников обычно делают шаблоны из деревянных реек, но в местах перегибов к ним привертывают для большей прочности железные планки.

§ 41. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРАВИЛА, КОТОРЫМИ ДОЛЖЕН РУКОВОДСТВОВАТЬСЯ РАЗМЕТЧИК.

Закончив разметку, разметчик обязан внести в книгу шаблонов опись всех шаблонов как листового, так и сортового материала, а также и всех косынок, с отметкой, когда шаблоны выданы в работу и кому именно — сборщику или наметчику. В книгу заносятся также и все примечания, выбитые или надписанные на шаблонах.

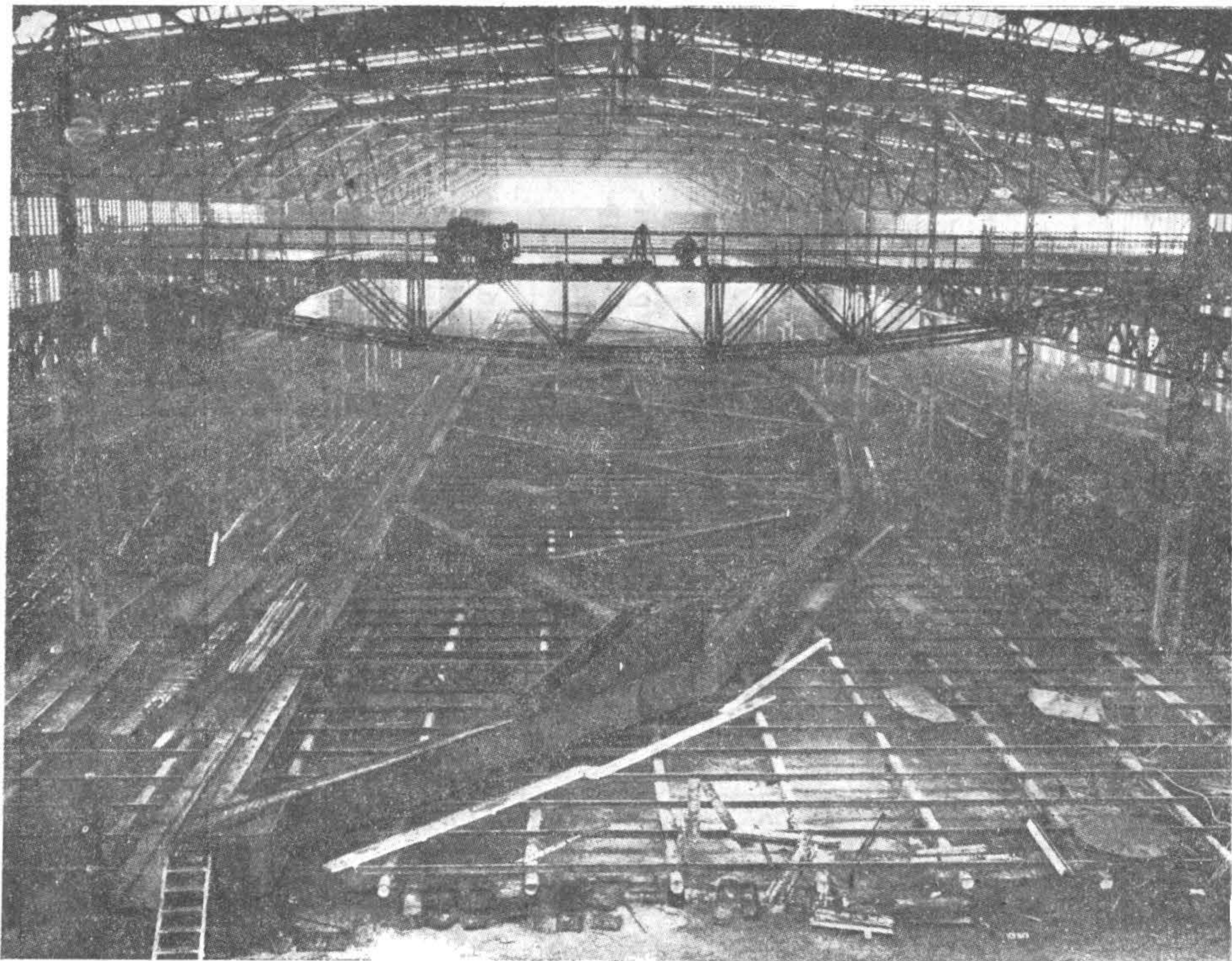


Рис. 394.

Особенно это важно при разметке по деревянным рейкам, когда необходимо не только на самой рейке нанести примечания и разные отметки крейдами, но и обязательно вписать в тетрадь, что по данному шаблону намечать: деталь № 176 — $\square 90 \times 90 \times 10$ — по черным 0 и X (кружкам и крестам) — 20 шт. право-лево; деталь № 179 — только по черным кружкам — 40 шт. право-лево; деталь № 182 — по черным кружкам с двумя крестами — 8 шт. право-лево; деталь № 190 — по красным кружкам и красным крестам — 12 шт. право-лево, и т. п.

Выпуская шаблоны, рейки или рулетки, разметчик должен сгруппировать шаблоны по отдельным узлам моста или конструкции и выдавать их в наметку под расписку одновременно, связав их в пучок. Например:

- а) все шаблоны нижнего пояса № 82 и до 222 — шт.
- б) все шаблоны стойки *A* или *H* шт.
- в) все шаблоны раскоса *E* шт.
- г) все шаблоны ветровых связей верхнего пояса фермы и т. п.

Добавочные обязанности разметчика. Кроме сказанного, в обязанности разметчика входит обычно:

а) Проверка заказа на материалы и заклепки. Разметчик должен проверить размеры и число заклепок и материала и в случае ошибки вносить свои исправления красным чернилами или карандашом, доводя об этом одновременно до сведения технического бюро для соответствующего исправления калек и спецификаций.

б) Составление спецификаций заклепок и сборочных болтов, подлежащих отсылке на место сборки, по образцу, приводимому ниже.

Отправочная спецификация заклепок и болтов.

№№ п/п	Наименование мест соединения (узлов)	Толщина скле- пываемых ли- стов и уголь- ников	Размер закле- пок (диаметр и длина)	Потреб. число по чертежам	10% на утерю и пережог	Итого к от- сылке	Примечания
	ГЛАВНАЯ ФЕРМА МОСТА						
	Н и ж н я п а н е л ь						
	Опорный узел с укосиной .	40	$d = 25 \times 95$	240	24	264	на 4 узла
	Опорный узел с укосиной	30	$d = 25 \times 80$	128	12	140	
	Опорный узел с укосиной .	20	$d = 25 \times 67$	80	8	88	
	С т ы к п о я с а						
	I с II	30	$d = 25 \times 80$	140	14	154	на 4 узла
	Для приклейки стойки C_2 . .	20	$d = 25 \times 67$	92	8	100	
	Для приклейки стойки C_5	20	$d = 25 \times 67$ и т. д.	48	4	52	на 2 узла

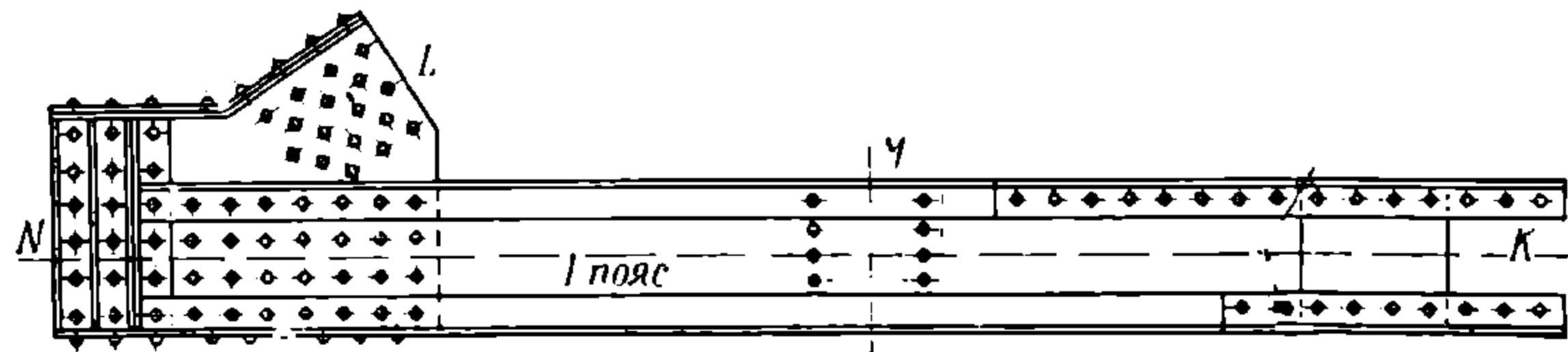


Рис. 395.

в) Проверка при сборке правильности расположения, согласно эюре, стыков как постоянных угольников, так и горизонтальных и вертикальных листов.

г) Составление отправочной ведомости частей моста. При разборке моста собранного в мастерской (рис. 394), для отправки разметчик маркирует все стыки крупными клеймами, обводя их белилами, и эти марки наносит на заранее заготовленный эскиз, который затем вычерчивается от руки в отправочной ведомости. Так например у первой части панели 1 нижнего пояса (рис. 395) на концах должны быть поставлены марки N , K , а стыки с примыкающими элементами обозначены через L и M .

Кроме того на эскиз отдельных частей фермы наносятся обычно еще и условные обозначения (согласно сборочному чертежу) этих частей и разные другие отметки, обеспечивающие правильность сборки фермы на месте ее установки.

ГЛАВА IX.

РАЗМЕТКА ПАРОВОДНЫХ КОТЛОВ ШОТЛАНДСКОГО ТИПА

В. Н. Скобунов

§ 42. РАЗМЕТКА ДВУХТОПЧНОГО КОТЛА.

Общие замечания. Приступая к разметке котла шотландского типа с одной, двумя или тремя топками, разметчик обязан прежде всего просмотреть чертежи как общего вида котла, так и всех его деталей, как то: распорных связей, анкерных балок, расположения арматуры и пр.

По общему виду разметчик должен проверить все смежные размеры по длине котла, для чего ему необходимо сложить все отдельные размеры по длине (рис. 396), чтобы получить общую длину котла, а именно: $23 + 2787 + 560 + 190 + 20 = 3580$ мм. Этот же размер должен получиться при сложении следующих длин: $1120 + 900 + 901 + 16 + 16 + 87 + 500 + 55 + 140 + 20 = 3755$, откуда: $3755 - 175 = 3580$ мм. Если в результате сложения в обоих случаях получается одна и та же длина котла 3580 мм, то увязка продольных размеров главнейших составных частей котла сделана правильно. Не менее важно проследить за слагающими размера 2787 мм = расстоянию между трубными досками котла, и в случае вкравшейся ошибки во-время сообщить столу заказов или конструкторскому бюро для проверки заказа на дымогарные трубы (в отношении их длины).

Очень важно также проверить ширину шинельного листа = 500 мм (внизу) в соответствии с уклоном его от вертикали на $190 - 140 = 50$ мм, а также и длин задних распорных связей. При помощи этого же размера проверяют длины звеньев жаровых труб, которые делаются разными, чтобы между гребнями (кольцами Адамсона) получался некоторый разгон и чтобы гребень не попал на гребень.

Проверив разметку котла по его продольному разрезу, необходимо проверить все размеры и по поперечному разрезу. Здесь разметчик должен обратить главное внимание на симметричность расположения дымогарных труб и распорных связей и на соблюдение уклона дымогарных труб. Бывают случаи, что конструктор по ошибке проставит размеры от оси котла до центральной линии верхнего ряда дымогарных труб одинаковыми как на передней решетке котла (должно быть 440 мм, см. рис. 397), так и на решетке огневой камеры (должно быть 390 мм), или размер высоты по переднему днищу поставить на решетке огневой коробки, и наоборот, так что уклон трубок получится в обратную сторону и уже готовое днище придется забраковать. Необходимо также строго проверить размеры a , a и b , $b \dots$ — расстояния между осями продольных связей и между анкерными балками. Это — основные проверки, без которых разметчику и старшему руководителю цеха нельзя быть спокойными, причем, производя

проверку размеров, полезно учтенные размеры подчеркивать красным карандашом, что сразу бросается в глаза и служит признаком, что размеры проверены. Проверив указанные выше наиболее важные размеры, разметчик переходит к подсчетам окружностей, подписывая их на самом чертеже (обязательно после повторной проверки) крупно красными чернилами.

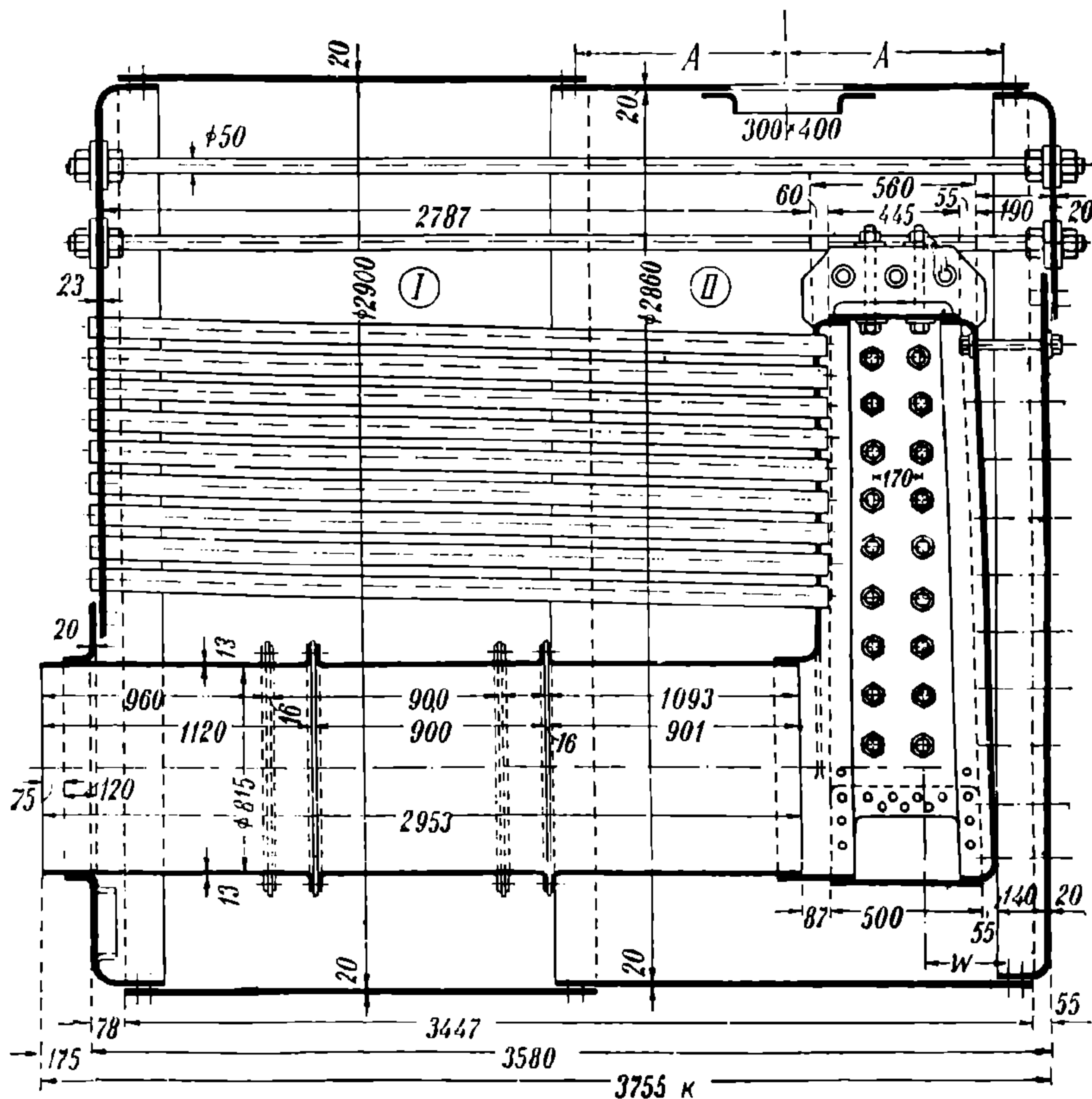


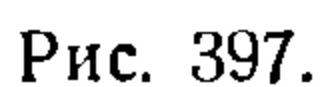
Рис. 396.

Самое важное в подсчете окружности котла заключается конечно не в том, чтобы знать, как подсчитать ее, это известно уже ученику-разметчику с первых дней его работы на разметке, а в том, с какою точностью это надо делать.

Старые опытные разметчики при умножении диаметра D на число π принимают его равным не 3,1416 и не 3,14, как это многие делают, а $\pi = 3,142$, т. е. не затрудняют себя умножением на лишнюю цифру, с одной стороны, а с другой — гарантируют себя от преуменьшения длины окружности, каковое получается, если умножать на 3,14. Это особенно важно при подсчетах больших окружностей, как например при разметке резервуаров емкостью в 3000 — 5000 тонн, где каждая десятая доля миллиметра имеет значение.

Затем разметчик и мастер должны прийти к соглашению и не давать припуска по длине окружности на зазор для удобства вставки днища

Практика постройки котлов установила, что для хорошей пригонки, плотности и прочности шва ни в соединении 1-го барабана (звена) со 2-м,



Следовательно днища в барабаны и барабан в барабан должны вставляться без всякой слабину, чем достигается плотное соединение шва и благоприятные условия для материала котла. В тех случаях, когда делают припуск 4—5 мм на πD , плотности шва не достигается, пригонка получается слабою и наблюдается течь в швах. Для соединения швов без слабину применяют

нажимные планки, которые заставляют один барабан входить в другой, причем надо опускать меньший барабан краном сверху в нижний; под действием собственного веса один барабан входит в другой, чему помогают еще наружными нажимными планками.

С другой стороны, есть любители слишком плотных соединений, которые не только не прибавляют 4—5 мм по окружности, но не удовлетворяются даже и вычисленной длиной окружности, а уменьшают еще последнюю на 5—8 мм с расчетом на хорошее уплотнение шва.

В этом отношении и разметчику, и мастеру надо твердо усвоить, что такая пригонка швов вредна для котла и таких вещей делать не рекомендуется. Такие пригонки швов с натягом влекут за собою крайне нежелательные последствия вследствие возникновения вредных напряжений в металле благодаря насильственной загонке одного пояса в другой, причем получается растяжение одного пояса и осадка другого, хотя и незаметное для глаза, но часто влекущее за собою при гидравлической пробе котла надрывы кромок от края до первого ряда дыр на бочке котла и днища или трещины полотна днища.

Вообще разметчик должен знать правила постройки котлов и разбираться в хороших и плохих приемах работы, чтобы изготовление котла удовлетворяло техническим условиям и чтобы были исключены случаи аварий, которые не могут быть относимы только за счет плохого качества материала.

Вычерчивание котла на плазе. Проверив все размеры, подсчитав все окружности, надо прежде, чем размечать листы бочки котла и другие части, вычертить на плазе половину поперечного разреза котла. Этот чертеж нужен для того, чтобы точнее распределить расположение заклепок в углах загибов *A* и *B* шинельного листа (рис. 398) огневой камеры, так как без вычерчивания на плазе, как бы внимательно ни подсчитывать, не исключена возможность ошибки в цифрах. На плазе же разметчик может рельефно выделить крейдами расположение этих важных заклепок с очертаниями головок и тут же снять лекалы для прогибов и для последующей сверловки дыр.

Разбивку заклепок в углах *A* и *B* (рис. 398) начинают от заклепки *I*, расположенной в месте начала загиба, и идут нормальным шагом *e* — *e* вверху по углу *B* до заклепки *II*, попадающей уже на плоское место, и далее по потолку тем же шагом к углу *A*, причем нормальный шаг считается по линии соприкосновения листов. В исключительных случаях, когда бывает невозможно разместить заклепки в углах на нормальных расстояниях, шаг их берут немного меньше расчетного, примерно на 1,5—2,5 мм (в исключительных случаях). Разбивку заклепок по потолку ведут шагом *g*, *g*, *g*..., возможно близким к нормальному, а в углу *A* заклепки разгоняют, исходя из положения последней заклепки на плоском участке *II* и заклепки *III*, расположенной на начале загиба угла *A* своим шагом *f*, *f* также возможно близком к нормальному. От заклепки *III* до шва *H* заклепки разгоняют нормальным шагом. Равным образом и от шва *H* до шва *H*₁ по нижнему шинельному листу разгоняют шагом, возможно близким к нормальному, и так же от *H*₁ вверх до заклепки *I*.

Из сказанного понятно, что только при помощи плаза можно произвести разбивку с необходимой точностью; вычисления были бы в данном случае чрезвычайно сложными и ошибки неминуемыми.

С плаза снимают также все размеры длин по кривым верхнего и ниж-

него шинельного листов для составления эскиза (рис. 399). На рис. 400 вычерчен отдельно стык шва верхнего с нижним шинельных листов, причем в отношении лацкана надо строго придерживаться установленной опытным путем его длины, которую принимают равною $\frac{e}{2}$, где

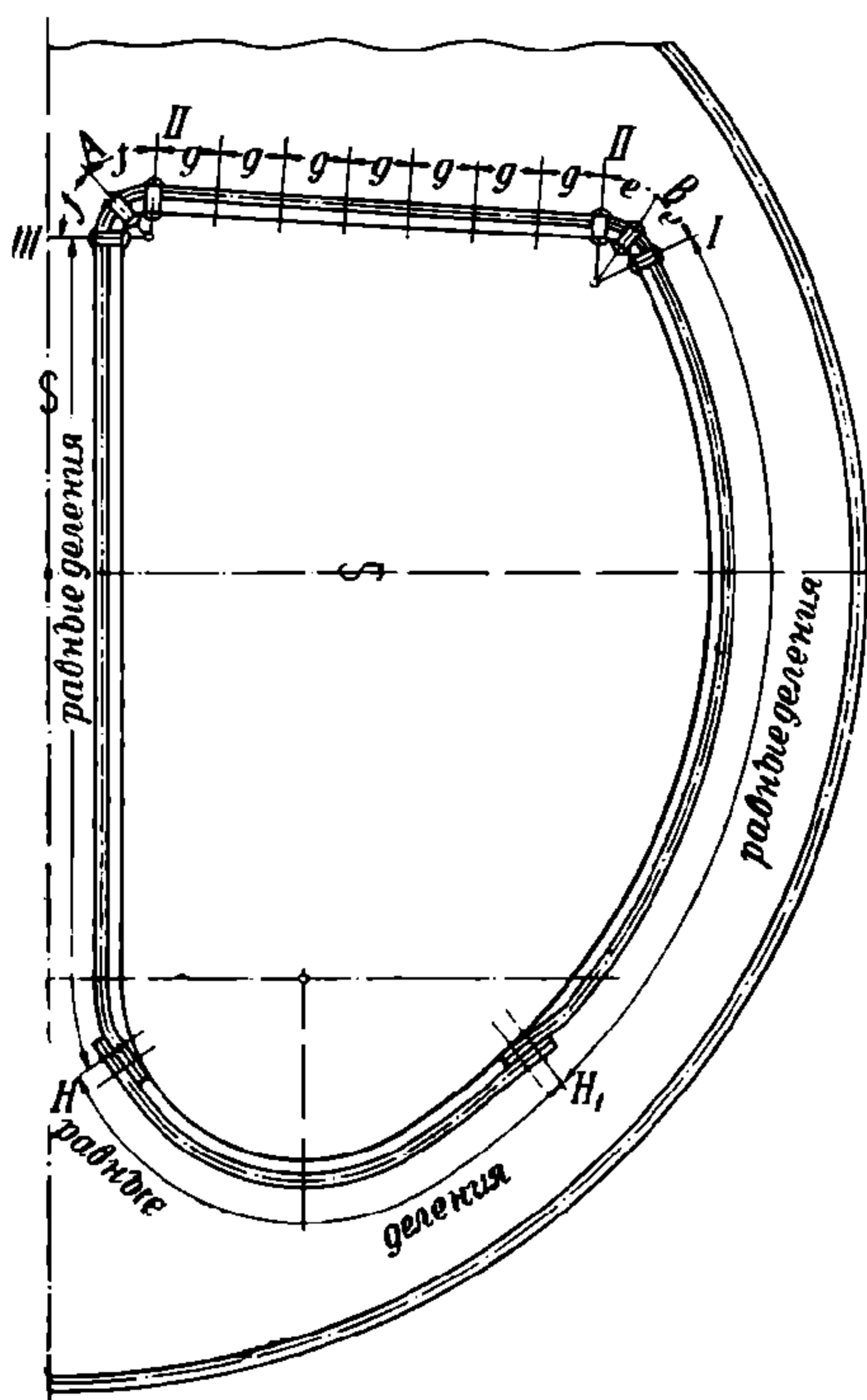


Рис. 398.

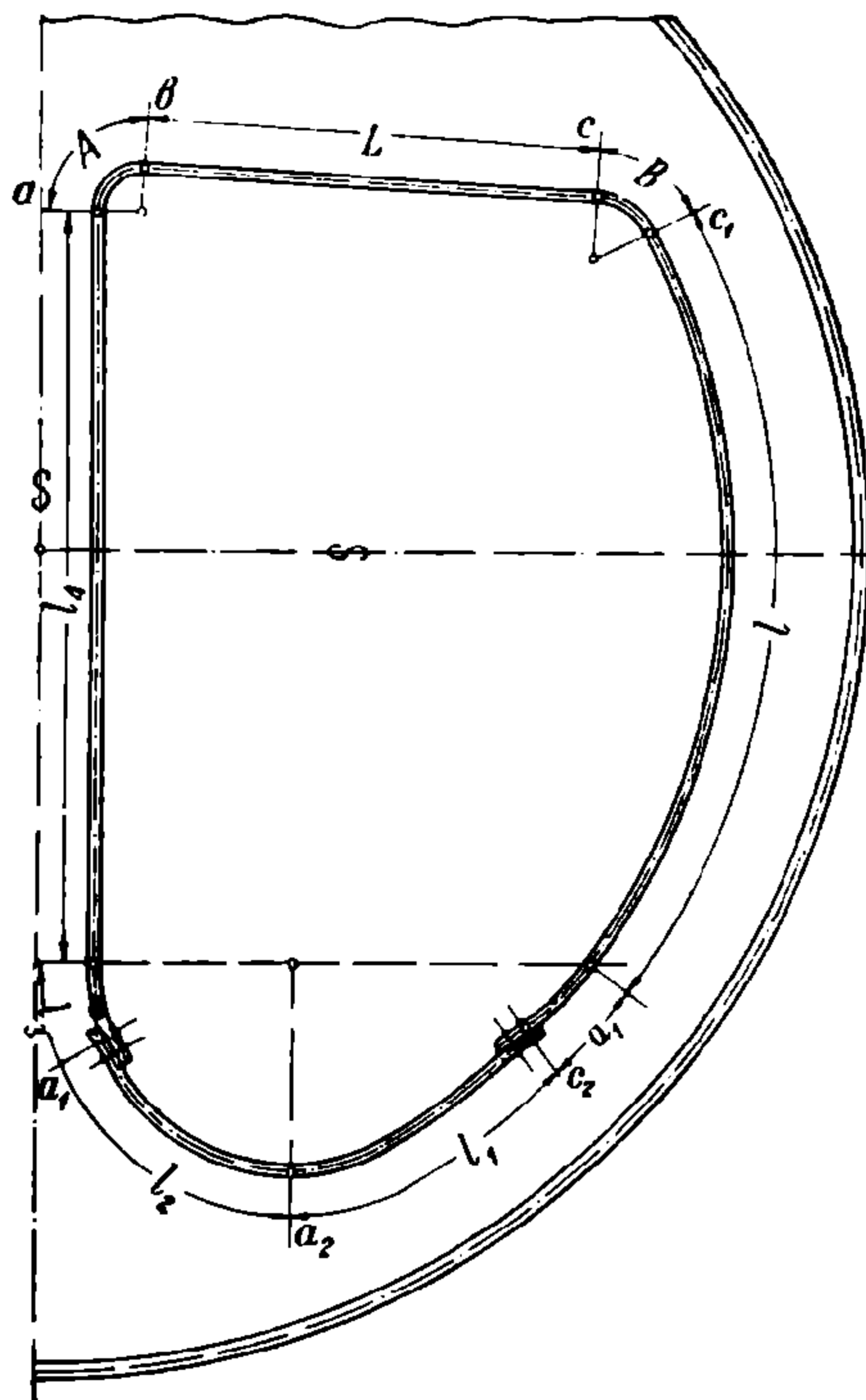


Рис. 399.

e — ширина перекрыши шва (например, если ширина шва $e = 70$ мм, то длина оттянутого лацкана должна быть $\frac{70}{2} = 35$ мм).

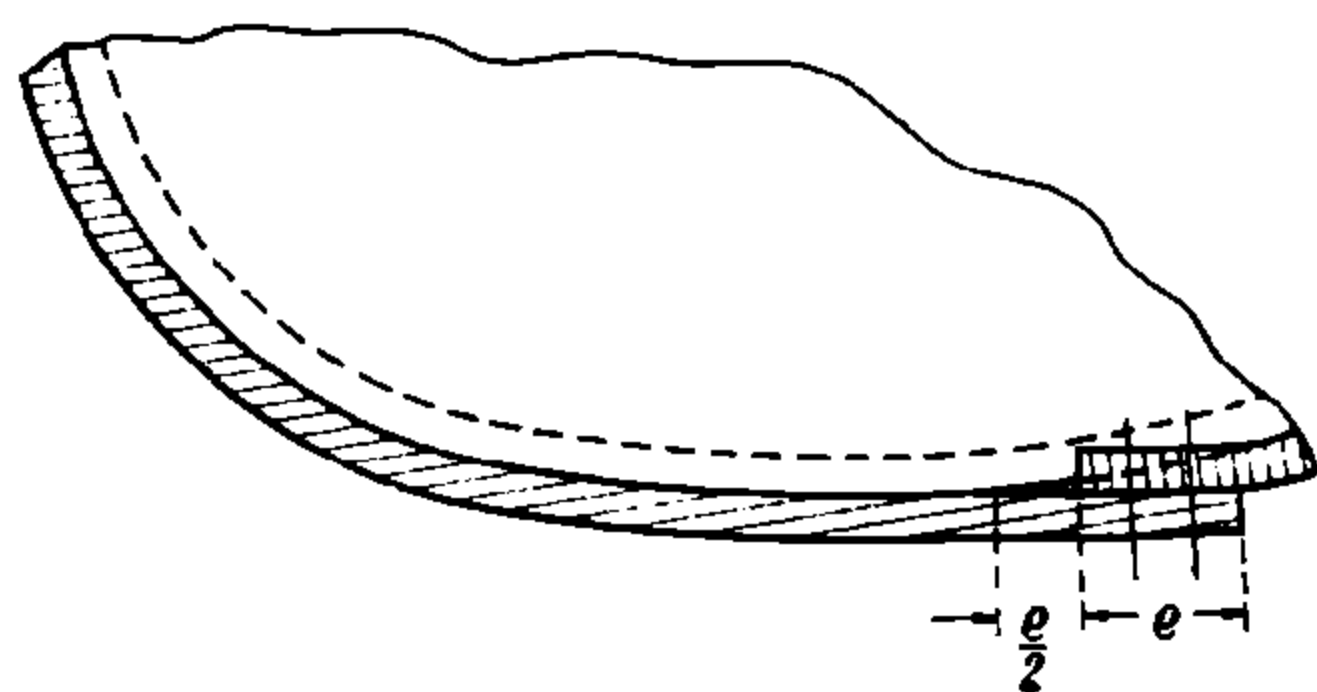


Рис. 400.

На плазе следует также наносить расположение продольных связей между анкерными балками (рис. 401), что особенно важно при двух и трех-топочных котлах, так как с чертежа в малом масштабе трудно точно снять это расположение.

Как видно из рис. 401, разметчик должен точно разбить на нем расположение также и боковых распорных связей b и средних (междукамер-

ных) c , чтобы у загибов вверху и около швов E, E внизу аккуратно расположить эти связи и притом так, чтобы свободно поместились их гайки. Исходя от месторасположения этих крайних связей, располагают и осталь-

ные на равных расстояниях a, a, a и $d, d, d \dots$, какие указаны на чертеже котла. Осям распорных связей придается направление, перпендикулярное к стенкам огневой коробки (со стороны огня), и таким образом ось связи может и не быть перпендикулярной к бочке котла, причем размеры шага между связями k, k_1 и l, l_1, l_2, l_3 , а также расстояние от осей котла h и H и p и p_1 берутся с чертежа по нейтральной линии рулеткой или мерительным колесом.

При вычерчивании на плазе трехтопочного котла необходимо особенно внимательно отнестись к расположению как боковых, так и междукламерных распорных связей, о чем будет сказано дальше.

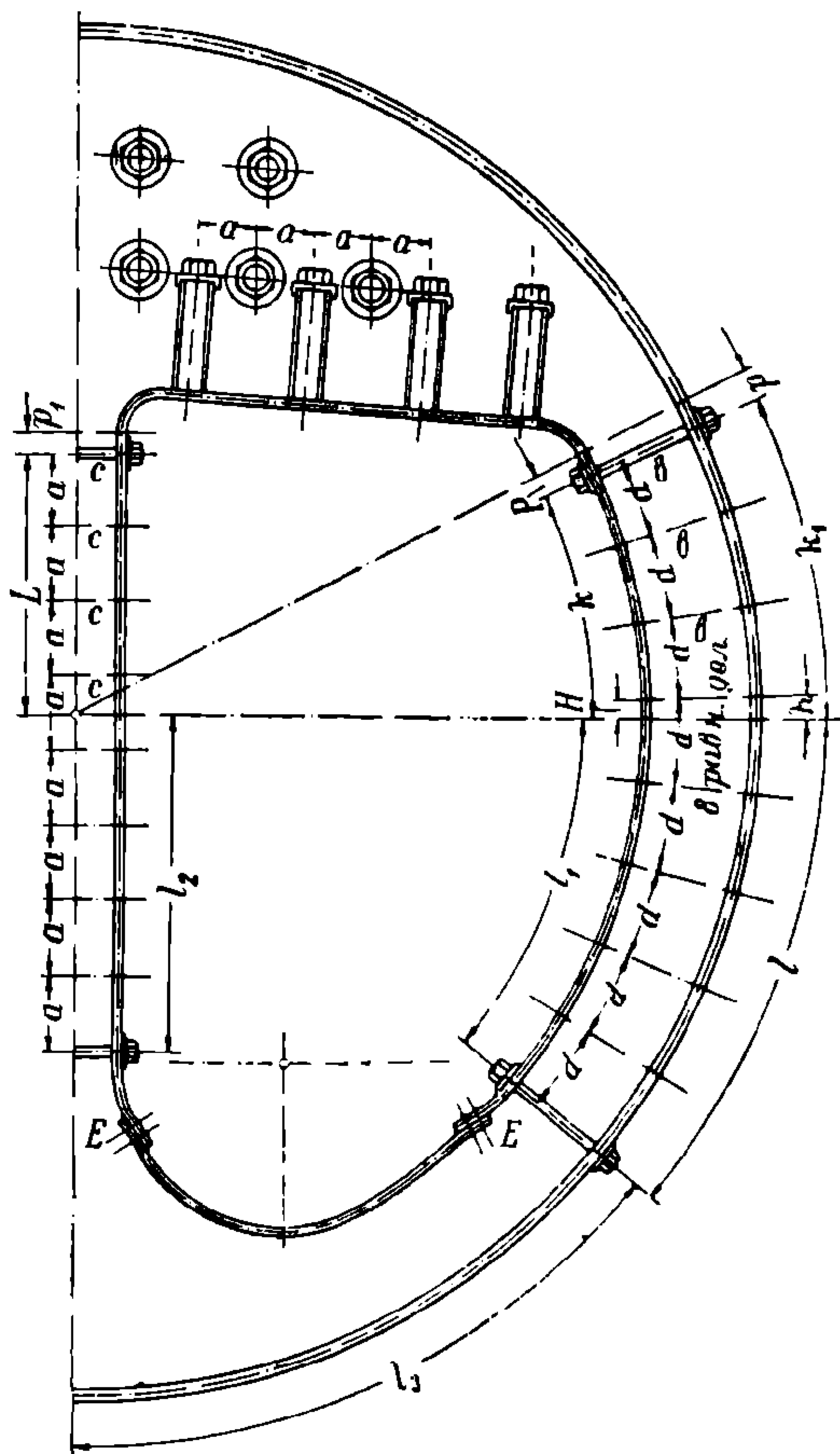


Рис. 401.

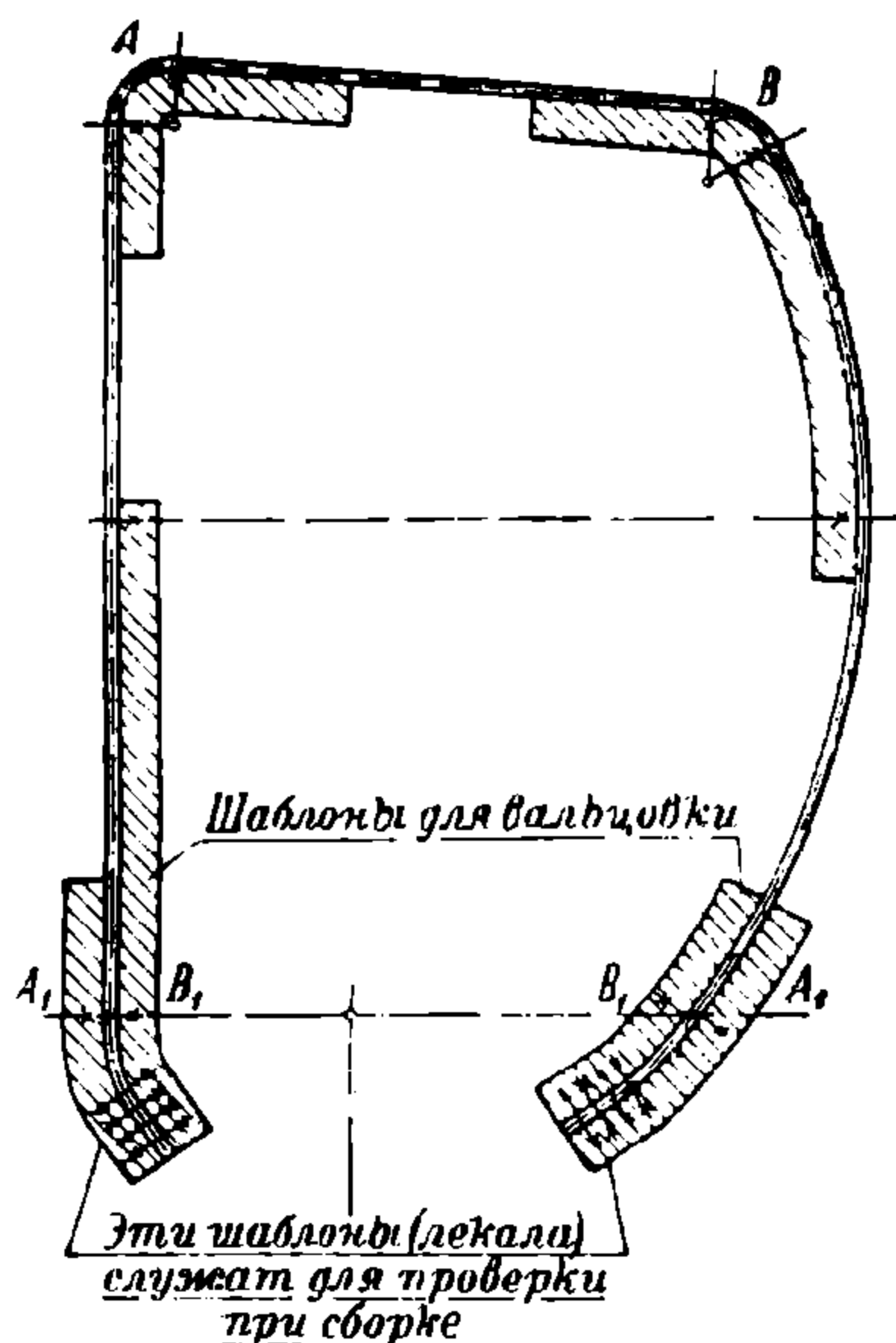


Рис. 402.

Покончив с вычерчиванием котла, разметчик снимает с него лекала для гибки шинельных листов (рис. 402) и в частности углов A и B , а также и нижнего листа с отворотом швов.

Так как дыры для заклепок в углах A и B (рис. 398) сверлятся только при сборке, то на соответствующих лекалах (рис. 403) наносят риски для ориентировки сверла пневматической машинки, чтобы дыры в углах не оказались косо просверленными и чтобы огневые коробки не были испорчены.

Разметка котла. Руководствуясь нанесенным на плазе чертежом, где имеются в натуральную величину все требуемые размеры кривых, составляют эскизы шаблонов.

В первую очередь пускают обыкновенно в работу изделия, требующие горячей обработки, как то: переднее и заднее днища котла, решетки и

станки огневых коробок и т. д., так как горячая обработка требует больше работы и повторных разметок. Как только выпустили в гибку или штамповку гнутые детали, приступают к разметке — сначала листов корпуса котла, а затем стыковых накладок, шинельных листов и т. д.

При разметке листов корпуса котла основным разметочным размером является $\pi(D_1 + \delta) = 9175$, т. е. длина листа по нейтральному слою, а ширину листа получают (вычисляют) из ширины листа по общему виду, исходя из размера между теми центровыми линиями, по которым будет вестись первоначальная разгонка дыр, в данном случае — по внутренним (рис. 404), т. е. по размеру l , и от которых потом откладывают внаутру вторую центровую риску и линию обреза. При разметке листа корпуса котла (рис. 404) надо внимательно следить за начальным расположением заклепок и, как правило, прежде чем начать наносить деления, разбить подробно угол, для четкости даже раскрашивая крейдами расположение смежного стыка и кромок. Желательно также, если имеются все детальные чертежи, разметить на листе (с плаза) и дыры по 2 сборочных дыры для прихватки фланцев, для арматуры и других деталей, чтобы при сборке не возиться с разметкой по месту на котле, где легко можно ошибиться.

Правильная разбивка угла (стыка) (рис. 405) при трехрядном шве сты-

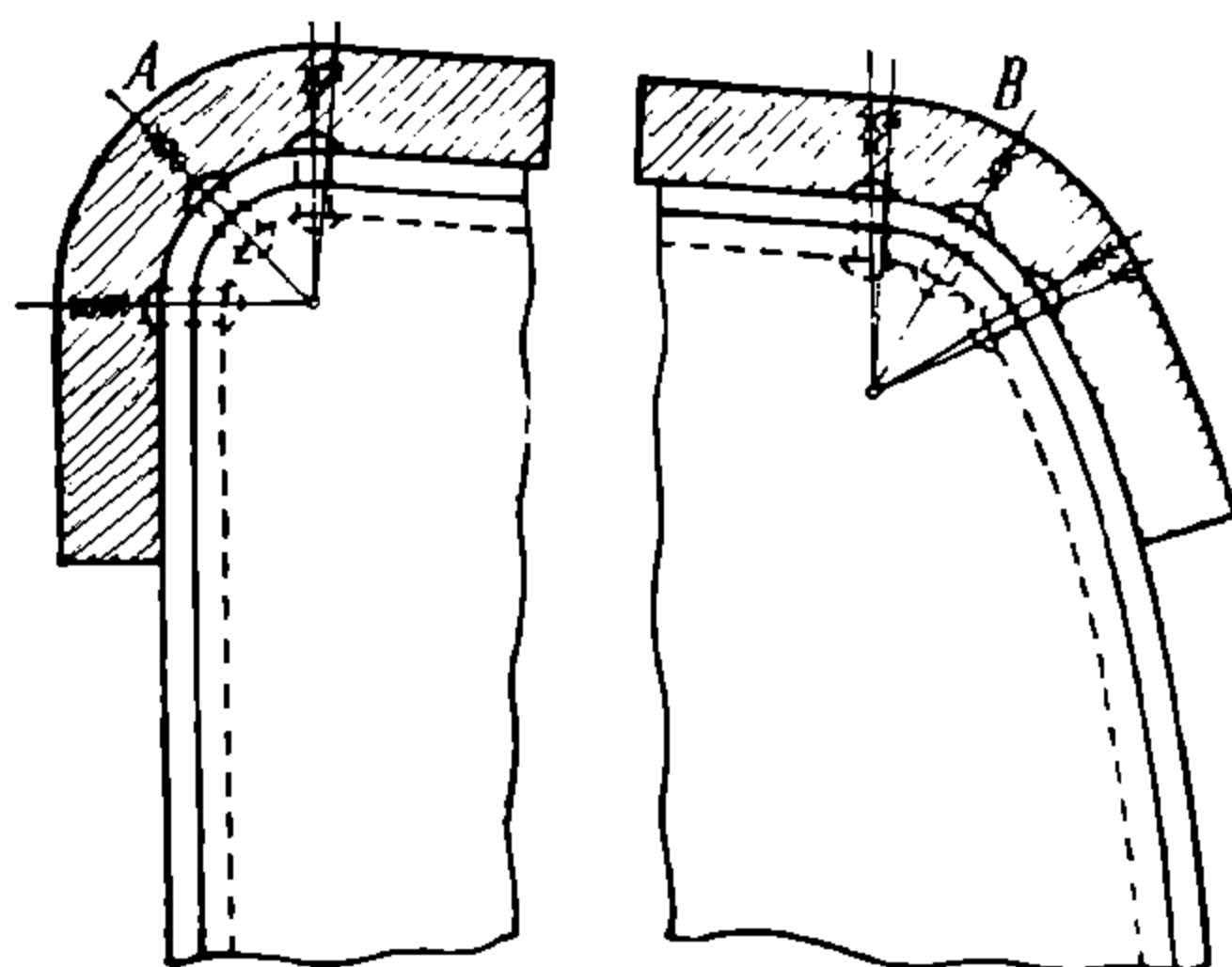


Рис. 403.

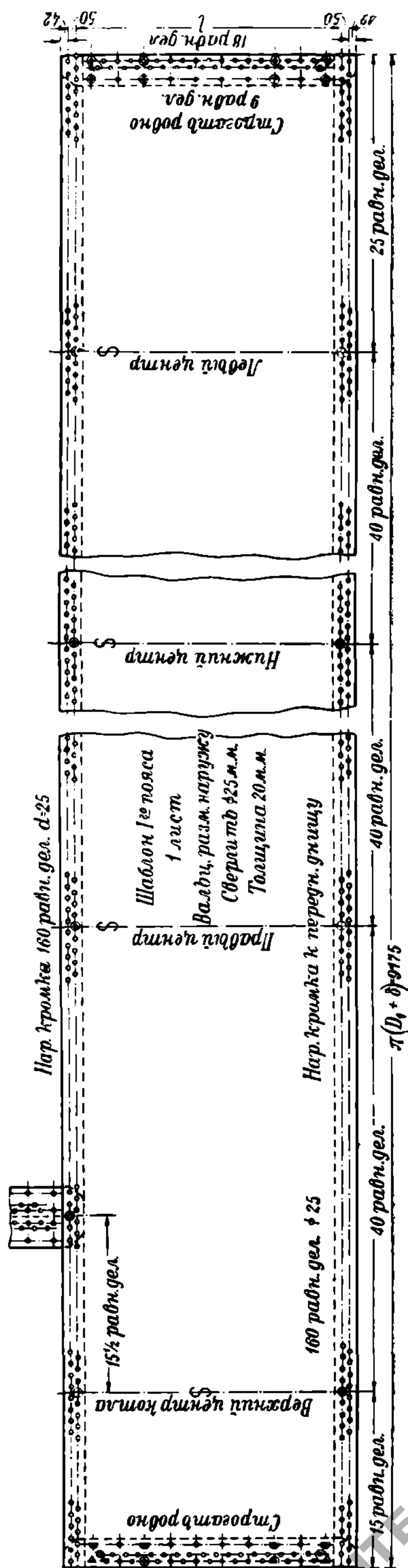


Рис. 404.

ковой накладки должна охватывать по поперечному шву наружной накладки 9 заклепок. В этом случае шов считается прочным и плотным, в противоположность углу (стыку) (рис. 406), разбивка которого охватывает лишь 7 заклепок, что считается соединением слабым. То же для накладки

Нар. кромка корпуса котла

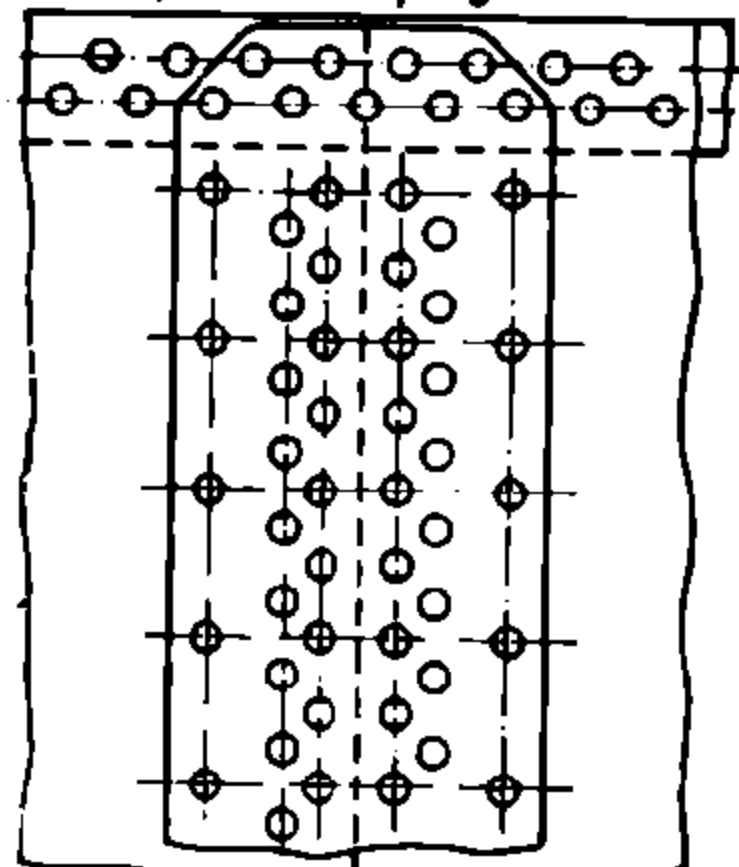


Рис. 405.

Нар. кромка корпуса котла

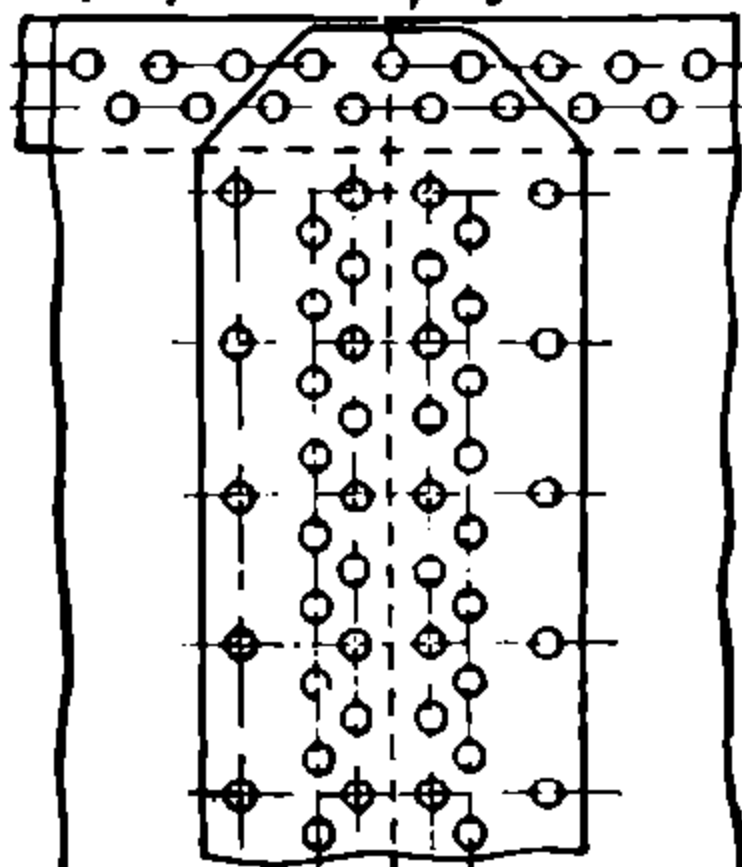


Рис. 406.

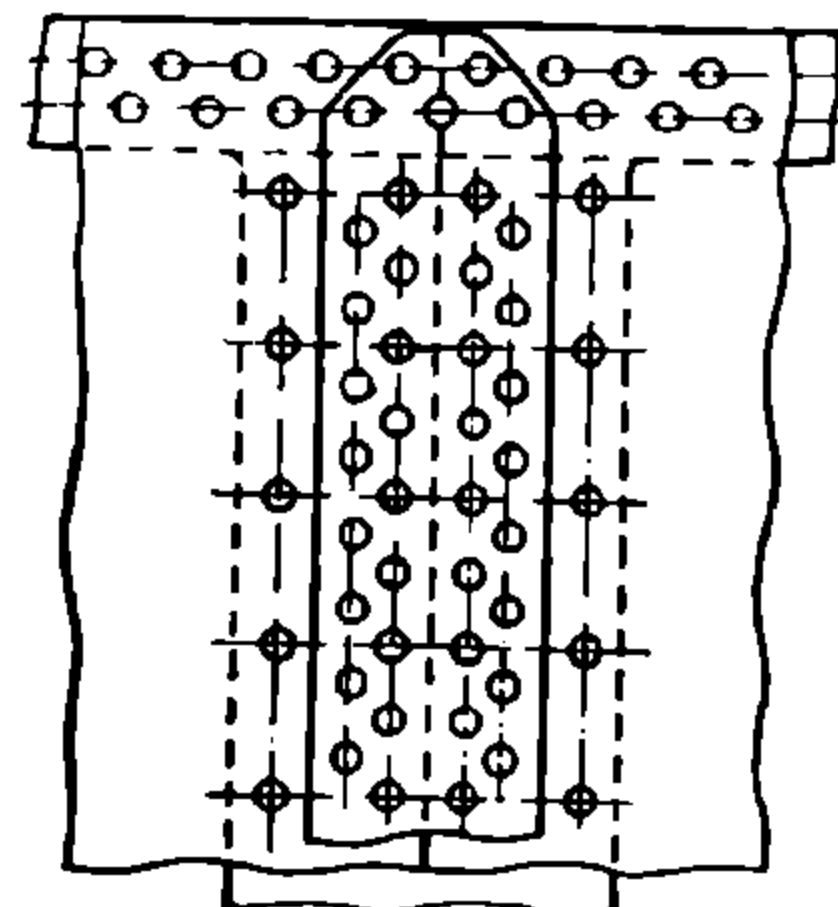


Рис. 407.

с двухрядным швом (рис. 407 и 408), где конец стыковой накладки (рис. 408), схваченный одною заклепокой на стыке листов, при чеканке почти всегда отдирается и при эксплуатации котла подтекает.

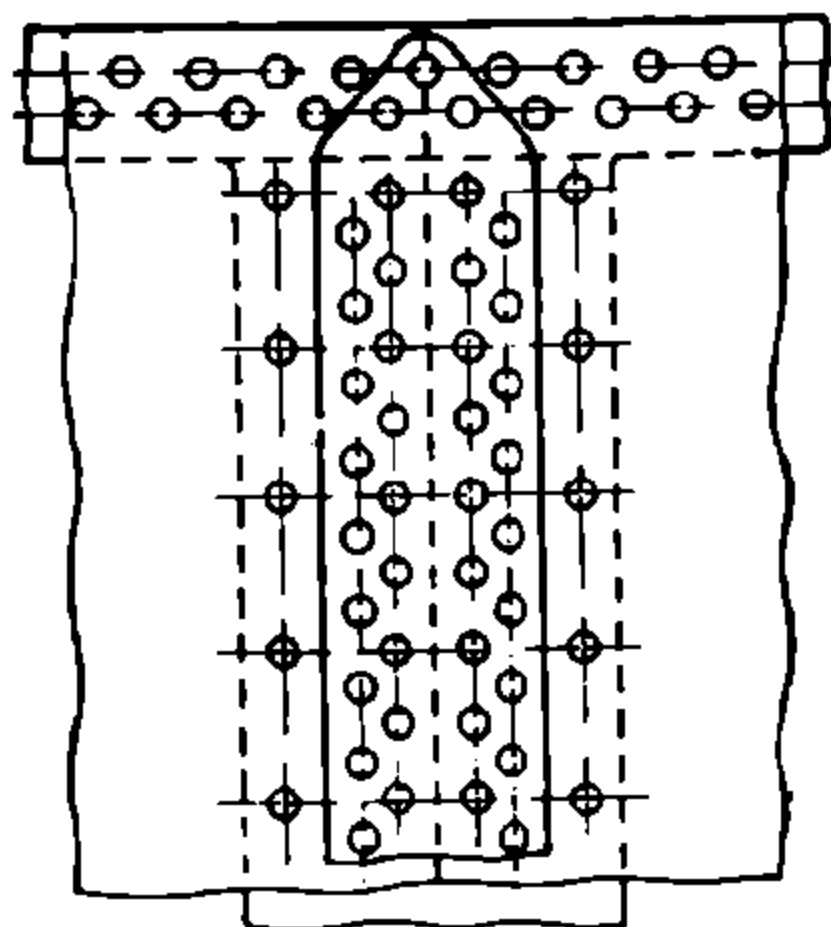


Рис. 408.

Неправильный стык

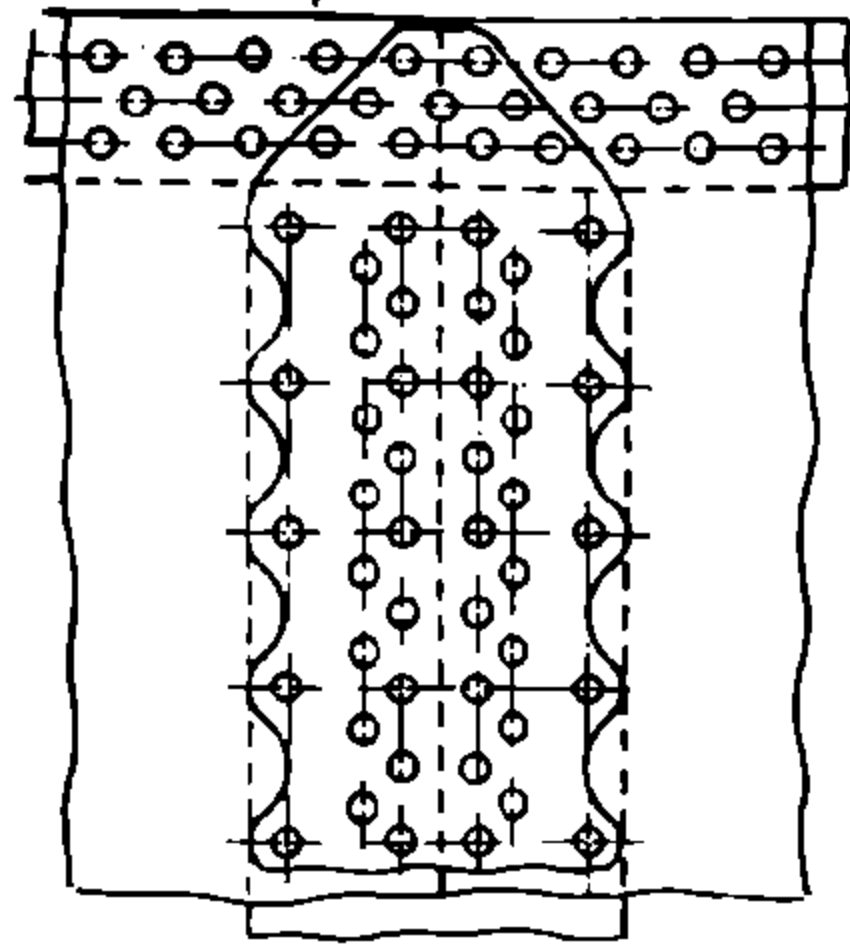


Рис. 409.

Правильный стык

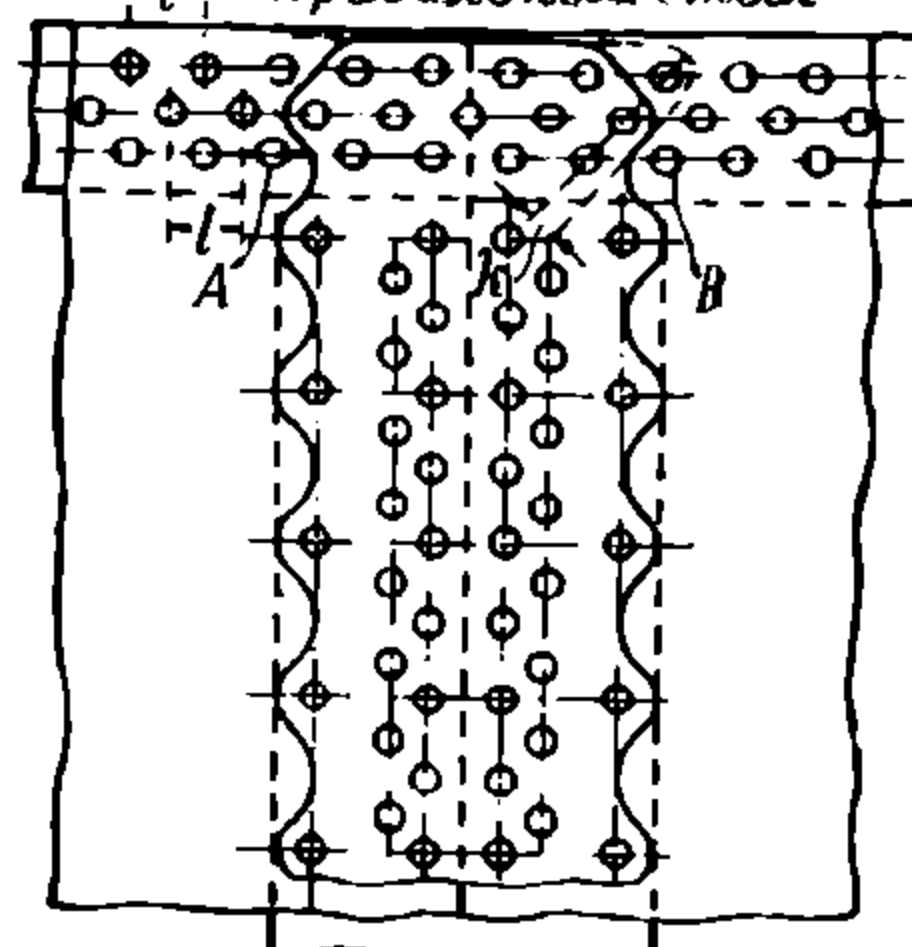


Рис. 410.

Приведем еще пример разбивки стыка листов тройного поперечного шва, показанного на рис. 409 и 410, где в первом случае стык разбит неправильно, а во втором — правильно, так как накладка на рис. 409 охватывает всего 9 заклепок поперечного шва, а на рис. 410 охватывается 13 заклепок. В этом последнем случае для усиления шва полезно даже расширить конец накладки (на рис. 410 показано пунктиром), благодаря чему охватывается 15 заклепок.

Такая разбивка встречается в том случае, когда заклепки *A* и *B* расположены на нормальном расстоянии (шаг заклепок), но нет возможности соблюсти нормальную кромку *k*. В этом случае приходится располагать заклепки несколько ненормально, но тем не менее на этом участке можно опасаться течи, да и само очертание среза конца накладки неправильно и некрасиво.

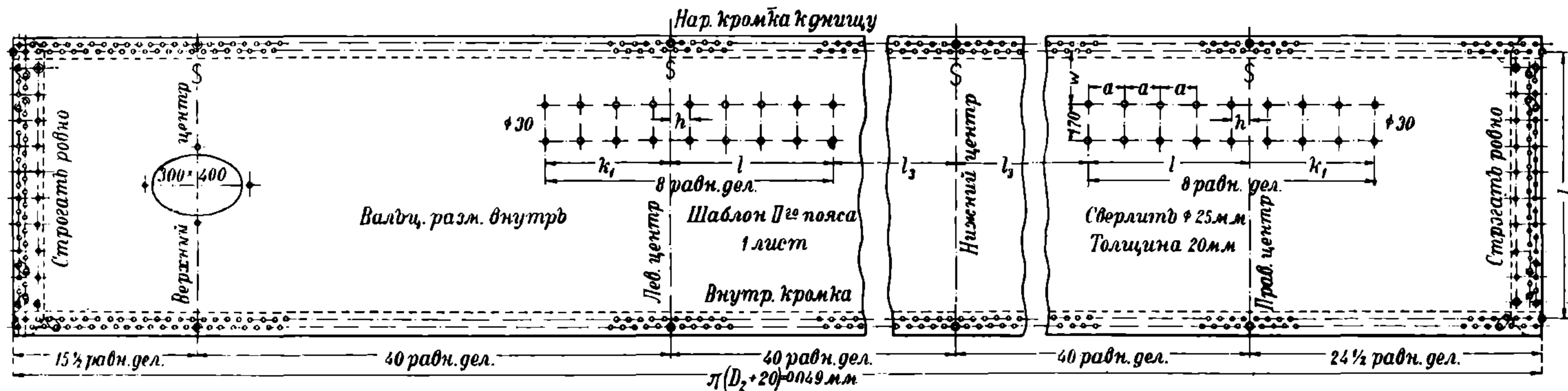


Рис. 411.

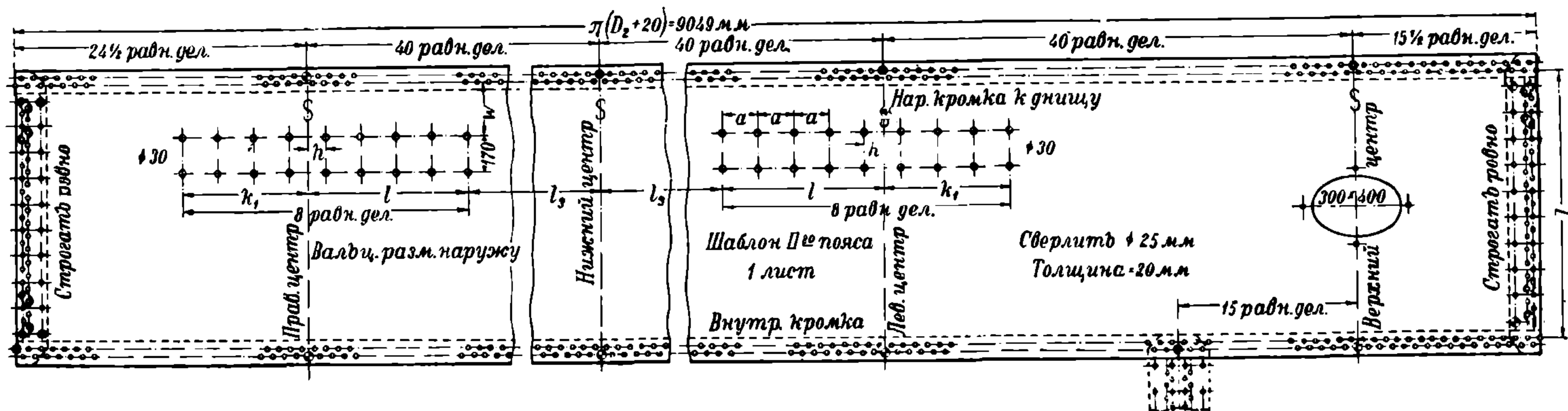


Рис. 412.

Эти основные типы разбивок стыков обязан знать каждый опытный разметчик.

По вопросу о том, как удобнее расположить сборочные дыры для прихватки, разметчик обыкновенно советуется со сборщиком или с мастером. Обычно по длине наружных листов кернят все дыры, а на внутренних — попарно, в шахматном порядке, через 11—13 делений; со стыковыми накладками поступают так же.

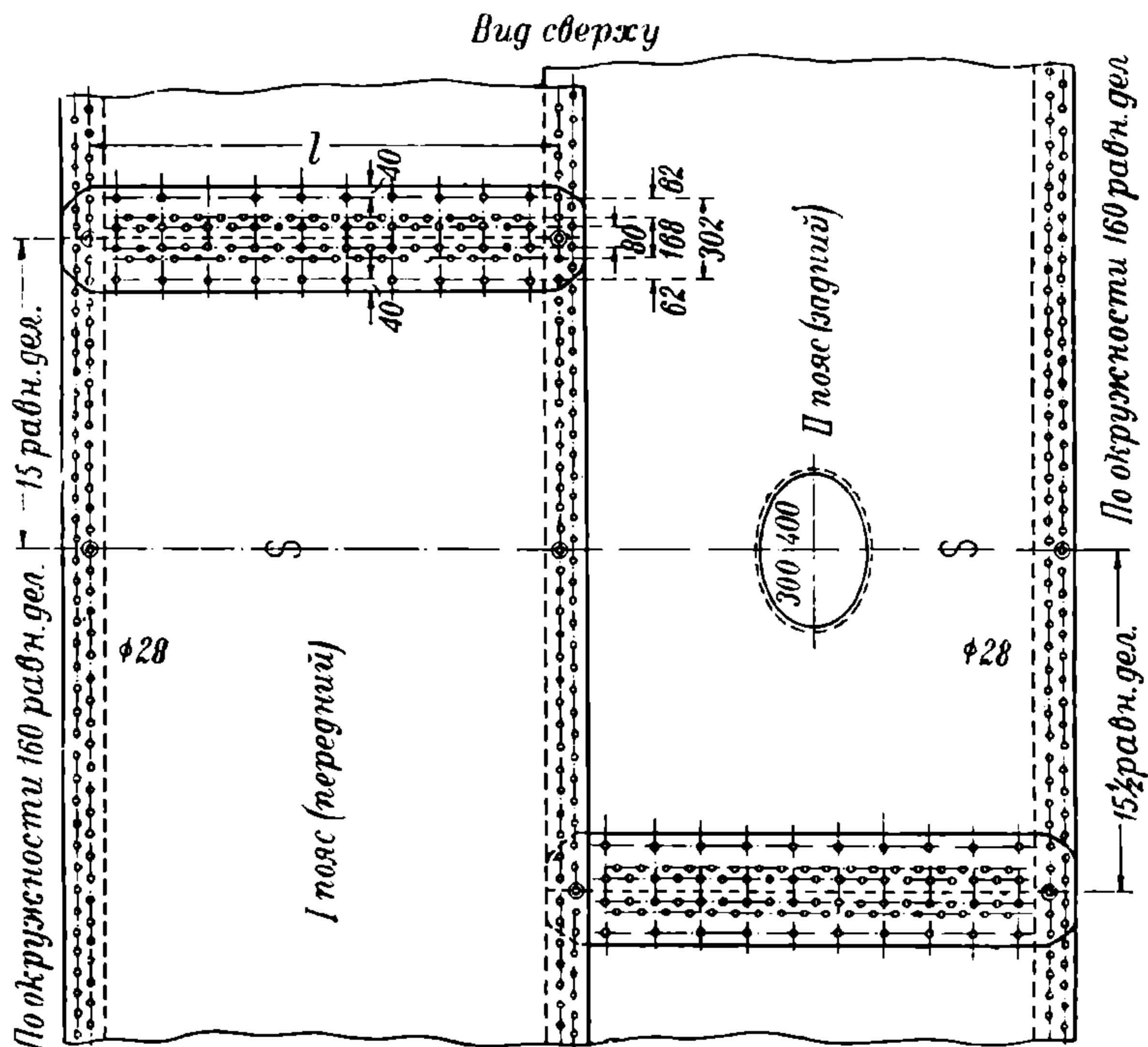


Рис. 413.

При разметке принято подлежащие сверлению дыры обводить суриком (рис. 404), а в том случае, когда сверлятся все дыры, то пишут суриком: дыры сверлить все = 25 мм.

Сняв с плаза размеры расположения распорных связей, приступают к разметке шаблона для листа 2-го пояса (заднего).

При этом разметку дыр для распорных связей необходимо строго и повторно проверять, не ограничиваясь одним рядом размеров, но проверяя и другие.

Дыры для распорных связей сверлят все, чтобы после с ними не возиться, так как при разметке по месту легко ошибиться, не говоря уже о том, что сверловка их в равных листах на станке идет гораздо быстрее и обходится дешевле, чем при помощи пневматики.

Как видно из эскиза II звена корпуса котла (рис. 413), на нем имеется надпись: „Вальц. разм. внутрь“. Такую разметку надо считать нежелательной, хотя разметка сама по себе сделана и верно. В процессе обработки такого листа легко может произойти недоразумение, так как строгальщики при-

выкли строгать кромки листа разметкой наружу, будут строгать по заведенному порядку, не разобрав или не обратив внимания на набитую керном надпись, и конечно испортят лист. Также и сборщик завальцует лист согласно строганным кромкам, естественно не обратив внимания на надпись

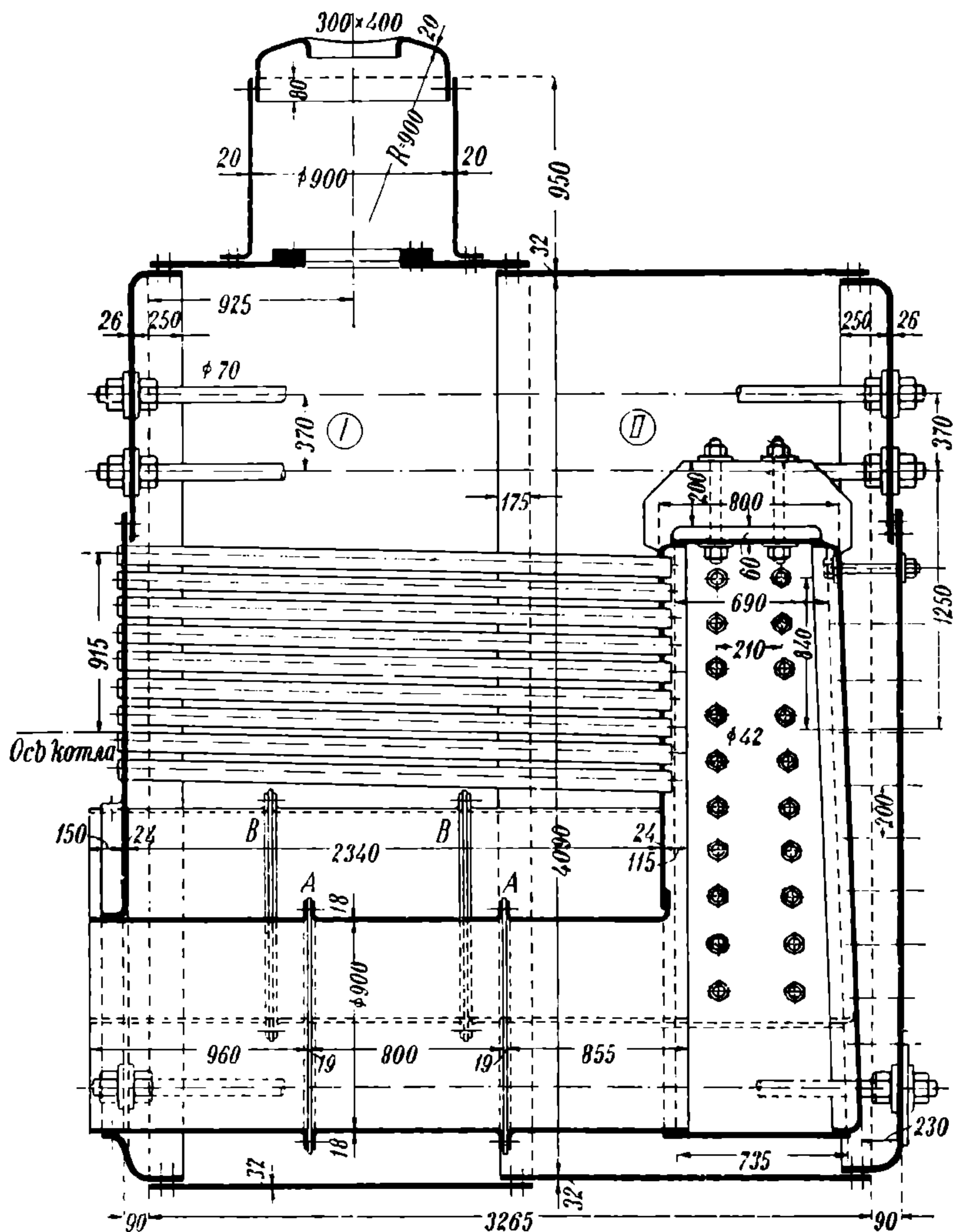


Рис. 414.

разметчика. Лист котла окажется завальцованным в обратную сторону, и ошибка может быть замечена только лишь при сборке, т. е. когда уже поздно и когда начинается обычно спешка. Поэтому в котельных работах следует твердо принять за правило всегда вальцевать листы разметкой наружу (рис. 412); это облегчает работу всем работникам цеха и гарантирует от недоразумений, вроде описанного выше.

Кроме того при разметке наружу гораздо легче ориентироваться по чертежу в смысле взаимного расположения швов, распорных связей и стыков, тогда как лист, размечаемый разметкою внутрь, требует излишней головомомной работы, чтобы все время представлять себе мысленно его вид в зеркальном изображении. На рис. 413 представлена развертка двух листов корпуса котла с накладками и размеченными в углах.

§ 43. РАЗМЕТКА ТРЕХТОПОЧНОГО КОТЛА.

В данном случае взят тип котла с сухопарником (рис. 414).

На поперечном разрезе котла (рис. 415), вычерченном на плазе, необходимо разработать сначала точное расположение швов шинельных листов, особенно средней топки, чтобы, когда придется размещать междуканальные распорные связи, не пришлось изменять расположения швов и распорных связей, последний ряд которых может попасть на шов шинельного листа. В данных случаях разметчику приходится проявлять свою инициативу и подчас принимать на себя роль конструктора, располагая шов шинельного листа ниже или выше, между распорными связями, как это видно например на рис. 415.

При разметке как двухтопочного, так и трехтопочного котла весьма важно проверить расположение гребней звеньев жаровых труб и особенно в трехтопочном котле, где расстояние между топками обычно очень мало; гребни должны быть расположены с разгоном в шахматном порядке.

На рис. 414 гребни AA принадлежат средней топке, а гребни боковых топок, расположенных выше средней, изображены линиями BB .

Размещение швов шинельных листов (рис. 415) получают, исходя из того, что сначала располагают верхние ряды связей HH_1 , придерживаясь размеров по чертежу: 875 и 698. Потом, следуя указаниям чертежа, намечают положение швов B, B_1, B_2 , прикладывая одновременно, из расчета шага связей в 200 мм, их размещение, и только тогда наносят ряды косых распорных связей H_2, H_3, H_4 . При нанесении этих распорных связей стараются придать им направление, возможно близкое к нормальному по отношению к поверхностям камер, чтобы не получился слишком большой наклон этих связей, и все же придерживаясь по возможности шага 200 мм, с отступлениями от него в 10—20 мм, чтобы правильно расположить около

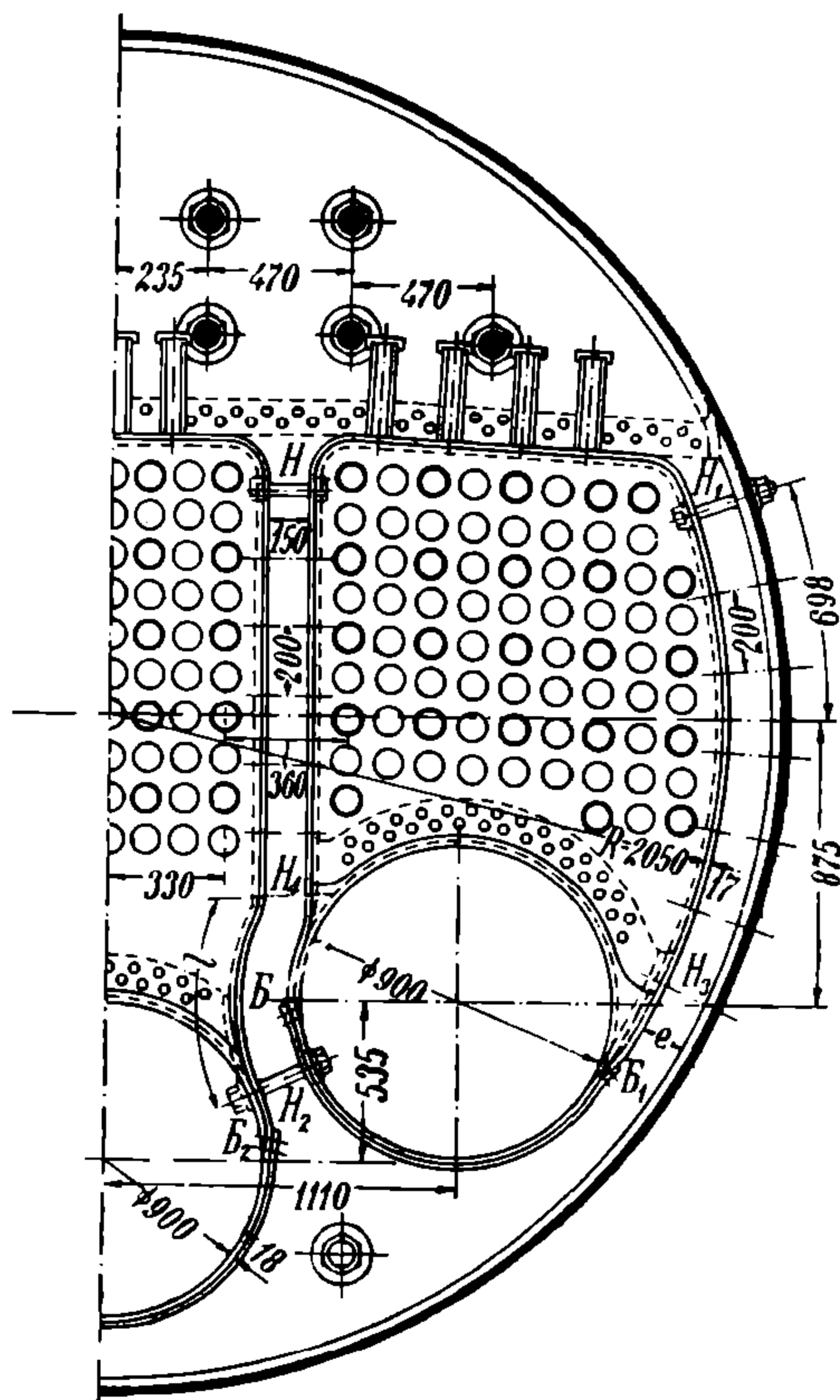


Рис. 415.

шва и гайки связей. Приходится в этих случаях ставить косые шайбы под гайку (особенно у швов B , B_2). Самые нижние ряды связей H_2 и H_3 ставятся в редких случаях, но иногда приходится их ставить, если расстояние между стенками e велико.

Разметка шинельного листа огневой коробки. Как принято, при всякого рода развертках за разметочные размеры принимают расстояния между центровыми рисками заклепок, а не между обрезными (обработочный размер, 402). В соответствии с этим изображен на рис. 416 боковой вид камеры, к размерам которого придется после прибавить ширину перекрыши шва и припуск на обработку кромки (обрез).

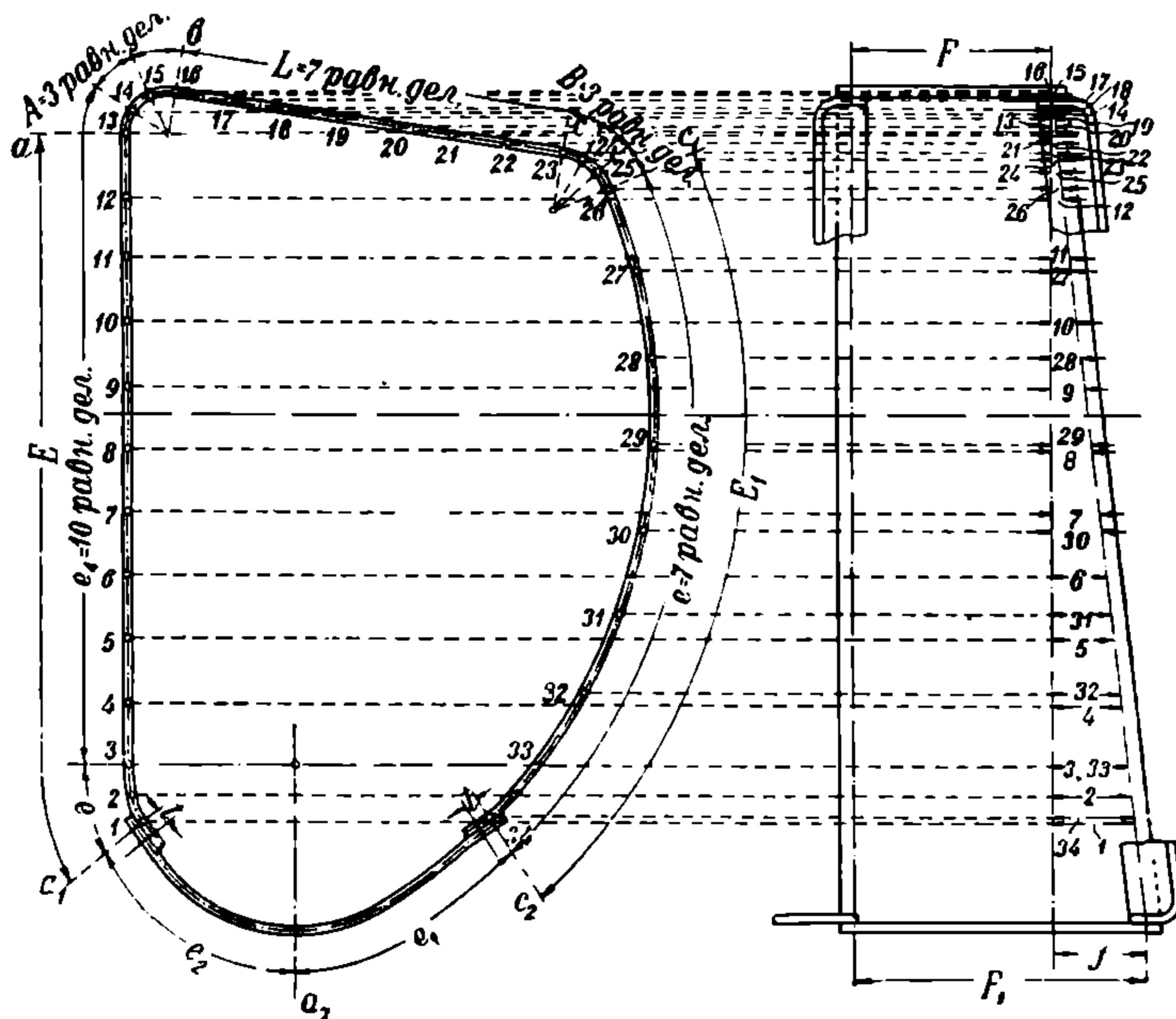


Рис. 416.

Развертку шинельного листа начинают обычно с того, что сначала устанавливают на углах начало и конец загиба, например точки a и b (рис. 416), c и c_1 , и делят дуги загиба по нейтральному слою на столько равных делений, сколько их выйдет, придерживаясь шага, указанного на чертеже котла (на рис. 416 три деления). Затем разбивают на равные части потолок от точки b до точки c и наконец боковые стенки от точки c_1 до точки c_2 и от точки a до точки a_1 . Шаг делений берется возможно близким (в меньшую сторону) к указанному на чертеже котла.

Разгонку центров заклепочных отверстий по нижнему наставку шинельного листа, если таковой имеется, рекомендуется производить отдельно на обеих половинах, а именно: от точки a_1 до a_2 и от точки a_2 к точке c_2 . Все это делается для упрощения, чтобы не проводить лишних линий, так как при разметке центрального листа нужны: центровые линии a_1 и c_2 и линии загибов a , b , c и c_1 , руководствуясь которыми (рис. 416 и 417), надо отложить сначала на развертке листа основные размеры длин L , E , E_1 (рис. 416).

Размечая шинельный лист, необходимо отметить точно начало оттяжки лацкана и его длину. Обычно делают так, как указано на рис. 418, где

видно, что начало оттяжки лацкана начинается от середины между крайней (внешней) и внутренней дыровыми линиями и длина оттянутого лацкана принимается равной удвоенному расстоянию между рядами заклепок ($e_1 = 2e$). На рис. 418 показано геометрическое построение продольного разреза лацкана, из которого видно, что площадь заштрихованного пунктиром C равна площади заштрихованного сплошными линиями C_1 . Приданием лацкану такого пра-

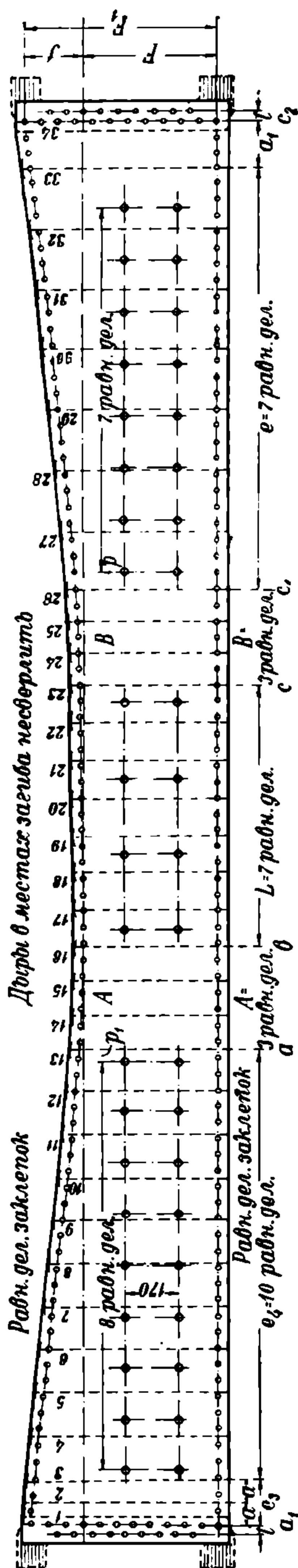


Рис. 417.

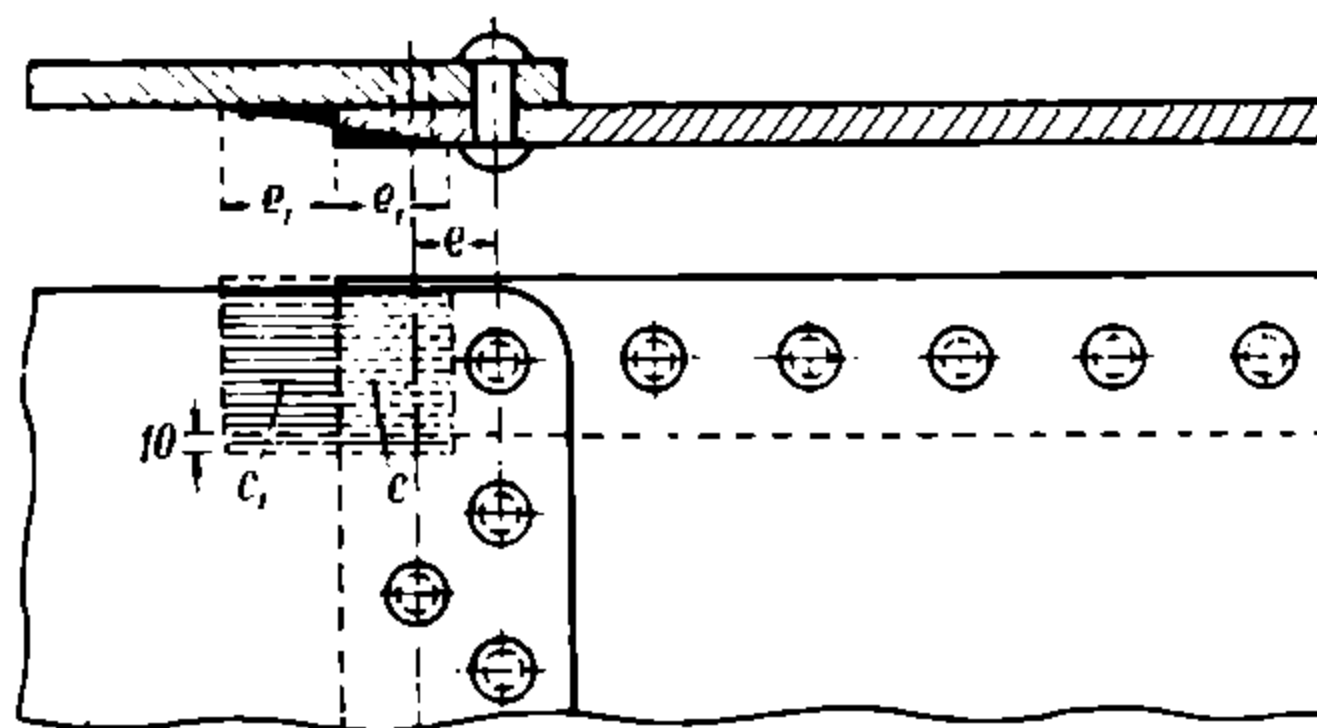


Рис. 418.

вильного геометрического построения при сборке легко достигается плотная пригонка этих швов. Мы не будем останавливаться на развертке нижних наставок шинельного листа, так как они развертываются и размечаются таким же способом, с той только разницей, что в них, как и в наружном листе корпуса, дыры сверлятся все на станке.

Дыры как для анкерных балок в верхней части шинельного листа, так и для боковых распорных связей сверлят все, но меньшим диаметром, а именно: если d нарезки 1,5" (38 мм), то под резьбу надо сверлить $d = 35$ мм, но обычно берут еще меньше — 33 — 32 мм, т. е. с запасом на рассверловку.

Необходимые лекала. Для вальцовки нижнего наставного шинельного листа нужно два лекала:

а) общий — для окончательной пригонки и проверки, на котором необходимо прокернить контрольные риски перегиба и центральных линий (дыр),

б) небольшой лекал для предварительной подгибки кромки.

Для вальцовки нижней части шинельного листа изготавливаются отдельные два лекала A_1 и B_1 и для углов A и B (рис. 402), а общего

обычно не делают, но при том непременном условии, чтобы риски загибов на листе совершенно точно совпали с контрольными рисками, нанесенными на лекалах *A* и *B*. Такие же лекалы изготавливаются и для средней топки.

Надо твердо принять за правило, чтобы лекалы изготавливались всегда по той стороне, к которой должна пригоняться смежная деталь; например в данном случае: решетка пригоняется изнутри, поэтому и лекал следует изготовить по внутренней стороне; в противном случае из-за разницы в толщине железа могут оказаться неправильности.

Разметка решетки огневой коробки. Вычертив в натуральную величину контур решетки (рис. 419), наносим внутрь от наружного очертания решетки линию *A* — начала загиба ($r = 55$ мм), потом отложим длину загиба e из расчета по нейтральному слою листа

$$e = \frac{(55 - 12) \times 3,142}{2} = \frac{135}{2} = 67,5 \text{ мм},$$

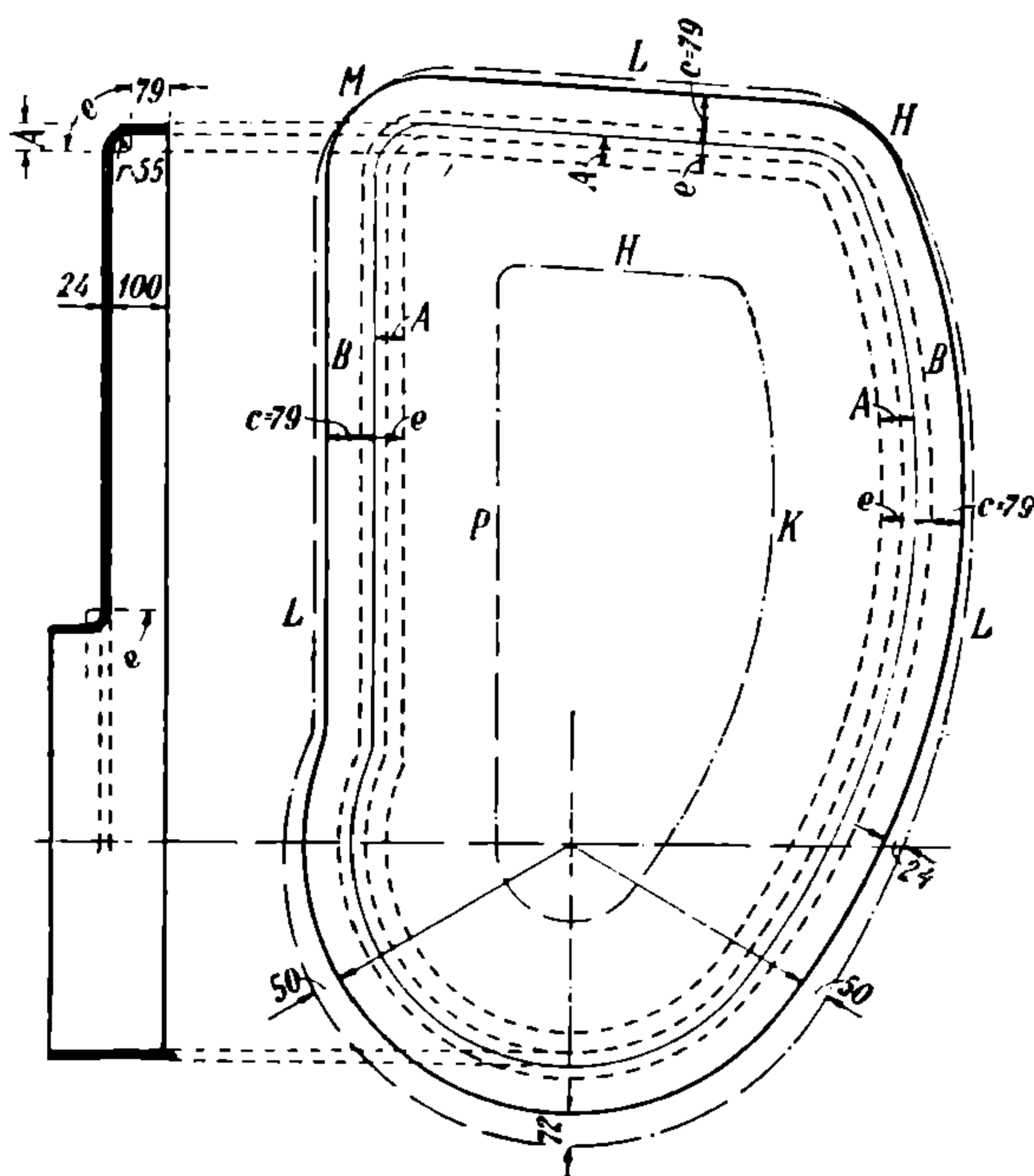


Рис. 419.

причем получаем линию *B* — конца загиба, а от нее уже проводим обрезающую линию *c* на расстоянии, равном ширине фланца (79 мм). Остается прибавить еще припуск на обработку (линия *L*), причем этот припуск принято брать равным толщине железа данного изделия ($L = 24$ мм). В углах *M* и *H* этот припуск сходит на-нет, так как в этом месте, вследствие осадки материала, и без того получается излишняя ширина фланца.

Припуск в нижней части дается размером в три толщины железа $24 \times 3 = 72$ мм, причем, как видно из рис. 419, он постепенно сходит на 24 мм у горизонтальной осевой линии топки. Такой большой припуск делается в виду

того, что, когда будут выбивать вручную или под прессом горловину, то при отворачивании фланца (рис. 420) материал будет утягивать по стрелке *A* и расходиться по окружности, так как диаметр отверстия (выреза) меньше диаметра выбитой горловины и при отворачивании ее материала будет нехватать. Если выбивают сначала горловину, а потом уже загибают борты решетки, как это делается на некоторых заводах, то припуск следует делать в вырезе горловины (рис. 420) и для выбивки горловины лист не обрезают, а берут целиком, чтобы кромку вообще не увело, и обрезку листа производят уже после прошивки горловины.

В данном случае d (диаметр выреза) (рис. 420) получается из следующего расчета; при внутреннем диаметре жаровой трубы в 900 мм и толщине стенок жаровой трубы $(18 + 18) = 36$ мм, диаметр горловины должен получиться 936 мм. При размерах горловины, указанных на рис. 420, расстояние кромки выреза от линии начала загиба H будет равно

$$\frac{\pi(r-12)}{2} + e = \frac{3,142 \times (55-12)}{2} + e = \frac{135,0}{2} + 70 = 137,5 \text{ мм.}$$

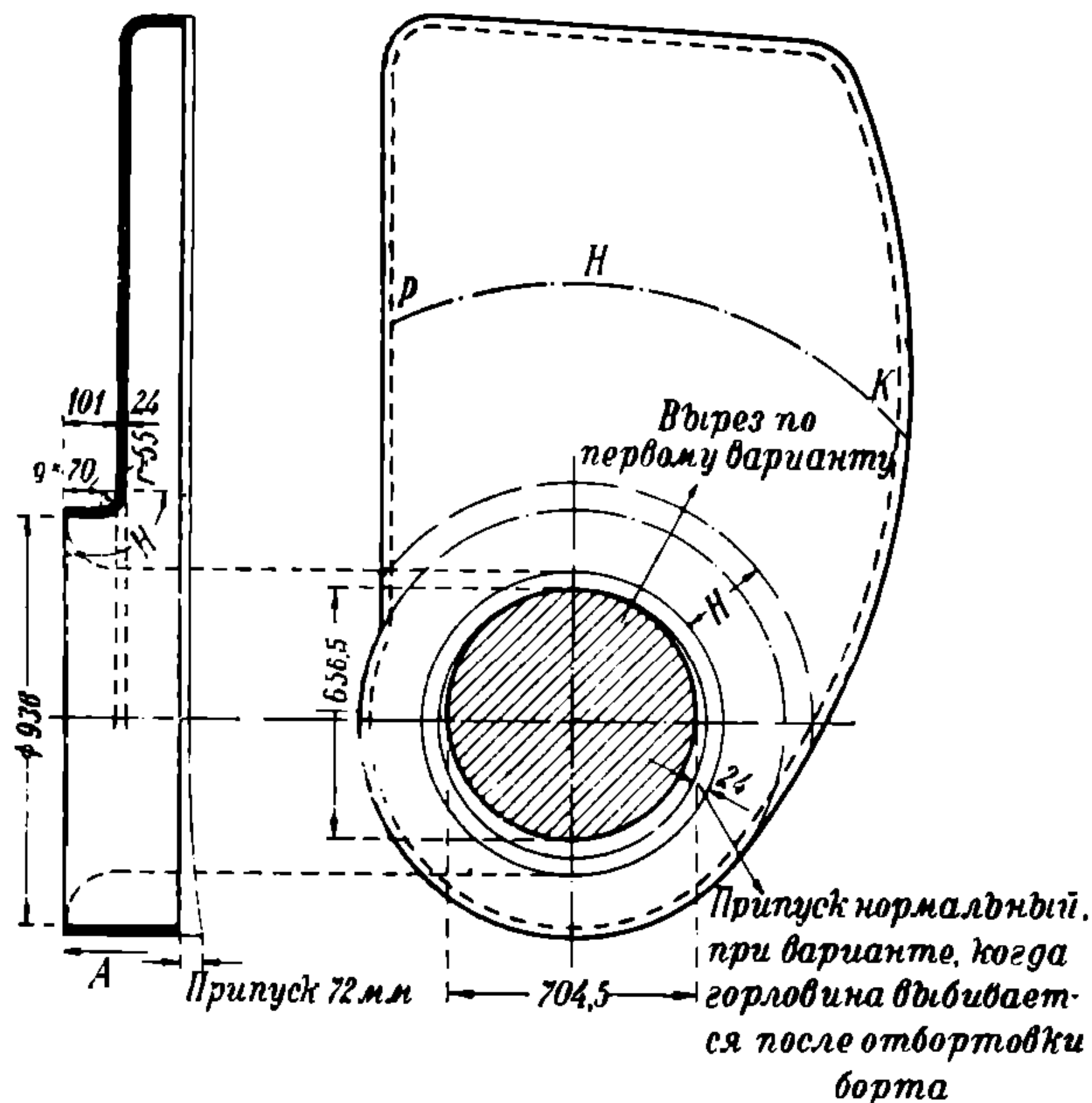


Рис. 420.

В нижней же части расстояние от кромки горловины до нейтрального слоя листа (до отворачивания фланца) равно $70 + 43 = 113$ мм. Таким образом теоретически диаметр выреза получится:

$$(936 + 12 + 55) - (113 + 137,5) = 752,5 \text{ мм.}$$

Из этого размера вычитаются на вытяжку: сверху 24 мм, а внизу, как уже указывалось, $24 \times 3 = 72$ мм, в результате чего получим заштрихованный овальный вырез с вертикальной осью $752,5 - (24 + 72) = 656,5$ мм

и горизонтальной $752,5 - \frac{24 + 72}{2} = 704,5$ мм. Контрольные риски p , H и K должны быть также нанесены для накладывания лекала при проверке правильности загиба.

Эти риски помечаются на лекале крестиками (рис. 421). Кроме этого лекала дают еще лекала для углов, для погиба боковой стенки и по низу горловины. По этим отдельным лекалам гибщику легче гнуть и проверять, но во всяком случае ему дают и общий шаблон, который он накладывает на кромку решетки, уложенной на плите, причем по угольнику проверяют правильность отгиба борта, и для горловины — круглый.

Лекалы делают обыкновенно из 2—4 мм железа или сплошными, или с фигурными вырезами для облегчения их веса.

Аналогичным методом производится разметка также решетки и задней стенки средних камер трех- или четырехтопочных котлов.

Разметка днища, составленного из двух частей. Днища котлов большого диаметра делают составными вследствие невозможности получения из проката достаточных размеров целого листа.

Представленное на рис. 422 переднее днище котла состоит из двух частей, причем верхний, так называемый горбушек, перекрывается обычно нижним (для удобства чеканки).

Сначала штампуют обыкновенно горловины, большей частью одну за другою, нагревая каждый раз на горне

лишь место, подлежащее штамповке. На крупных заводах, где имеются 500—1000-тонные прессы, штампуют одновременно все три горловины.

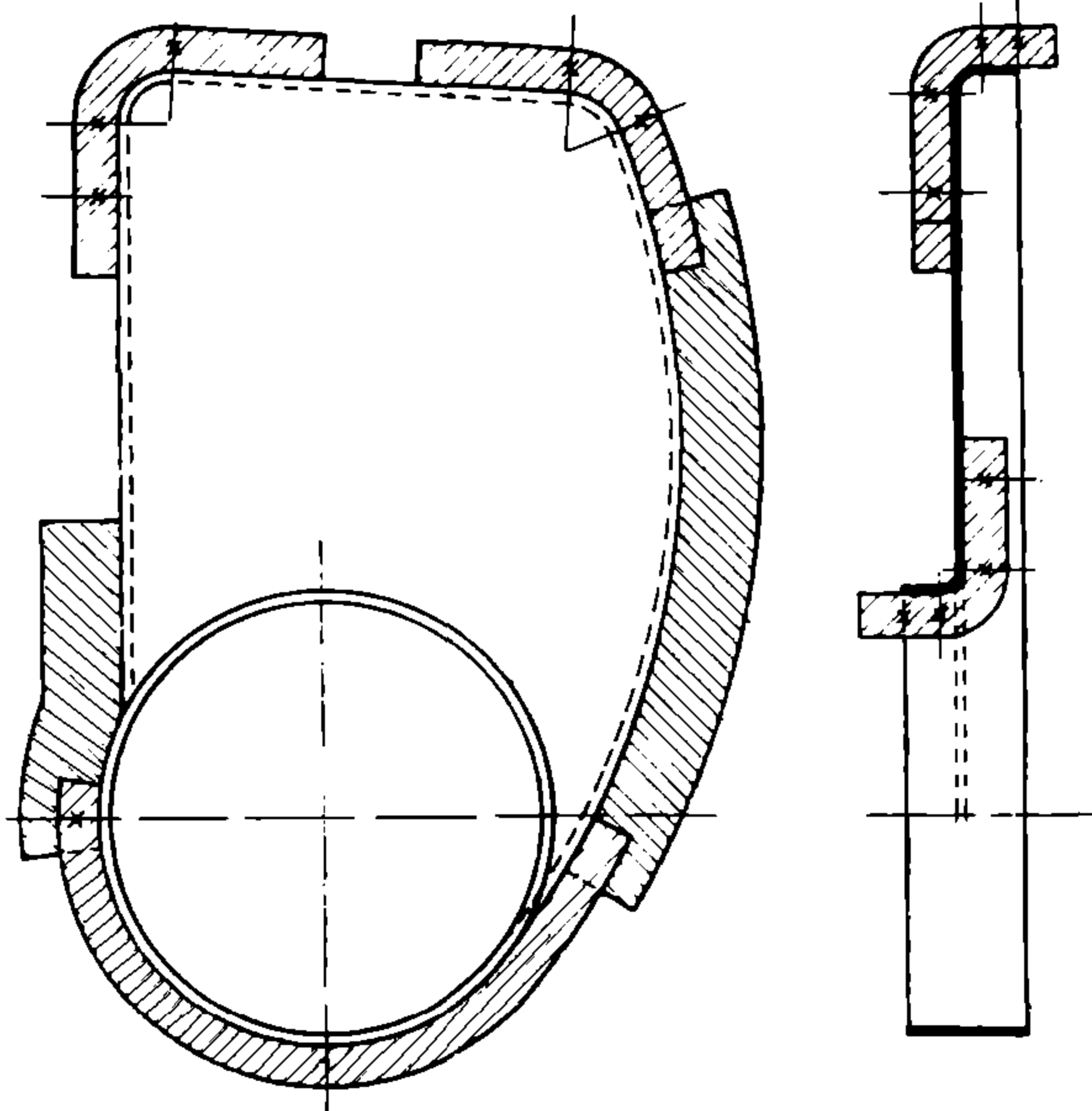


Рис. 421.

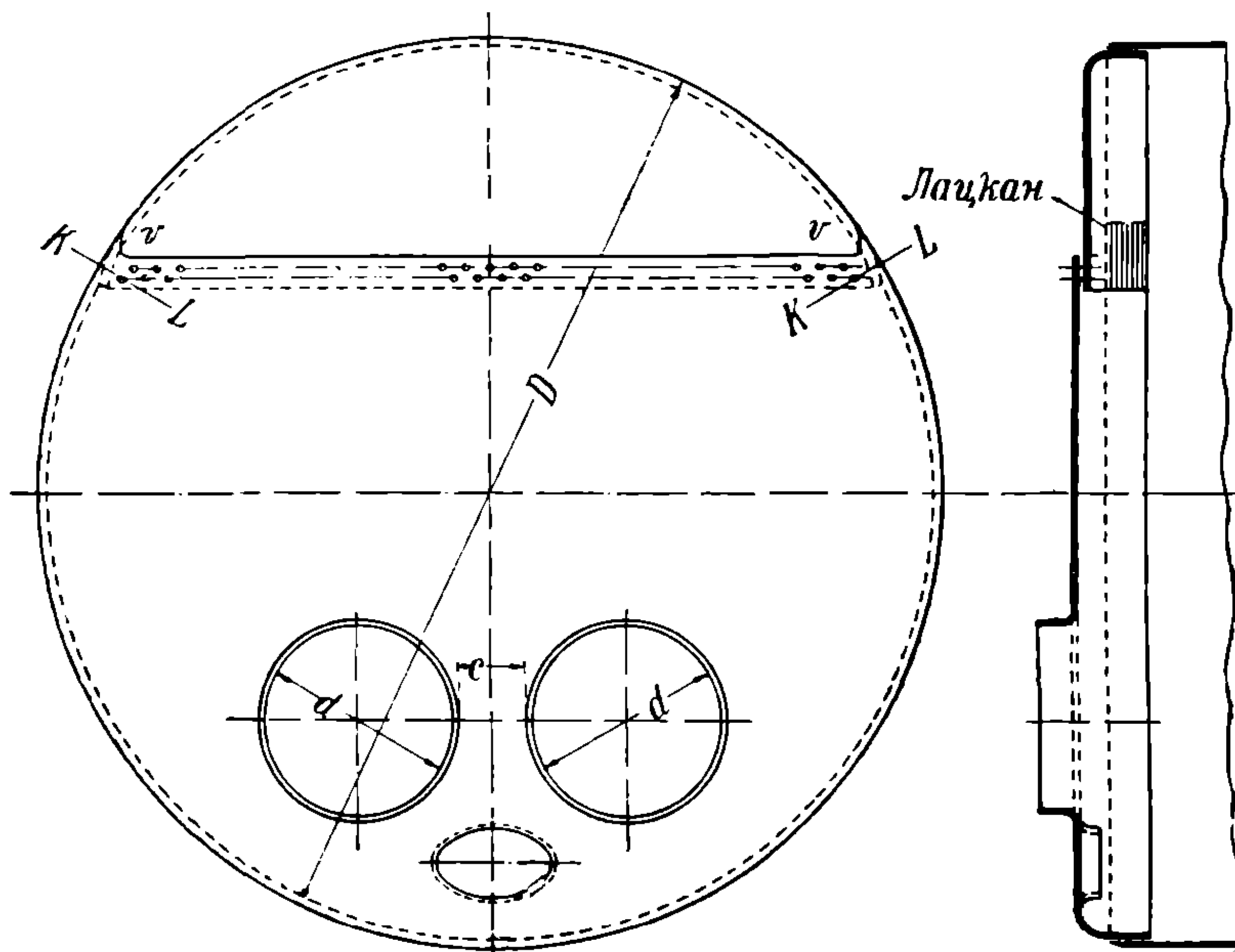


Рис. 422.

Если потребуется изготовить такое днище вручную, то лучше сначала выбивать одну среднюю горловину (если 3-топочный котел), выправить и проверить ее, а затем вырубить отверстие для одной из боковых, выбить ее, проверить взаимное расположение по отношению к средней и затем уже перейти к вырубке отверстия и к выбивке последней.

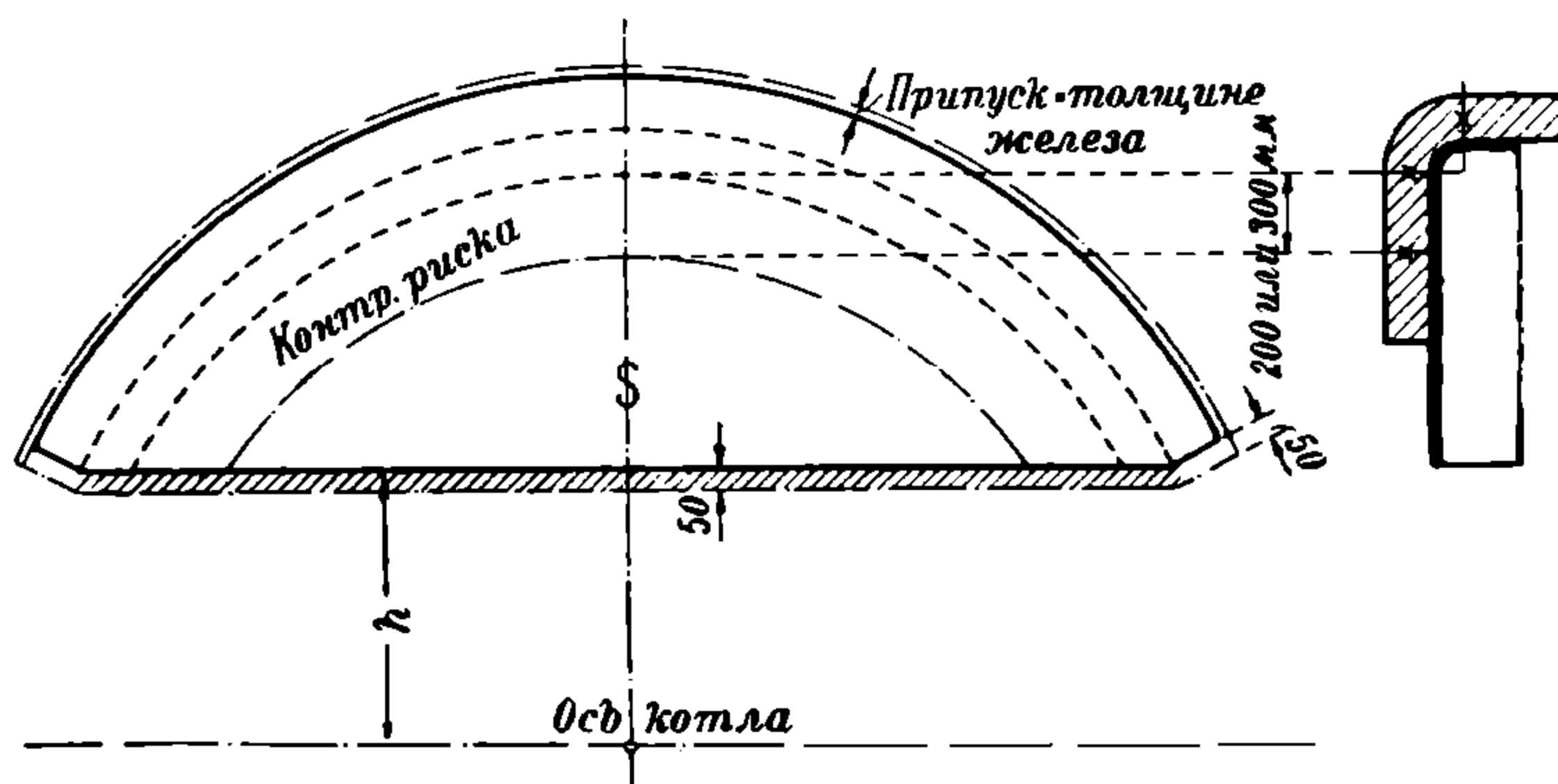


Рис. 423.

При одновременной фланцевке отверстий всех трех горловин лист сильно „ведет“ и достигнуть правильного расположения горловины и соблюдения их размеров чрезвычайно трудно. Отверстие лаза или штамнуют на прессе „Тведдель“ после прошивки горловин и отбортовки днища, или выбивают вручную там, где нет такого пресса.

Верхний горбушек (рис. 423) размечается под бортовку и по частям обжимается на прессе „Тведдель“. На него надо нанести все риски загибов и контрольную (для лекала), которая наносится обычно на расстоянии 200—300 мм от линии начала загиба.

Припуск по ширине полотна, заштрихованный на рис. 423, составляет „про запас“ и обрезается только после приладки горбушка к другой части днища.

После отбортовки углы L, L подсаживают по лекалу для пригонки с лацканом другой половины днища (рис. 424).

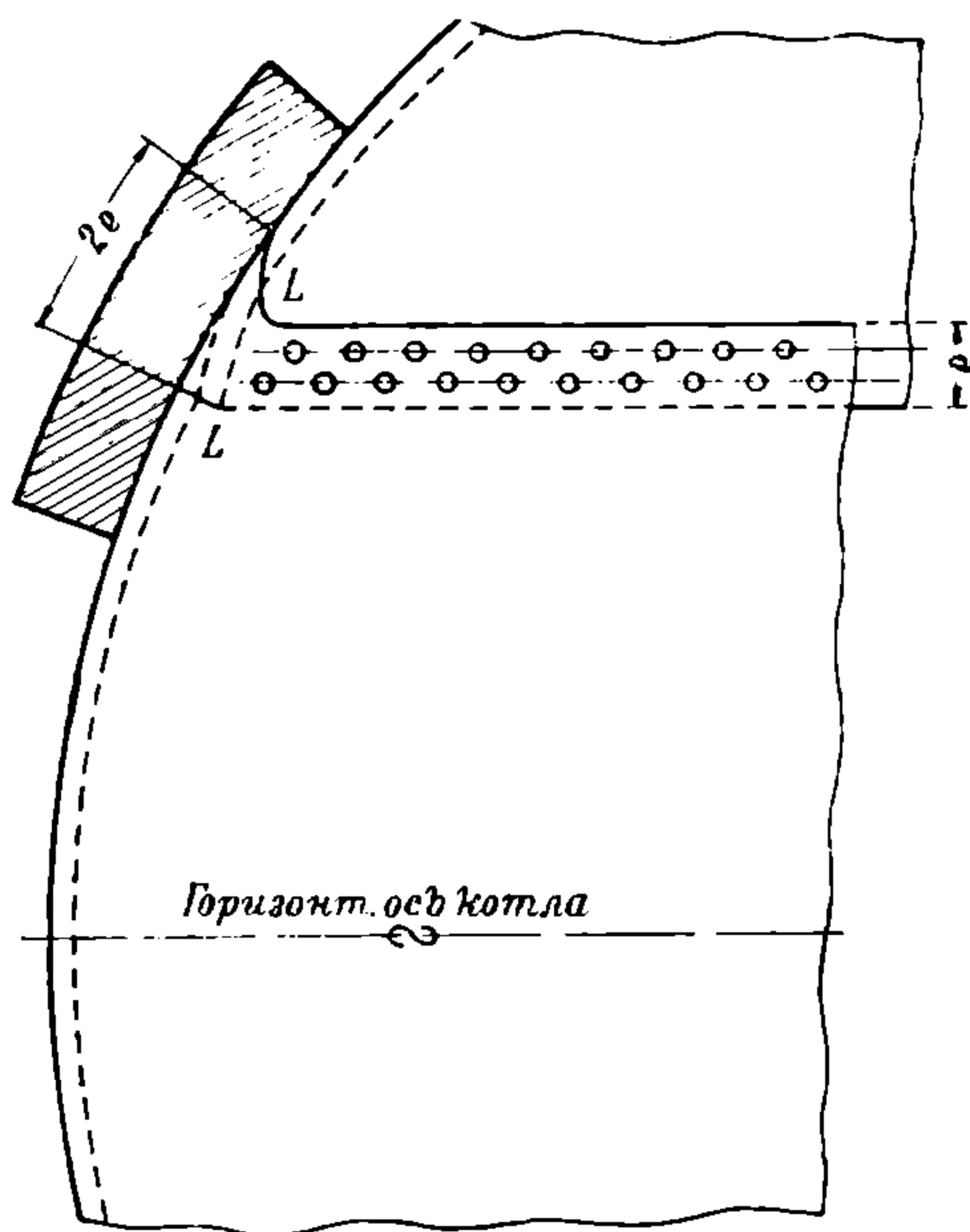


Рис. 424.

Нижняя часть днища размечается под отбортовку только после прошивки горловин, чтобы иметь возможность компенсировать некоторые неточности во взаимном их расположении, которые, вообще говоря, при ручной работе неизбежны.

При разметке нижней части днища необходимо уделять должное внимание припускам на углах для образования лацканов. Многолетним опытом выработаны такие правила: припуск по ширине полотна дается в 50 мм, лацкан же делается согласно рис. 425, т. е. длина оттянутого лацкана делается равной двойной ширине перекрытия шва $= 2e$ (рис. 424). Поэтому при разметке для образования лацкана следует на обрезе листа делать выступы $a = E$ (рис. 425). На отковку (оттяжку) лацкана разметчиком дается лекал, подобный показанному на рис. 424.

По окончании фланцовки обеих частей днища и после правки их (с предварительным нагревом в печах) их спаривают по шву, для чего предварительно сверлят 4—6 дыр по углам и по длине шва полотна, причем дыры сверлятся на 6—8 мм меньше проектных.

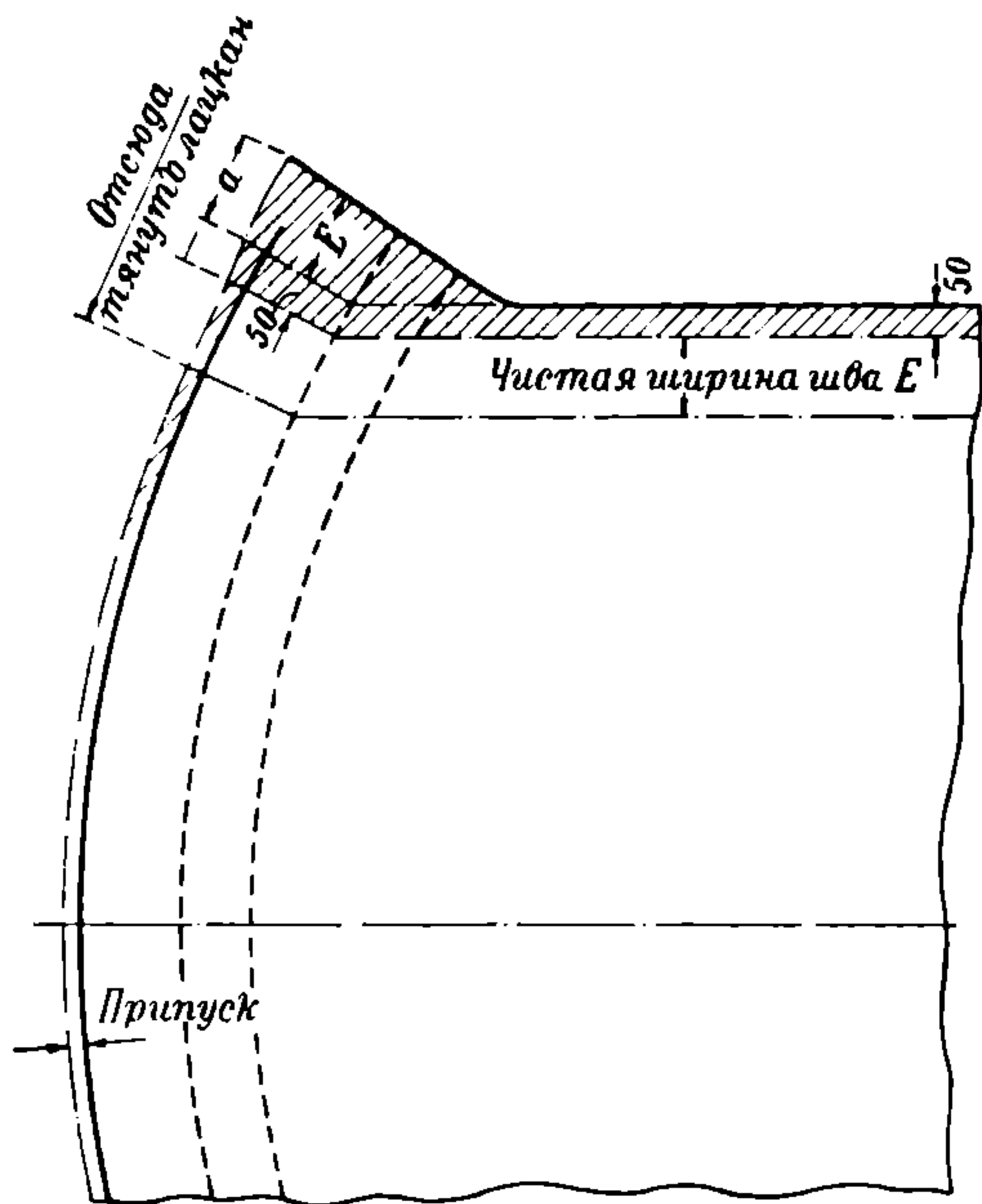


Рис. 425.

Прежде чем брать днище на разметочную плиту, еще в кузнице следует проверить все его размеры, как то (рис. 422): D по двум или шести направлениям, πd и d горловин, расстояния между ними c , угол загиба и ширины всех фланцев, и наконец полотно (по линейке), и только после этих проверок можно пускать днище в разметку и дальнейшую обработку. Для облегчения установки днища в котел на наружном фланце сверлят 4—8 дыр меньшего (на 6—8 мм) против расчетного диаметра (для вставки сборочных колик).

После сверловки днища через отверстия корпуса котла его вынимают из барабана для чистки шва от заусенцев и готовят к окончательной установке; при этом в местах v, v (рис. 422) необходимо, прежде чем их размечать, произвести разбивку заклепочных отверстий на плазе (рис. 422), вычертив разрез угла по $K—L$ в натуральную величину.

Здесь кстати будет отметить, что по старой традиции хотя и принято в случае неудачного расположения заклепок в этих местах ставить в углах по два гужона на газовой резьбе, но этого ни в коем случае допускать не следует. Надо добиваться правильного расположения в этих углах заклепок и требовать от сборщика самой тщательной пригонки (придружки, обкладки) угла и стремиться обойтись без гужонов, которые, если плохо припасован угол, все равно держать не будут, и при эксплуатации котла в этих местах всегда будет наблюдаться течь.

Разметка стыковых накладок котла. Обыкновенно разметчики вычерчивают на плазе поперечный разрез стыка листа и размеры с него снимают рулеткой по нейтральному слою как для наружной, так и для внутренней стыковой накладки. Это полезно лишь для проверки. Однако

$$e_2 = \frac{E_2 R_2}{R} \text{ и } f_2 = \frac{E_2 R_1}{R} \text{ и т. д.}$$

10
H
a a
l
A
A
A
4
7

Ширина лафана получается сама в таком виде

Поперечный обрез накладки для оттяжки должной длины лацкана следует наносить на расстоянии $\frac{M}{2} = a$, так как заштрихованные треугольники должны быть равны.

The image contains two technical drawings of a mechanical component, likely a part of a machine or a structural element.

The left drawing is a cross-sectional view. It shows a curved, semi-circular top surface. A vertical dashed line indicates the center of curvature. The radius of curvature is labeled r . The thickness of the component is labeled e . The drawing is divided into seven numbered sections (1 to 7) along the curved surface, with points labeled a at the top and b at the bottom. The bottom surface is shown in a perspective view, indicating a curved profile.

The right drawing is a perspective view of the component. It shows a cylindrical or semi-cylindrical shape with a flat top surface. The height of the component is labeled h . The thickness of the component is labeled e . The drawing shows a series of vertical lines on the side, possibly representing a ribbed or fluted surface. The bottom surface is shown in a perspective view, indicating a curved profile. The drawing is divided into two main sections, labeled A and B , with a dashed line indicating the boundary between them.

319

Прежде чем размечать вертикальный шов на развертке (рис. 429), надо найти сначала первую начальную дыру A . Для этого проще всего вычер-



Рис. 430.

Лацканам придаются следующие размеры: лацкану M (рис. 429) у днища сухопара придаются обычные размеры, как у швов внахлестку (см. рис. 417).

320

дается припуск на длине листа $x = \frac{L}{2}$; по ширине же листа припуск берется равным ширине фланца. На другом конце листа, в предупреждение утягивания фланца, припуски a и b берут равными трем толщинам листа.

Эти припуски не поддаются теоретическому вычислению, так как утяжка металла при отгибе фланца зависит не только от свойств металла, температуры нагрева и т. д., но и в значительной мере от ловкости и опытности гибщика.

Разметка остальных частей котла не отличается никакими особенностями и производится обычными приемами, подробно описанными в настоящей книге.

Разметчик обязан лишь строго придерживаться чертежей, полученных из технического бюро, и не вносить в них никаких изменений без согласования с конструктором; в случае возникших сомнений необходимо также обращаться за разъяснениями в техническое бюро, отнюдь не принимая на себя их окончательного разрешения по своему усмотрению.

ГЛАВА X.

РАЗМЕТКА ПАРОВОЗНОГО КОТЛА ПАРОВОЗА ТИПА 0 — 5 — 0.

А. Э. Данюшевский, И. Г. Звирбуль, Мальцев.

§ 44. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ.

При разметке паровозных котлов встречается, как это мы увидим ниже, много деталей, имеющих целиком или частично кривизну в двух измерениях. Как известно, такие поверхности не разверзаемы, т. е. не могут быть развернуты в плоскость. Для придания им требуемой формы их приходится штамповать в нагретом состоянии, так как при штамповке нагретый листовой материал легко поддается вытяжкам и осаживается, в результате чего неразверзаемая поверхность их может быть изготавливаема из листовой заготовки.

Возникает вопрос, как подсчитать размеры заготовки для штамповки такой неразверзаемой поверхности. Как уже неоднократно указывалось, неизученность всего комплекса явлений, имеющих место при штамповке, заставляет подходить к этому вопросу ощупью, основываясь главным образом на опытных данных. Здесь мы приведем два наиболее распространенных в настоящее время метода подсчета размеров заготовки. В целях конкретизации вопроса рассмотрим для примера подсчет размеров заготовки для штамповки полого шарового сегмента.

По первому способу (см. выше — метод Музиола), теоретический размер площади круга заготовки берется равным поверхности шарового сегмента, вычисленной по формуле $M = 2\pi Rh$, ¹⁾ где R — радиус шара, а h — высота сегмента; все размеры отнесены к нейтральному слою материала. Теоретический радиус круга заготовки может быть найден из формулы: $\pi x^2 = 2\pi Rh$, откуда радиус заготовки $x = \sqrt{2Rh}$.

К этому теоретическому размеру радиуса приходится прибавлять припуск, который должен компенсировать неравномерность осаживания и вытяжки материала, а также погрешность в размерах, вследствие возможного сдвига заготовки в ту или иную сторону при установке ее на штампе.

При втором способе длина дуги меридионального сечения сегмента, вычисленная по нейтральной оси, принимается равной диаметру круга заготовки.

К этому подсчитанному (теоретическому) размеру припуск, если и дается, то значительно меньший, чем в первом случае, а в большинстве случаев не дается и вовсе, так как он уже содержится в самом теоретическом размере.

¹⁾ Hütte, I, стр. 191, 12 изд.

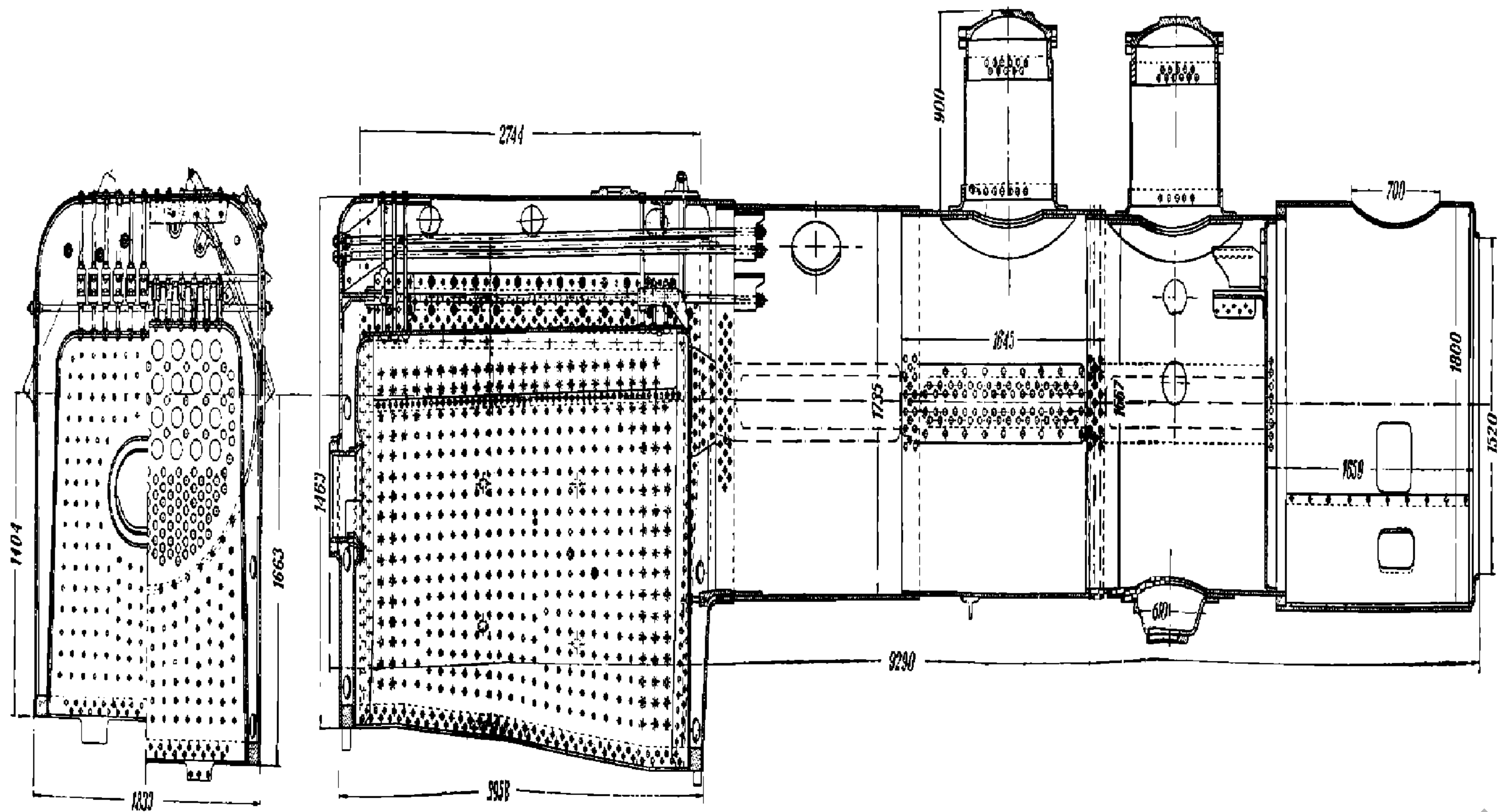


Рис. 431.

Как мы увидим ниже, при подсчете по второму способу приходится иногда даже уменьшать теоретический размер.

При разметке деталей паровозного котла мы будем пользоваться обоими способами, отдавая предпочтение первому при штамповке поверхностей, неразверзаемых в своих главных частях, и прибегая ко второму там, где неразверзаемая часть поверхности составляет лишь небольшую часть детали.

Для ознакомления с приемами разметки паровозных котлов рассмотрим разметку строящегося на заводах СССР котла типа мощных товарных паровозов 0—5—0, серии „Э“

Общий вид котла изображен на рис. 431, из которого видно, что котел паровоза выбранного типа представляет собою весьма сложную конструкцию по сравнению, например, с котлами английских систем (ланкаширской или корнуалийской) или водотрубных.

Ниже мы подробно изложим приемы разметки всех деталей котла, расположив их по сборочным единицам (группам), а именно:

1) наружный кожух топки, 2) медная топка, 3) цилиндрическая часть котла, 4) дымовая камера, 5) сухопарник, 6) грязевик.

§ 45. НАРУЖНЫЙ КОЖУХ ТОПКИ.

Наружный кожух топки состоит из следующих деталей: а) лобового листа, б) ухватного листа, в) двух боковых шинельных листов, г) верхнего шинельного листа и д) топочной рамы. В этом порядке расположено все дальнейшее описание.

а) Лобовой лист. Лобовой лист паровозного котла изображен на рис. 432 в проекциях *а*, *б*, *г* и в разрезе *в*. Чтобы не загромождать рисунок обилием размеров, лобовой лист показан на рис. 432 без дыр для связей и арматуры.

Развертка лобового листа представлена на рис. 433, причем теоретическая развертка показана сплошной линией, а условным пунктиром — поправки на вытяжку и усадку при штамповке с учетом последующей обработки лобового листа и возможности сдвига заготовки в ту или иную сторону при установке ее на штампе.

Развертка лобового листа производится следующим образом. Проведя вертикальную осевую линию $x-x$ (на рис. 433 она горизонтальна), откладываем на ней от принимаемой обычно за базу нижней кромки листа — 2553,5 мм, каковая величина составляется из следующих слагаемых (рис. 432б): $2553,5 = 2194,5 + 248 + 111$,

где 2194,5 мм — расстояние от нижней кромки листа до начала загиба

верхнего фланца; $248 = \frac{\pi}{2} \left(R + \frac{\delta}{2} \right) = 1,57 \times 158$ мм — длина дуги за-

гиба верхнего фланца (по нейтральному слою δ — толщина листа); 111 мм — ширина верхнего фланца. Перпендикулярно к вертикальной осевой линии в обе стороны от нее откладываем по 1095,5 мм $= 736,5 + 248 + 111$ (рис. 432, б и в), где 736,5 мм — расстояние от осевой линии до начала загиба бокового фланца; 244 мм — длина дуги загиба и 111 мм — ширина бокового фланца (см. выше). Закругления углов развертки очерчиваем радиусом, равным разности между 2583,5 мм — полной длиной развертки (рис. 433) и 2040,5 мм — расстоянием от нижней кромки листа до

центра закругления угла (рис. 432а), т. е. $2553,5 - 2040,5 = 513$ мм. Остальное построение теоретической развертки ясно из чертежа.

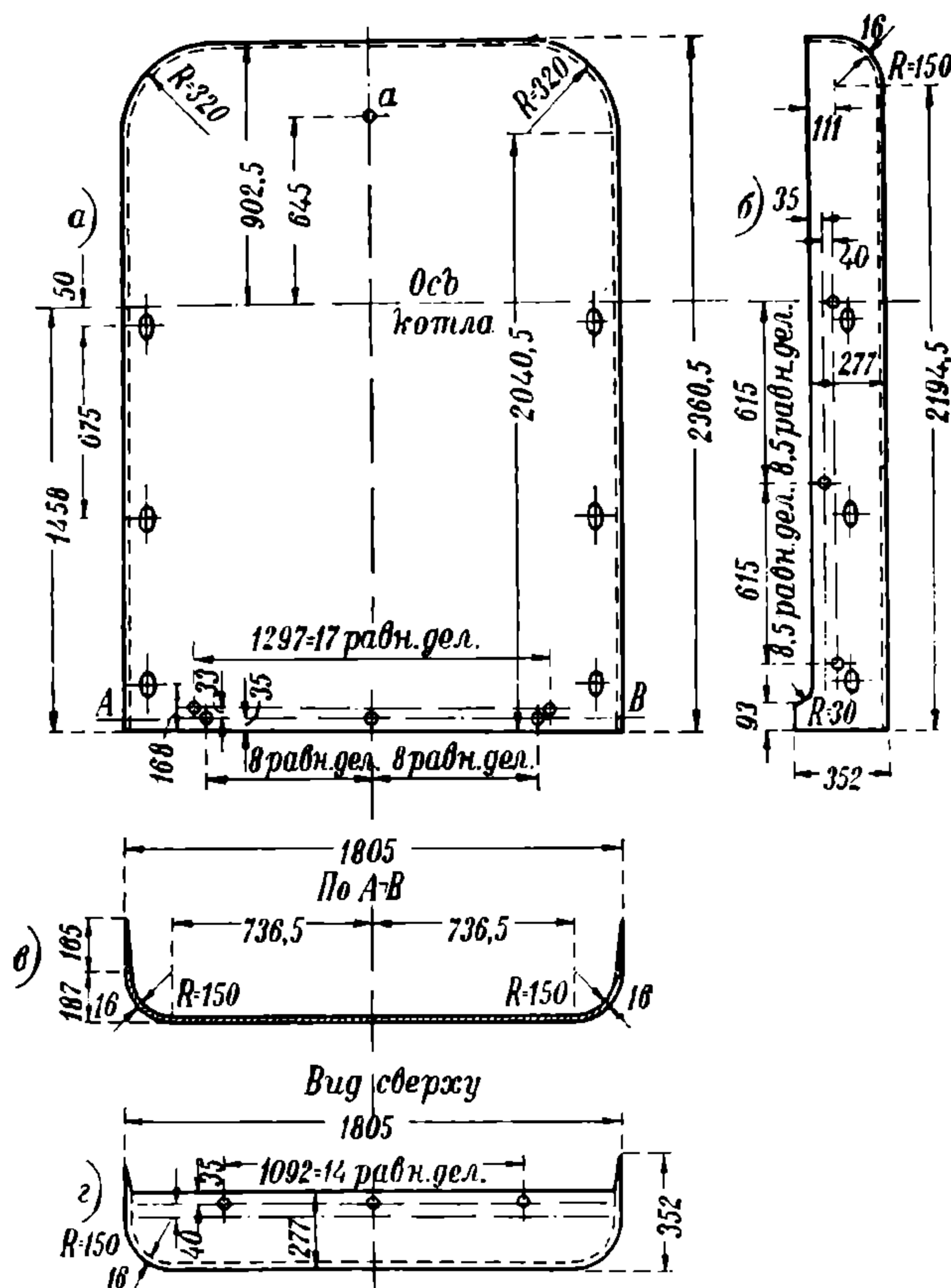


Рис. 432.

В размере теоретической развертки вносятся следующие поправки: кругом ± 20 мм; по базисной кромке ± 90 мм, чтобы из этого припуска можно было взять пробные планки для факультативного испытания качества металла после штамповки. (Размер припуска по базисной кромке должен быть согласован с соответствующим припуском на штампе.) В верхних углах заготовки срезаны лунки (рис. 433), ширина которых взята на основании опыта многократных штамповок равной толщине листа, т. е. в 16 мм. Радиус 620 мм подбирается, исходя из условия плавного закругления углов. На этом же рисунке показаны заключенными в квадратики припуски, остающиеся на листе после штамповки. Как видно из рис. 433, остающийся припуск в углах, несмотря на срезанные лунки, достигает 22—25 мм. ¹⁾ Никаких вырезов и дыр ни для связей, ни для арматуры на развернутый лист не наносится.

¹⁾ Здесь приведены припуски, фактически даваемые на одном из старейших паровозостроительных заводов СССР. По имеющимся сведениям, на новейших заводах эти припуски значительно меньше (см. Смилов и Лизогуб, Будовання паровиків) и возможность сдвига листа на штампе не учитывается.

превышают 2—3 мм, допускаются; в случае же больших отклонений — лист возвращается кузнецу для исправления. Окончательно выправленный лобовой лист вновь устанавливают на разметочной плите, наносят оси и, убедившись на этот раз в правильности всех размеров и достаточности припусков для обработки, намечают линии обреза, центровые линии заклепочных швов и при помощи шаблонов сборочные заклепочные дыры. Сборочные дыры диаметром 20 мм (на 3 мм меньше проектного) наносятся (рис. 432г) на верхнем фланце для крепления с потолком, на боковых фланцах (рис. 432б) для крепления с боковыми шинельными листами и на полотне (рис. 432а) для крепления к топочной раме. Эти дыры,

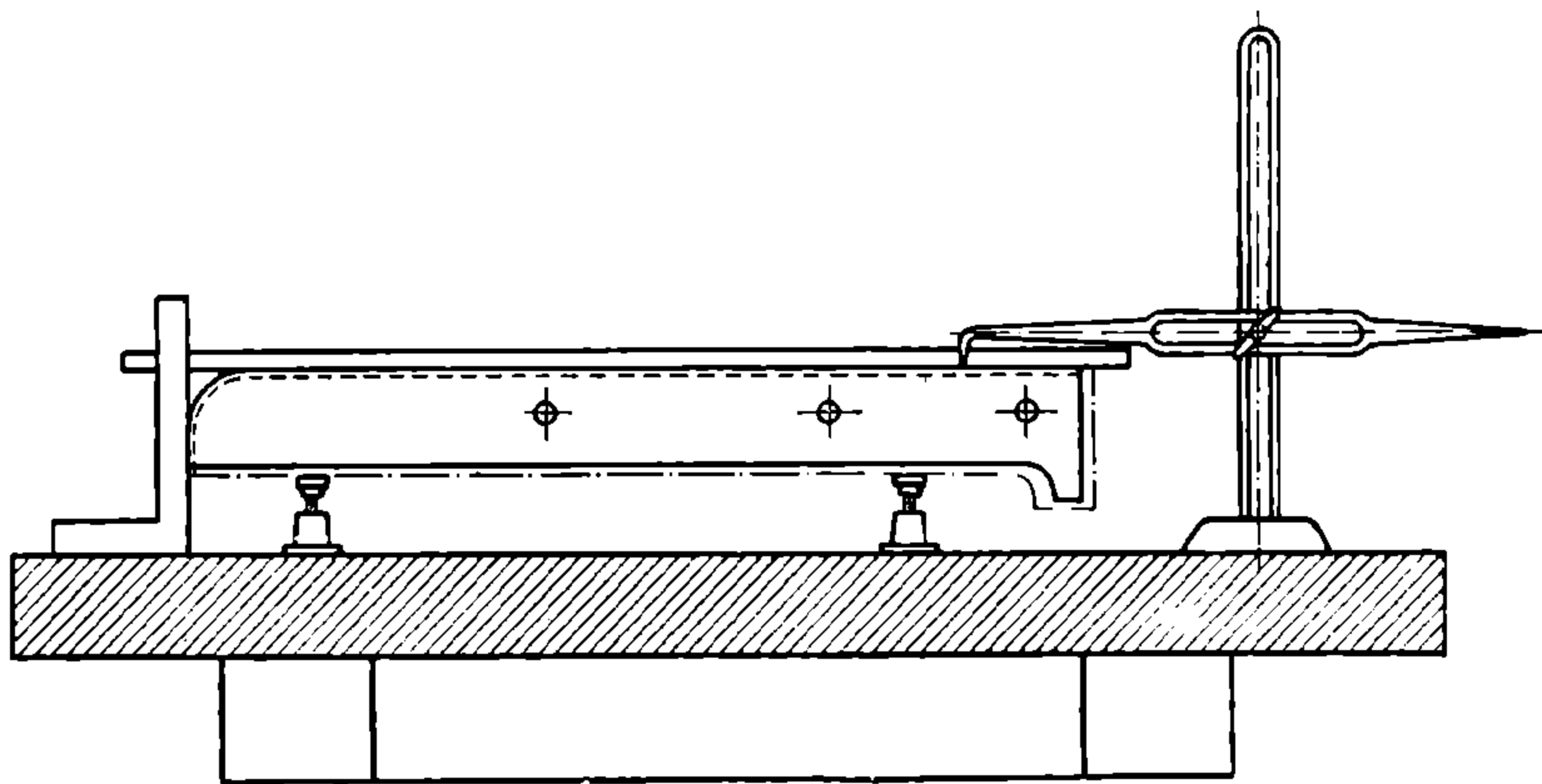


Рис. 436.

вместе с еще одной дырой *a*, наносимой на полотне (см. рис. 432а в верхней части), служат для крепления кондуктора (рис. 437), по которому высверливаются все дыры, находящиеся на полотне лобового листа.

Упомянутый кондуктор для сверления лобового листа размечается на листе толщиной в 20 мм. На нем производится разметка дыр для распорных и продольных связей, заклепочных дыр для контрфорсов, шпилек и центровых отверстий для арматуры, промывных пробок, а также и шуровочного отверстия с двумя сборочными дырами для крепления шуровочного кольца.

Кроме того на нем размечаются те дыры, при помощи которых он крепится к лобовому листу. На кондуктор не наносятся только следующие дыры:

- 1) отверстие для указателя неба топки, так как оно намечается на лобовом листе после того, как медная топка склепана с кожухом топки, и
- 2) заклепочные дыры для верхнего фланца водомерной колонки, так как этот фланец расположен на загибе верхнего фланца лобового листа. Дыры для распорных связей намечаются диаметром 17 мм, заклепочные дыры диаметром 20 мм, шпильки — размером дыры под соответствующую резьбу, промывные пробки, продольные связи и центровые отверстия для арматуры намечаются диаметром 20 мм.

б) Ухватный лист. Ухватный лист изображен на рис. 438а, его развертка — на рис. 439. Построение теоретической развертки ухвата вполне аналогично построению развертки лобового листа. Необходимо только от-

[illegible]

УЖТ

327

горловины и вторичного нагрева производится вторая операция — штамповка воротника. Как видно из рис. 439, в углах припуска нет, на лбу же

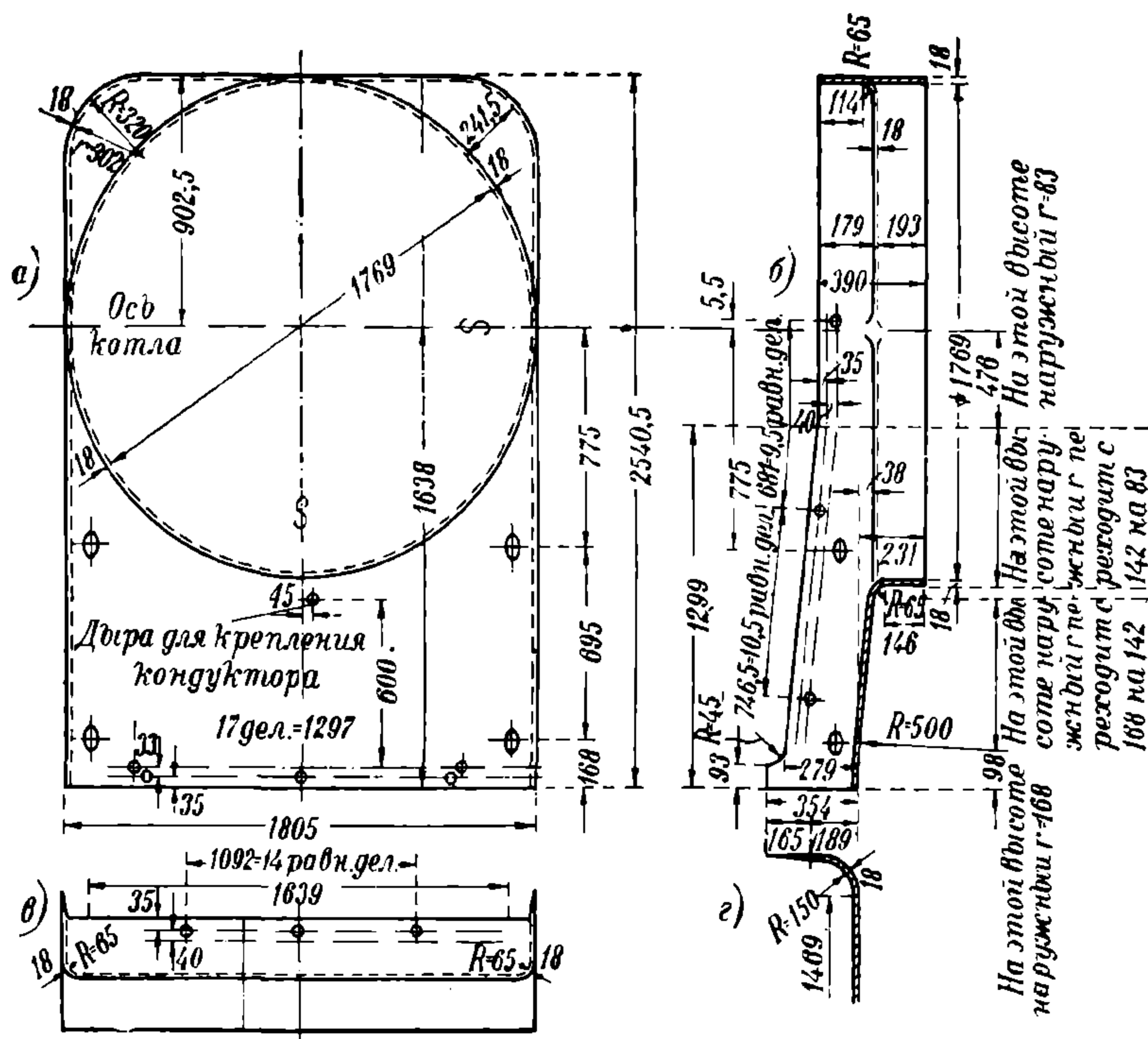


Рис. 438.

по вертикальной оси припуск достигает ± 65 мм, который по мере приближения к углам постепенно уменьшается и плавно сливается с теоретической разверткой. По линии горизонтальной оси припуски также достигают 65 мм, плавно уменьшаясь и сливаясь в верхней части листа с закруглениями углов теоретической развертки, а в нижней части листа — плавно уменьшаясь до 35 мм.

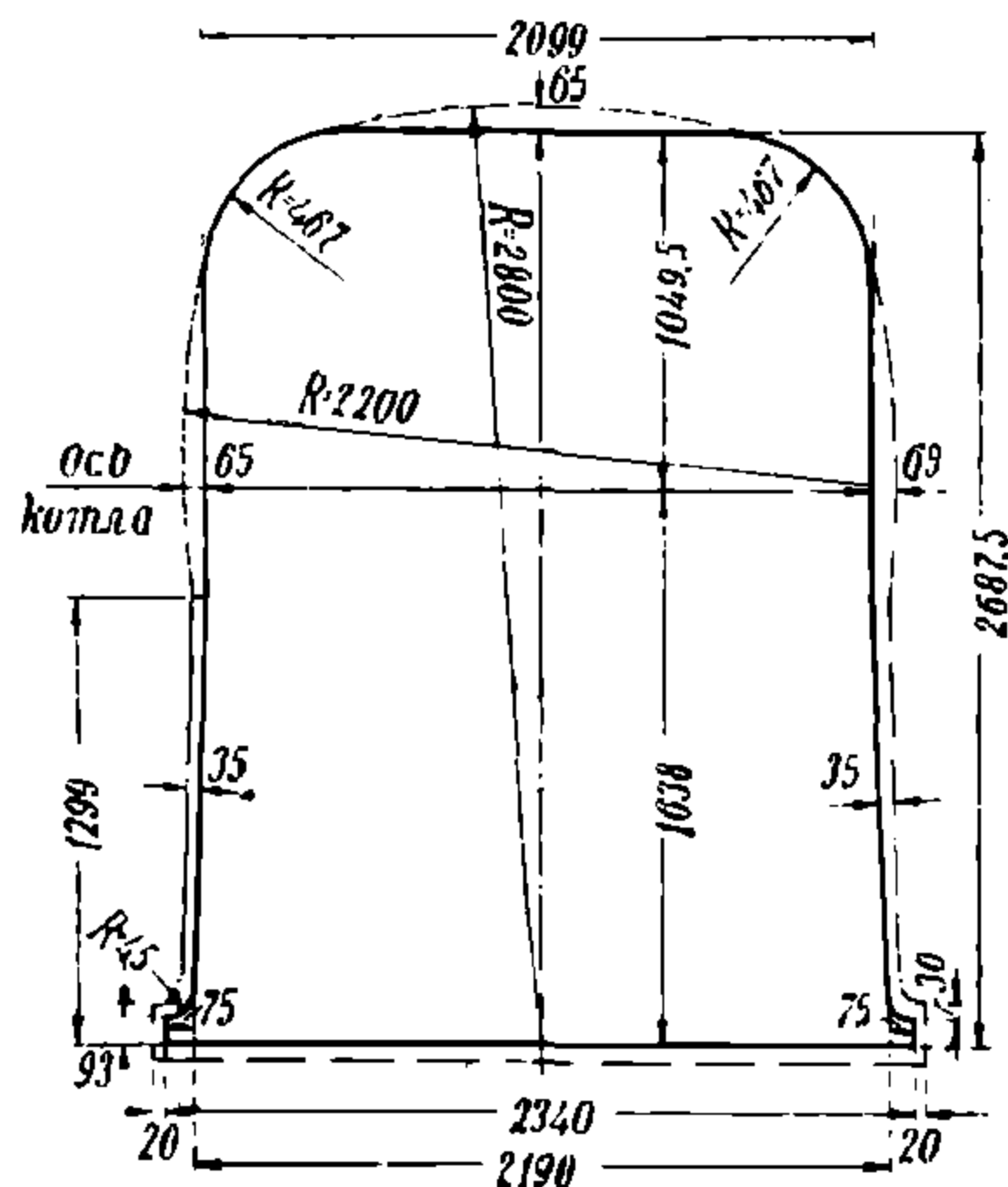


Рис. 439.

Разница в величинах припусков у лобового и ухвата перед одинаковыми по существу операциями фланцовки объясняется тем, что при развертке ухватного листа учитываются две вытяжки, получающиеся при первой и второй операциях.

На рис. 440, где изображена разметка ухвата после первой операции (фланцовка), показан сплошной линией теоретический вырез горловины, а условным пунктиром — припуск.

Разметка ухватного листа после штамповки фланцев производится следующим образом. Ухваты отштампованной партии раскладываются на полу мастерской и прежде всего расцентровываются, т. е. на них наносят при помощи линейек и рулеток осевые линии (продольные и поперечные) и центры будущих отворотов, причем, как видно из рис. 440, обе осевые линии находятся на расстоянии 902,5 мм от соответствующих фланцев. На нанесенные таким образом осевые линии накладывается шаблон выреза горловины и обрез ее очерчивается чертилкой, а затем прокернивается.

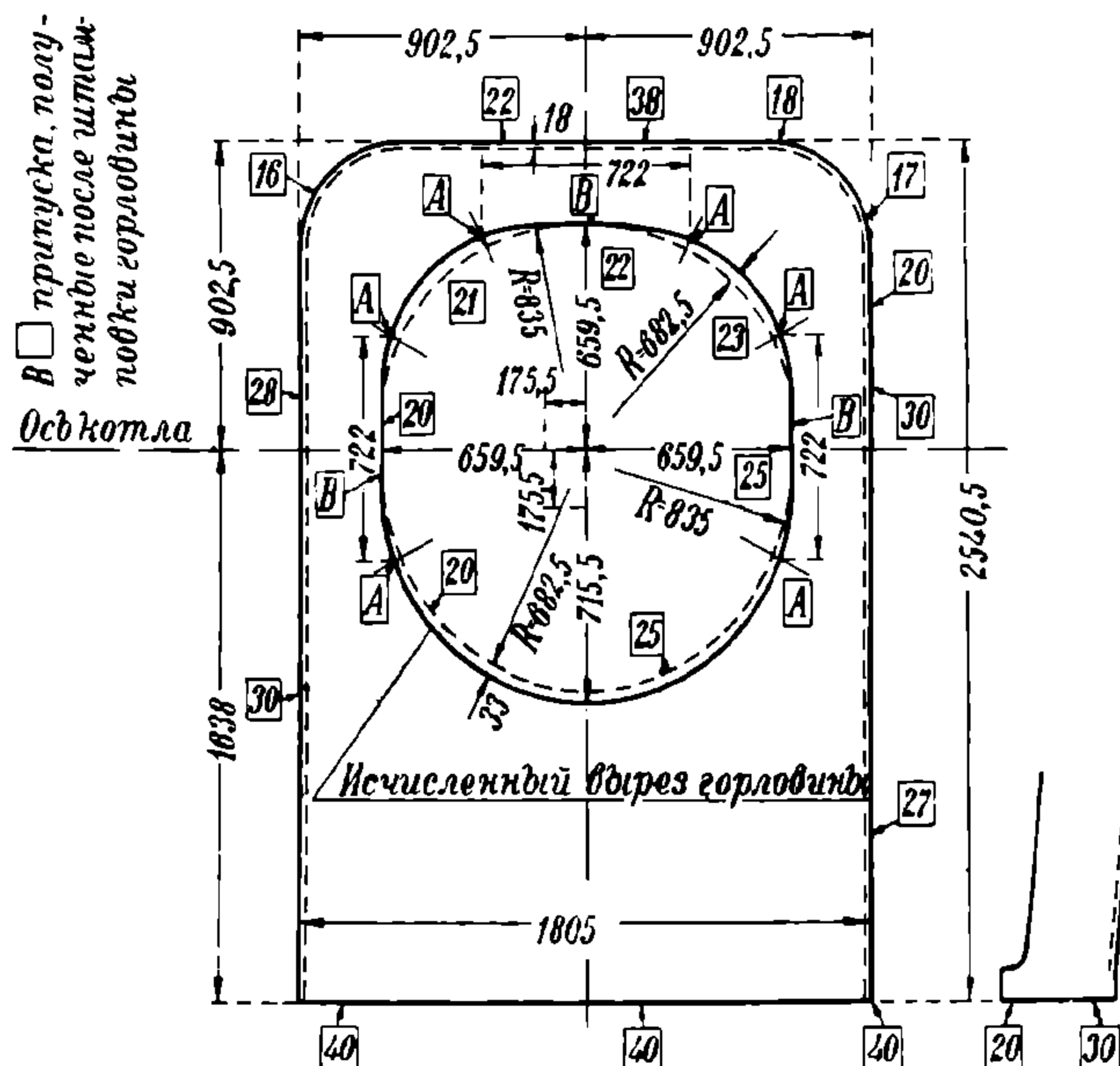


Рис. 440.

Теоретические размеры выреза горловины получаются из следующих подсчетов. В местах, где фланец без перегиба переходит в воротник (обозначены на рис. 440 — буквами *B*), имеем размер 659,5 мм. В этих местах расстояние от оси котла до центра загиба фланца $902,5 - (65 + 18) = 819,5$ мм (рис. 438, в). Суммарная ширина фланца и воротника в этих местах: $179 + 18 + 193 = 390$ мм. В то же время (рис. 438б):

$$390 = 114 + \frac{\pi \left(r + \frac{\delta}{2} \right)}{2},$$

где 114 — ширина прямой части фланца, $\frac{\pi}{2} \cdot 74 = 116$ — длина загиба фланца (по нейтральному слою), x — расстояние от центра загиба фланца до выреза горловины, причем $x = 390 - (114 + 116) = 160$ мм. Отсюда размер выреза:

$$819,5 - 160 = 659,5 \text{ (рис. 440).}$$

В местах, где воротник переходит в полотно по радиусу $r_H = 65$ мм, ¹⁾ имеем размер 715,5 мм (рис. 440).

В самом деле, в этих местах расстояние от центра выреза до центра загиба воротника равно

$$902,5 + (65 - 18) = 949,5 \text{ мм.}$$

Ширина прямой части воротника — 146 мм, а длина дуги загиба воротника

$$\frac{\left(\pi r - \frac{\delta}{2}\right)}{2} = \frac{\pi \cdot 56}{2} = 88 \text{ мм.}$$

Следовательно, размер выреза получается:

$$949,5 - (146 + 88) = 715,5 \text{ мм.}$$

Места начала слияния фланца ухватного листа с воротником обозначены на рис. 440 буквами — А, причем размер $722 : 2 = 361$ мм — расстояние от оси до точек А.

Между точками А выреза горловины, т. е. в местах, где воротник переходит в полотно по радиусу $r_H = 65$ мм, дается припуск в 33 мм. На участках В, где получается полное слияние фланца с воротником, припуска не дается никакого вследствие того, что в этих местах еще перед фланцевкой были даны припуски по 65 мм, которые целиком сохраняются на отштампованном фланце, так как при фланцевке прямолинейного фланца происходит простой изгиб, без изменения длины нейтрального слоя. Этот припуск приходится давать еще до фланцевки потому, что при вторичной штамповке ухвата, т. е. при прошивании горловины, материал тянется за бойком штампы, и если бы припуска не было ранее придано, то в этих местах, где, как показывает опыт, наблюдается небольшая вытяжка, материала нехватило бы и получился бы ущербный фланец. Более того, если в местах В к теоретическим размерам выреза прибавить хоть какой-нибудь припуск, то это не только не помогло бы делу, но, наоборот, сильно увеличило бы сопротивление при прошивке, в результате чего возникла бы опасность, что первоначальный припуск в 65 мм при данной развертке листа будет весь утянут в горловину, что повлечет за собою опять-таки нехватку материала у фланцев. При этом, вследствие сильной деформации, которой подвергается металл в места В, особенно в случае жесткого материала, не исключена возможность разрыва кромок горловины. Вот почему в точках В к теоретическому вырезу горловины не дают никакого припуска, но зато дают значительный первоначальный припуск в 65 мм при развертке ухватного листа. Как показывает опыт, при правильной штамповке этот припуск в 65 мм в конечном итоге распределяется почти поровну между горловиной и фланцем ухвата, т. е. одну половину утягивает в горловину, а другая половина остается припуском на фланце.

Радиусы, которыми очерчен окончательный вырез горловины, нанесенный на рис. 440 условным пунктиром, следующие: между точками А радиус $R = 715,5 - 33 = 682,5$ мм, где 33 мм — упомянутый выше припуск;

¹⁾ На чертеже котла радиус 65 мм в этих местах является наружным, тогда как выше радиус 65 мм был, согласно чертежу, принят за внутренний.

радиус переходной окружности от точек A к $B = 835$ мм; он подобран, исходя из условия плавного очертания выреза.

В □ заключены припуски, остающиеся на кромках ухвата после вторичной штамповки, т. е. после прошивки горловины. Следует обратить внимание на сравнительно меньший припуск, остающийся у нижней кромки

лацкана $\boxed{20} - \boxed{30}$, по сравнению

с прочими припусками, остающимися на нижней кромке ухвата (40 мм).

Отштампованный хватный лист после прошивки горловины, так же как и лобовой, правится кузнецом. Для правки воротника в него вставляется специальное кольцо с разрезом для клина (рис. 441а). Диаметр воротника кузнец промеряет штихмасом, изображенным на рис. 441б.

При правке кузнец пользуется: а) угловым лекалом для загиба бокового фланца (рис. 442а), б) лекалом для закругления угла (рис. 442б) и в) лекалом, изображенным на рис. 442в, служащим для проверки расстояния от фланца ухвата до воротника в сечении по диагонали закругленного угла ухвата (рис. 438а).

При установке ухвата на разметочной плите (после правки кузнецом) для проверки и для третьей разметки следует иметь в виду, что полотно ухвата ниже горловины имеет уклон. В остальном разметка хватного листа не отличается от разметки лобового листа.

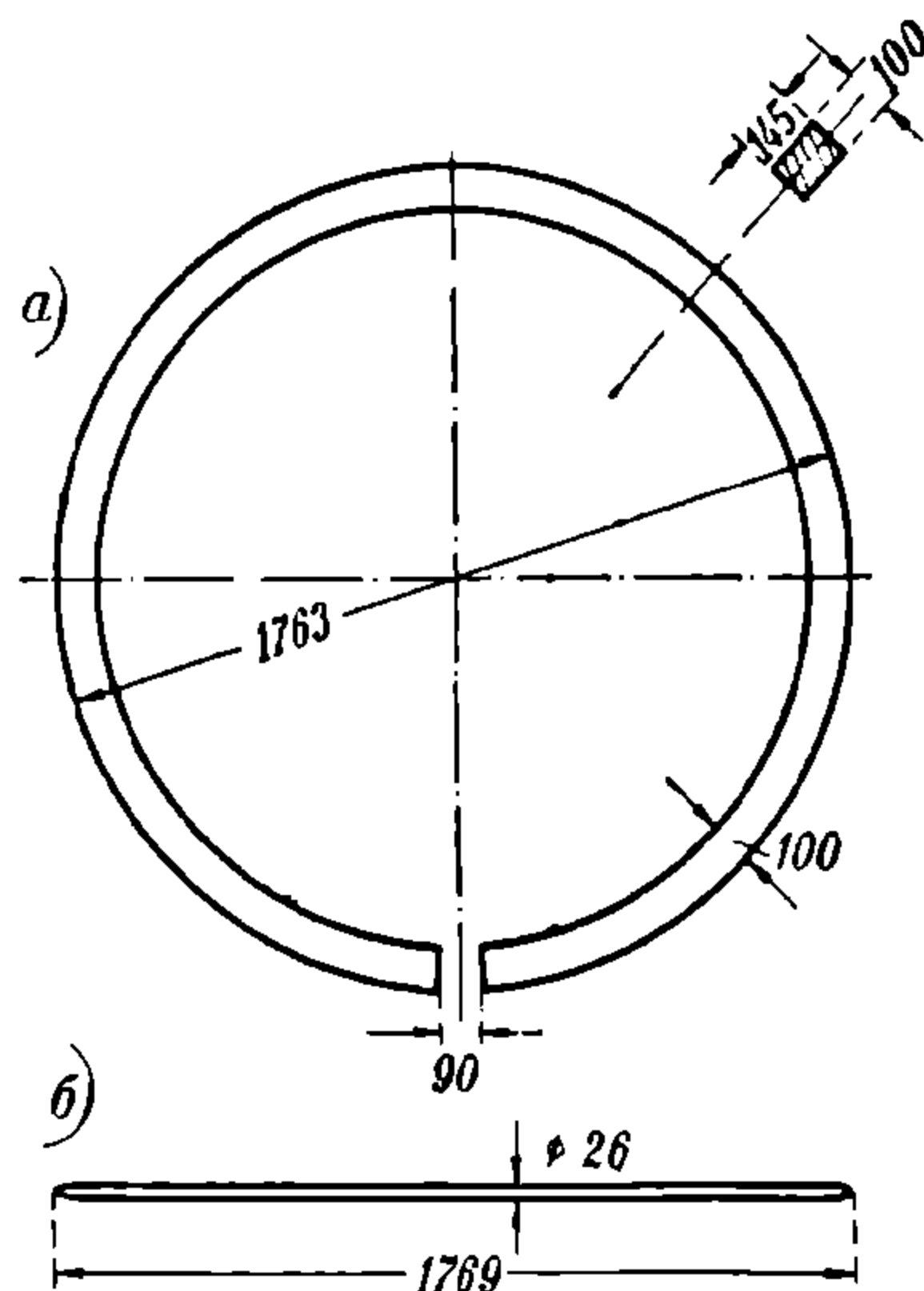


Рис. 441.

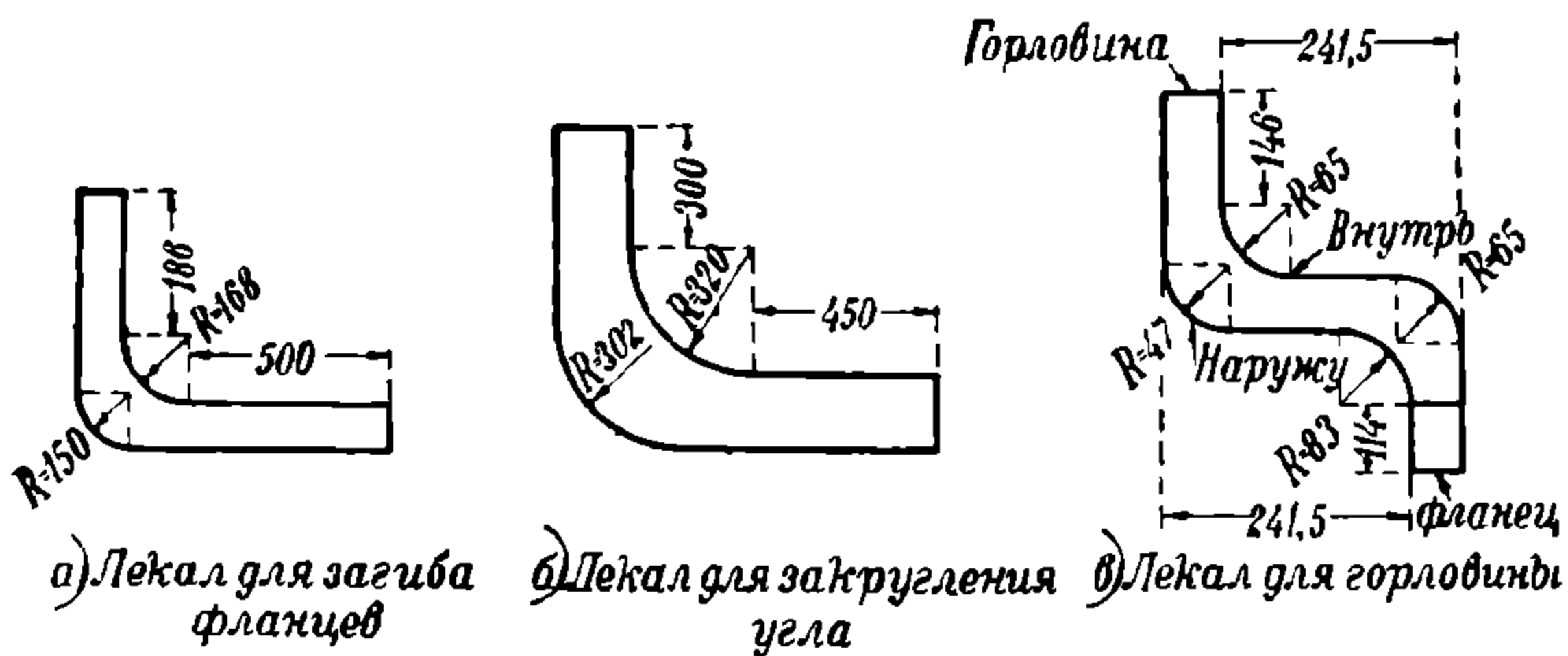
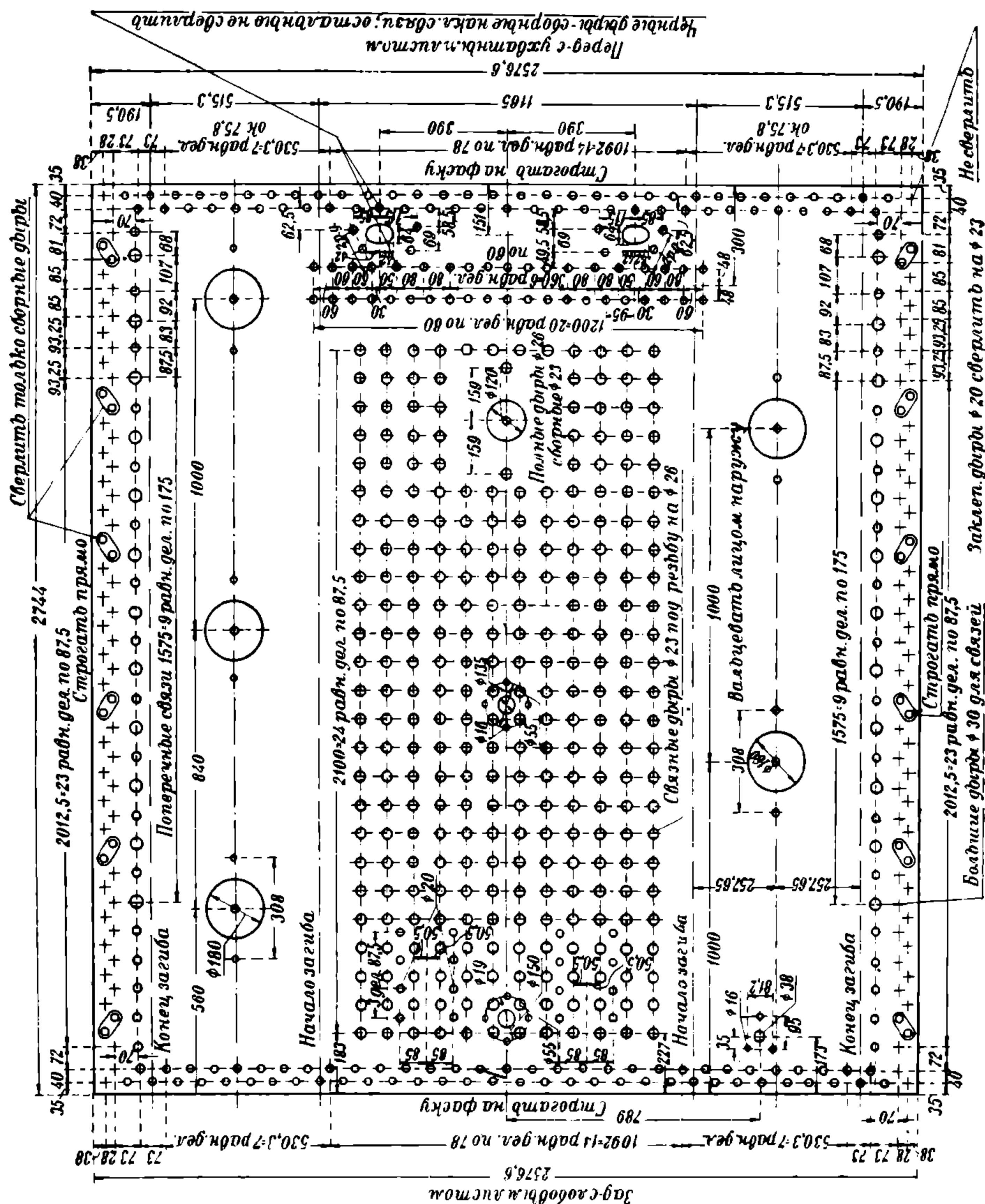


Рис. 442.

Вследствие того, что полотно ухвата, как уже было упомянуто, имеет ниже горловины уклон, а распорные связи должны быть направлены перпендикулярно к вертикальной плоскости, на кондуктор, через который сверлятся все дыры на ухвате, в нижней части его (по раме) приклепывается планка, толщиной 38 мм, соответственно величине уклона от вертикальной полосы. Таким образом при сверловке дыр для распорных связей устраняется возможность получения овальных дыр.

в) Верхний шинельный лист (потолок кожуха топки). Разметка шаблона верхнего шинельного листа (потолка) представлена на рис. 443. Строим прямоугольник с горизонтальной стороной, равную длине верхнего шинельного листа, т. е. 2744 мм, и с вертикальной, равную развернутой ширине его, т. е. 2576,6 мм.



Последний размер складывается из следующих величин:

$$2576,6 = 1165 + 2 \cdot 515,3 + 2 \cdot 190,5,$$

где 1165 — длина прямой части потолка, 515,3 — длина дуги загиба (по нейтральному слою), 190,5 — длина прямой части фланца. Для обеспечения правильной завальцовки листа на вальцах на лист наносят линии начала

Рис. 443.

и конца загибов (рис. 443). Разметка заклепочных дыр ничем не отличается от таковой на боковом шинельном листе; все разъяснения даны на рис. 443. Дыры для поперечных связей закернены $\varnothing 30$ мм; после клепки топки они рассверливаются до $\varnothing 33$ мм, под резьбу $\varnothing 36$ мм. Дыры для потолочных анкерных связей точно так же, как и соответствующие дыры в потолке медной топки, закерниваются окончательным диаметром $\varnothing 23$ мм, под резьбу $\varnothing 26$ мм. Этим избегается весьма затруднительная, а при условии аккуратной сборки — совершенно ненужная по существу последующая рассверловка этих дыр. Связи, попадающие под фланец предохранительного клапана, не размечаются, так как при сборке они сверлятся через соответствующие дыры в самом фланце. Для крепления фланца предохранительного клапана, а также фланцев промывных люков размечаются по две сборочных заклепочных дыры. Отверстия для промывных люков и предохранительного фланца, в виду их последующей вырезки резцом, закерниваются соответственно диаметру направляющего хвостовика резца. Центровые отверстия для вентиля тормозного насоса, для пароразборной колонки и свистка размечаются $\varnothing 20$ мм, с последующей рассверловкою до полного диаметра. Надписав на листе, какие стороны строгать прямо, какие — на фаску, какой стороной вальцевать, лист передают на обработку. При сборке кожуха топки большую роль, в смысле быстроты и легкости сборки, играет как правильная вальцовка потолочного листа по шаблону, так и меньшие отклонения лобового и ухватного листов от их конструктивных размеров.

Стыковые накладки кожуха топки (рис. 444). На наружной стыковой накладке прокерниваются все заклепочные отверстия, причем дыры, соответствующие сборочным дырам верхнего и бокового

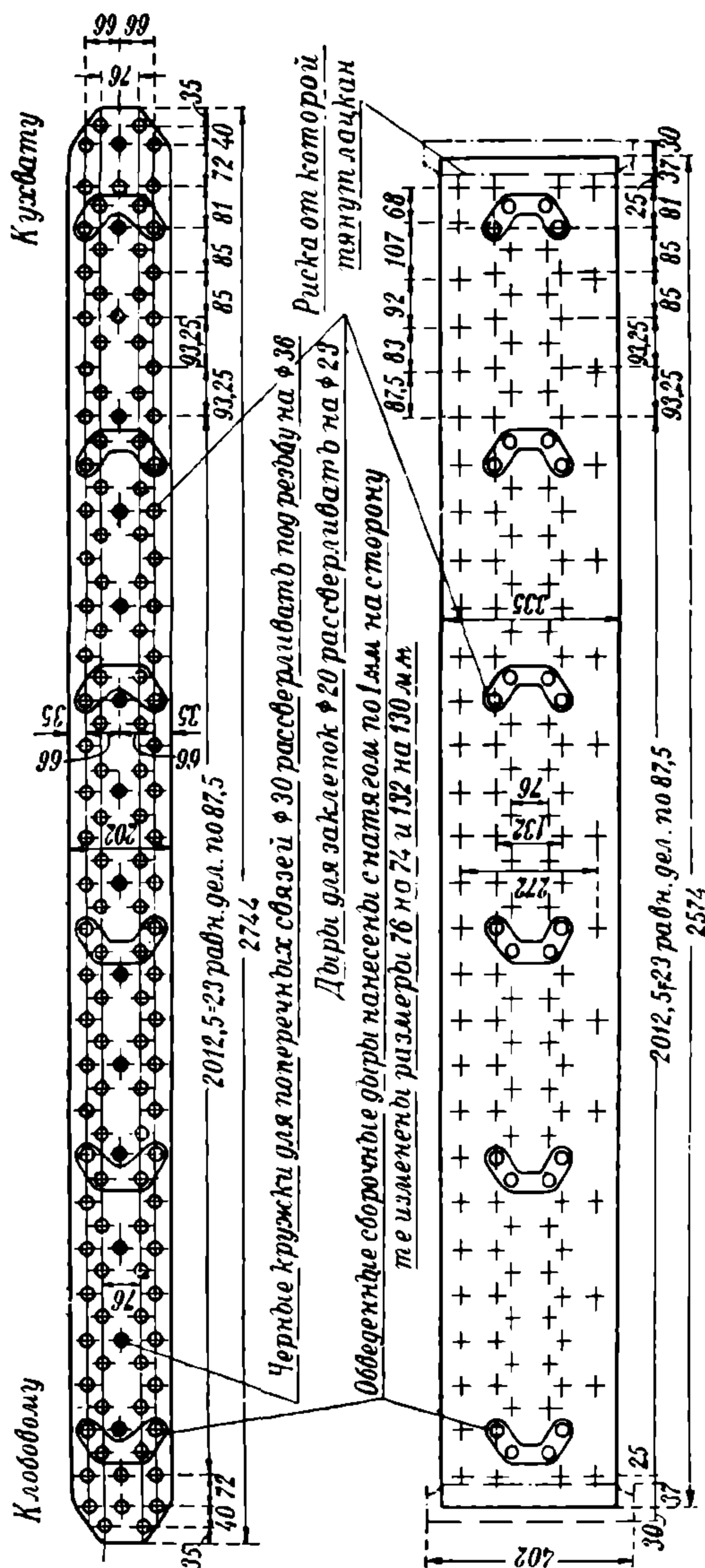


Рис. 444.

шинельных листов, размечаются с отступлением от чертежа, а именно: вместо поперечного размера 76 мм, на шаблон наносят размер 74 мм; точно так же вместо 132 мм наносят 130 мм. Это отступление по 1 мм на сторону делается для получения натяга при сборке, в целях обеспечения большей плотности стыков шинельных листов — потолка и бокового. Дыры для поперечных связей закерниваются $\varnothing 30$ мм, с последующей рассверловкой их после кожуха до $\varnothing 33$ мм, под резьбу $\varnothing 36$ мм. На внутренней накладке прокерниваются лишь сборочные дыры с соответственным отступлением от чертежа, а все остальные отверстия как заклепочные, так и для поперечных связей, сверлятся уже на собранной топке через соответствующие дыры в наружной накладке и шинельных листах. Концы внутренней накладки размечаются под оттяжку лацканов. Начало лацкана, т. е. то место, от которого его начинают тянуть, отмечается рискою, наносимую на расстоянии 25 мм от центральной крайней ряда заклепок, размеченных на внутренней накладке. Кончатся же лацкан должен на середине расстояния между крайними рядами заклепок наружной накладки. В данном случае расстояние от начала лацкана до его конца, т. е. его длина, равна $72 - 25 + 20 = 67$ мм. Заготовка накладки должна быть короче ее окончательного размера, учитывая вытяжку материала при оттягивании лацкана, ¹⁾ на величину, которую берут обычно равною полуразности между длиной лацкана и половиною толщины накладки, в данном случае:

$$\left(67 - \frac{14}{2}\right) 2 = 30 \text{ мм.}$$

Лобовые контрофорсы. В качестве примера разметки контрофорсов на рис. 445 приведена разметка верхнего лобового горизонтального контрофорса; нижний контрофорс размечается совершенно аналогично, и поэтому его разметка не приводится.

Вычертив теоретическую развертку, прибавляем припуск по 5 мм только в тех местах, где указано на рис. 445, так как только в этих местах, как показал опыт многократных штамповок, может нехватить кромки. На развертках отмечаются и прокерниваются все заклепочные дыры для соединения верхнего и нижнего контрофорсов друг с другом, дыры для продольных связей и циркуляционные. Все дыры, за исключением заклепочных, сверлятся полным диаметром. После клепки верхнего и нижнего листов друг с другом и их правки контрофорс поступает на разметочную плиту. При помощи шаблона на стороне листа, прилегающей к лобовому листу, намечают 4 сборочных дыры и вырезы для промывных пробок. Все остальные дыры не размечаются, так как сверлятся через лобовой и боковые листы.

Подклепка на ухват (рис. 446). Шаблон подклепки к ухватному листу размечается на листе толщиной 1 — 1½ мм. После разметки контура и заклепочных дыр и опиловки шаблона по нему долбят пачку подклепок, а затем сверлят дыры. Лацкан на подклепках выстрогивается.

г) Топочная рама. Топочная рама поступает на разметочную плиту из механической мастерской в обработанном виде. Дыры размечаются на

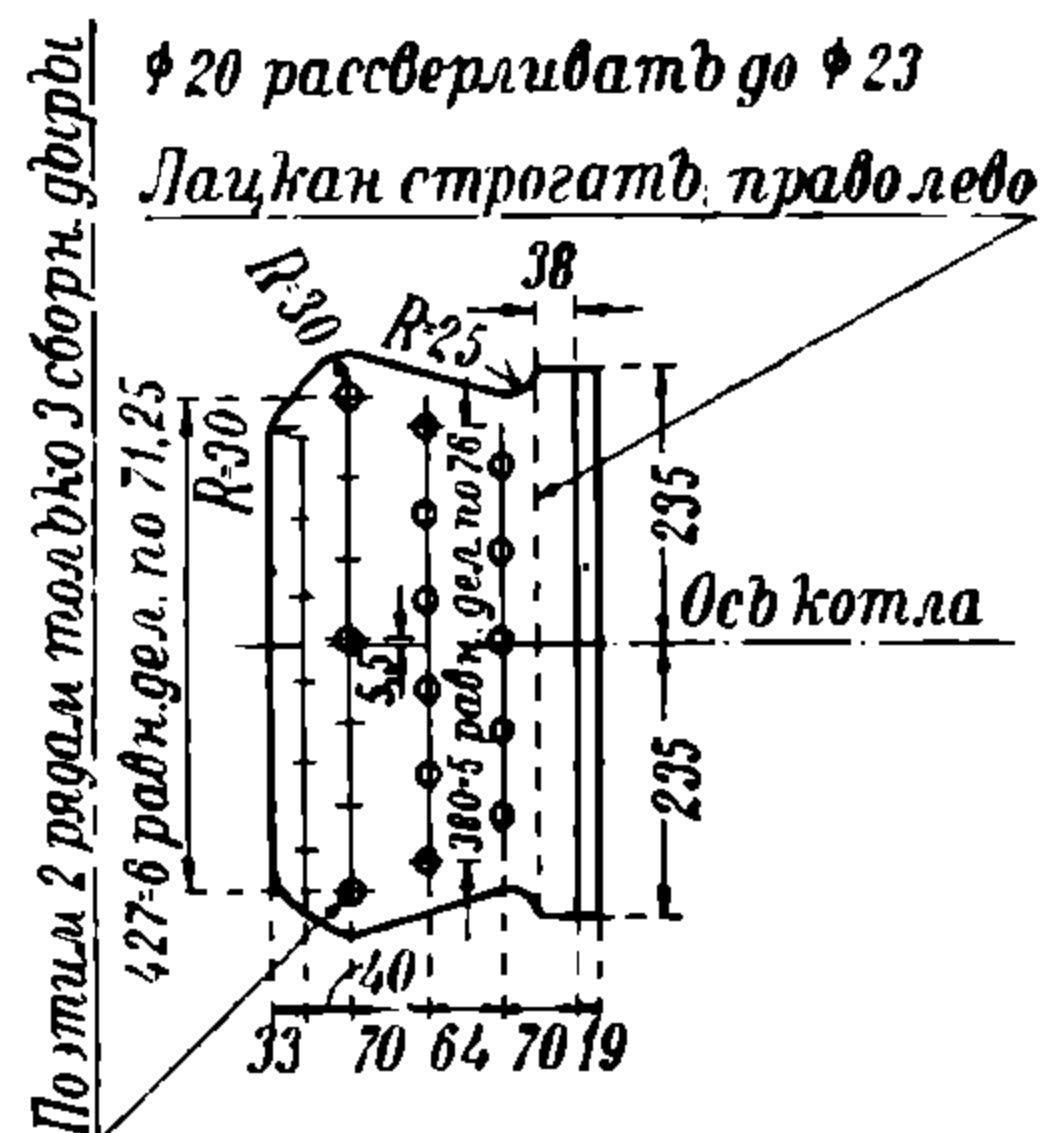
¹⁾ В настоящее время все чаще, вместо оттягивания лацканов, применяют их выстрогивание, беря для этой цели материал для внутренних накладок шириною 402 мм и отсверливая излишек материала на протяжении $2574 - 37 \times 2 = 2500$ мм.

[illegible]

Упомянутые кондукторы изготавливаются точно по длине рамы для облегчения проверки правильности разметки сборных дыр на раме. При правильной установке кондукторов на раму совпадение сборочных дыр кондуктора и рамы свидетельствует о правильности разметки.

Здесь мы не будем касаться разметки частей топки, необходимой меднопрокатному заводу для ее изготовления, и остановимся лишь на той разметке, которая производится на котельном заводе.

для загиба верхнего фланца I и боковых фланцев II и лекалом для закругления угла III. Лекалом I проверяют загибы боковых фланцев, прилегающих к топочной раме; для проверки загиба верхнего фланца пользуются лекалом II. Так как угол между потолком и лбом топки больше 90° , то этот лекал сделан по малке верхнего фланца. Закругления углов на лбу проверяются лекалом III.



335

Полотно лобового листа правится по линейке; при этом правится также и плоскость прилегания к шуровочному кольцу. После проверки габаритных размеров лобового листа общим шаблоном, который накладывается на наружные кромки, лист устанавливается на разметочной плите (рис. 448). Установка на плите проверяется двумя линейками, поставленными на ребро поперек листа — в верхней и нижней его частях. Первая линейка устанавливается таким образом, чтобы расстояние ее от фланца равнялось по середине лобового — 86 мм, а по краям — у центров закруглений — 82 мм

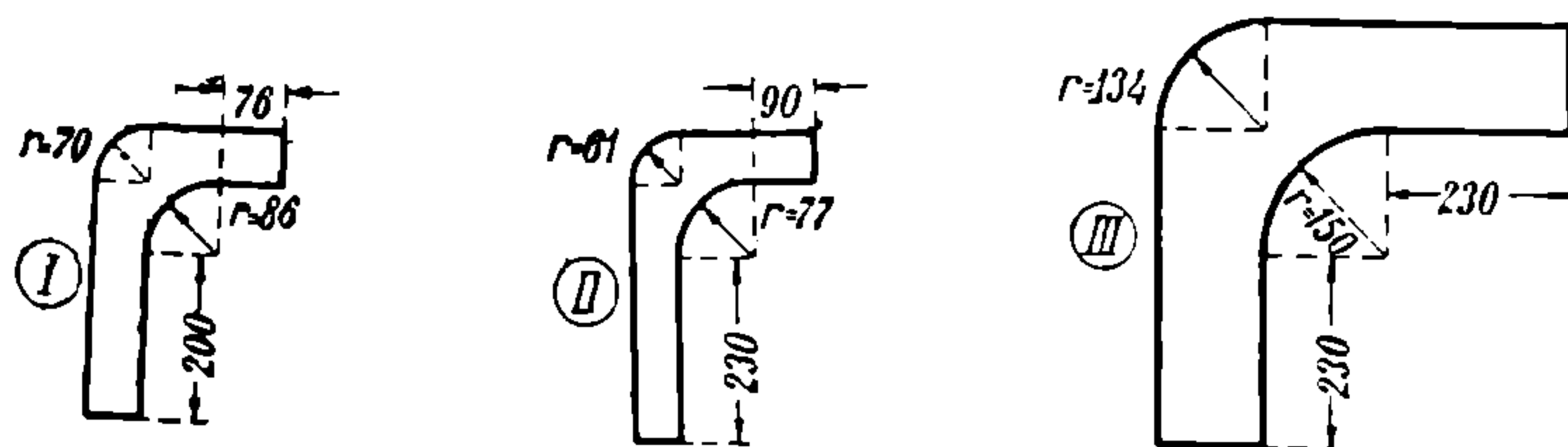


Рис. 447.

Эти размеры должны быть точно выдержаны, так как с этого места начинается уклон полотна. Правильность установки этой линейки проверяется при помощи малкованного угольника, который специально изготавливается для этой цели. Когда с помощью домкратов лобовой установлен так, что нижняя его часть (хвост) располагается выше верхней на 46 мм, т. е. обрезы (кромки) бокового и верхнего фланцев параллельны плите, и произведена

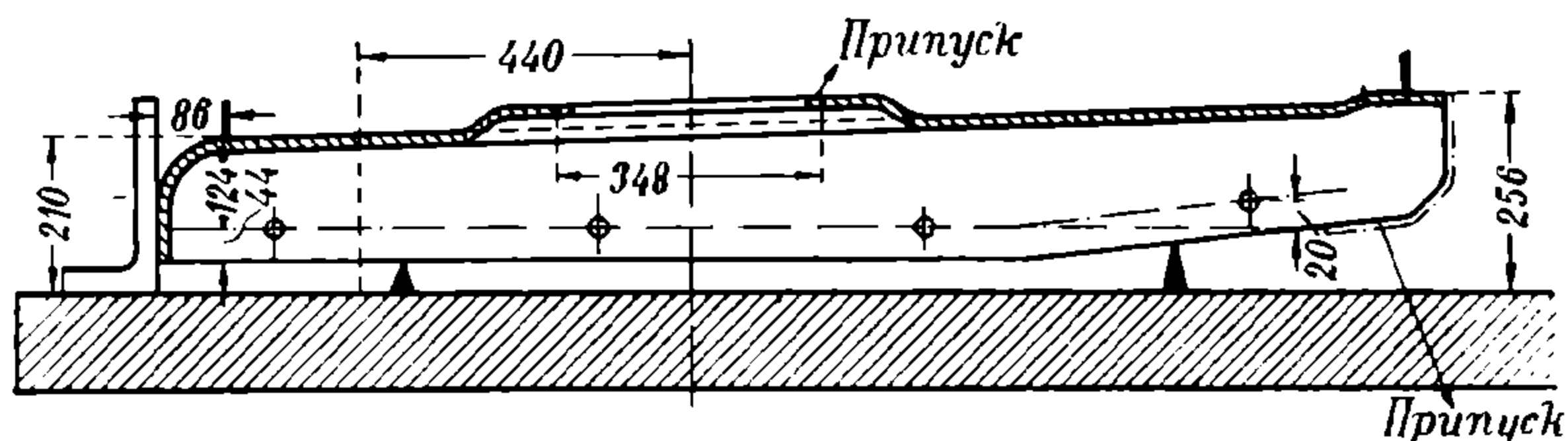


Рис. 448.

проверка (рейсмасом по выступающим концам линеек) на отсутствие перекоса, от линейки, установленной в верхней части листа, откладывают размеры 124 мм и 44 мм, соответствующие рискам сборочных дыр и расстоянию от них до кромки. Размер 44 мм получается потому, что к чистому размеру 38 мм прибавляется 3 мм на чеканку и 3 мм на обрубку после чеканки. Когда риски нанесены, на лобовой лист накладывается общий шаблон (рис. 449), на котором положение сборочных дыр прокернено стрелками, а риски осей котла в два керна и обозначены буквой S.

Все эти риски переводят при помощи угольника на лобовой лист. Нижний обрез для облегчения установки рамы на склепанную топку прокернивается точно по раме, т. е. не по размерам лобового, а на 5 мм больше. Здесь же на плите проверяется правильность шуровочного выреза,

т. е. выдержано ли расстояние между осями $= 440$ мм и достаточны ли имеющиеся припуски. Когда разметка закончена и обрезы закернены, припуск по фланцу кругом срубается и оставляется только у нижней хвостовой части листа. Этот припуск обрубается уже после сборки топки с рамой и кожухом.

б) Решетка медной топки. Решетка точно так же, как и лобовой лист, подвергается правке. Лекалами для правки и проверки загиба боковых фланцев, прилегающих к топочной раме, а также закруглений углов служат

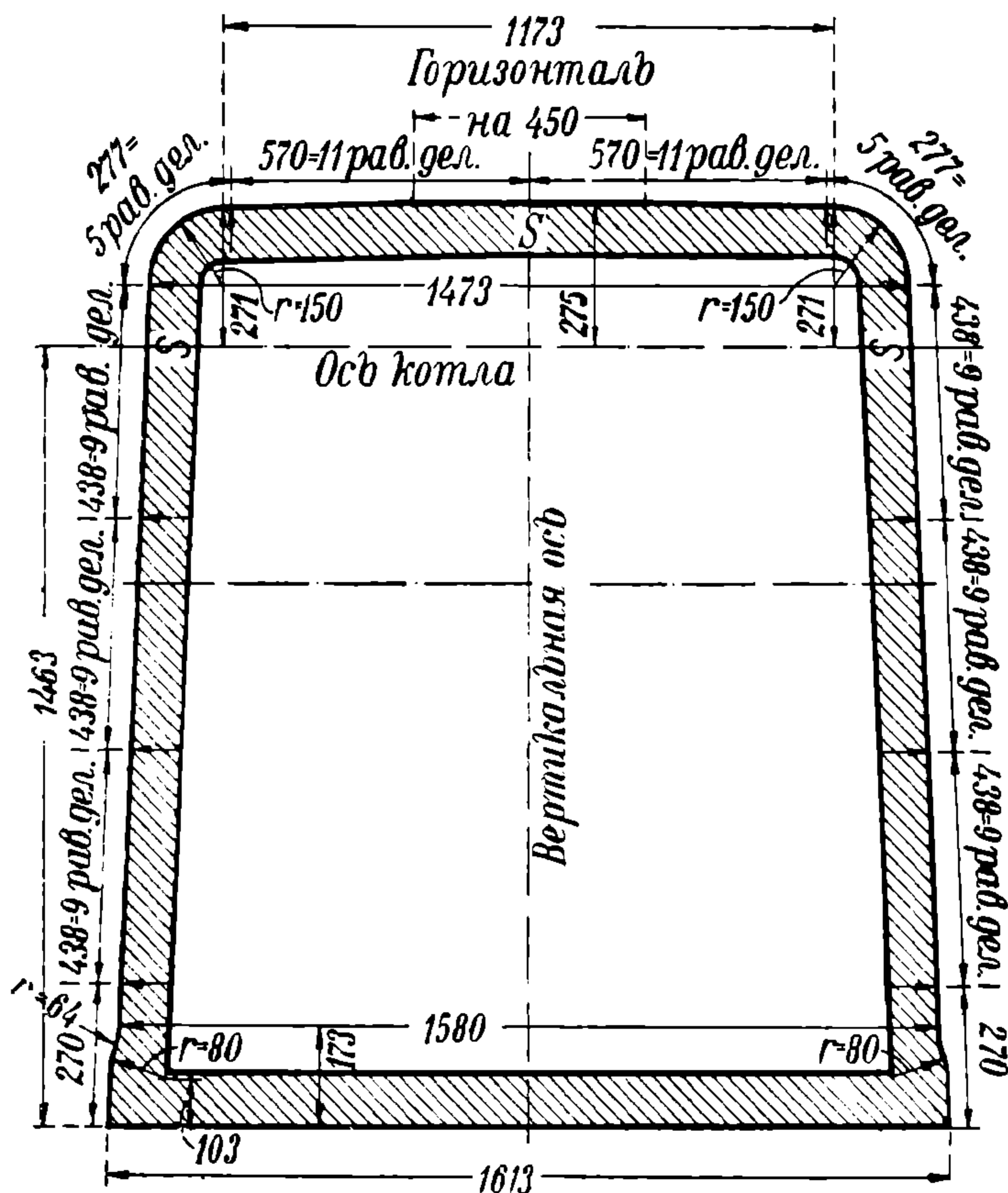


Рис. 449.

Соответствующие лекалы лобового листа (рис. 448). Для проверки загиба верхнего фланца пользуются лекалом, изображенным на рис. 450. Кроме перечисленных, изготавливается еще лекал для перелома полотна решетки (рис. 450).

Установка решетки на плите и последующая разметка ее ничем не отличаются от тех же операций с лобовым листом; следует лишь отметить, что обычно дыры для дымогарных и жаровых труб сверлятся в решетке еще на меднопрокатном заводе, вследствие чего необходимо для перевода на решетку сборочных дыр и рисунок с общего шаблона так установить его на решетке, чтобы вертикальная и горизонтальная оси шаблона совпали с со-

ответствующими рисками на решетке, нанесенными еще на меднопрокатном заводе.

Кроме вышеописанной разметки, на полотне решетки размечаются еще дыры для лапчатых связей $\varnothing 23$ мм, под резьбу $\varnothing 26$ мм.

в) Шинельный лист медной топки. Бока и потолки шинели правятся по линейке. Расстояние между боками шинели (ширина топки) и угловые радиусы проверяются по общим шаблонам и лекалам лобового и решетки (рис. 449). Эти шаблоны устанавливаются внутрь шинели так, как стояли бы вместо них лобовой лист и решетка. Когда шинель выправлена, то с этих же шаблонов по имеющимся на них рискам осей и сборочных

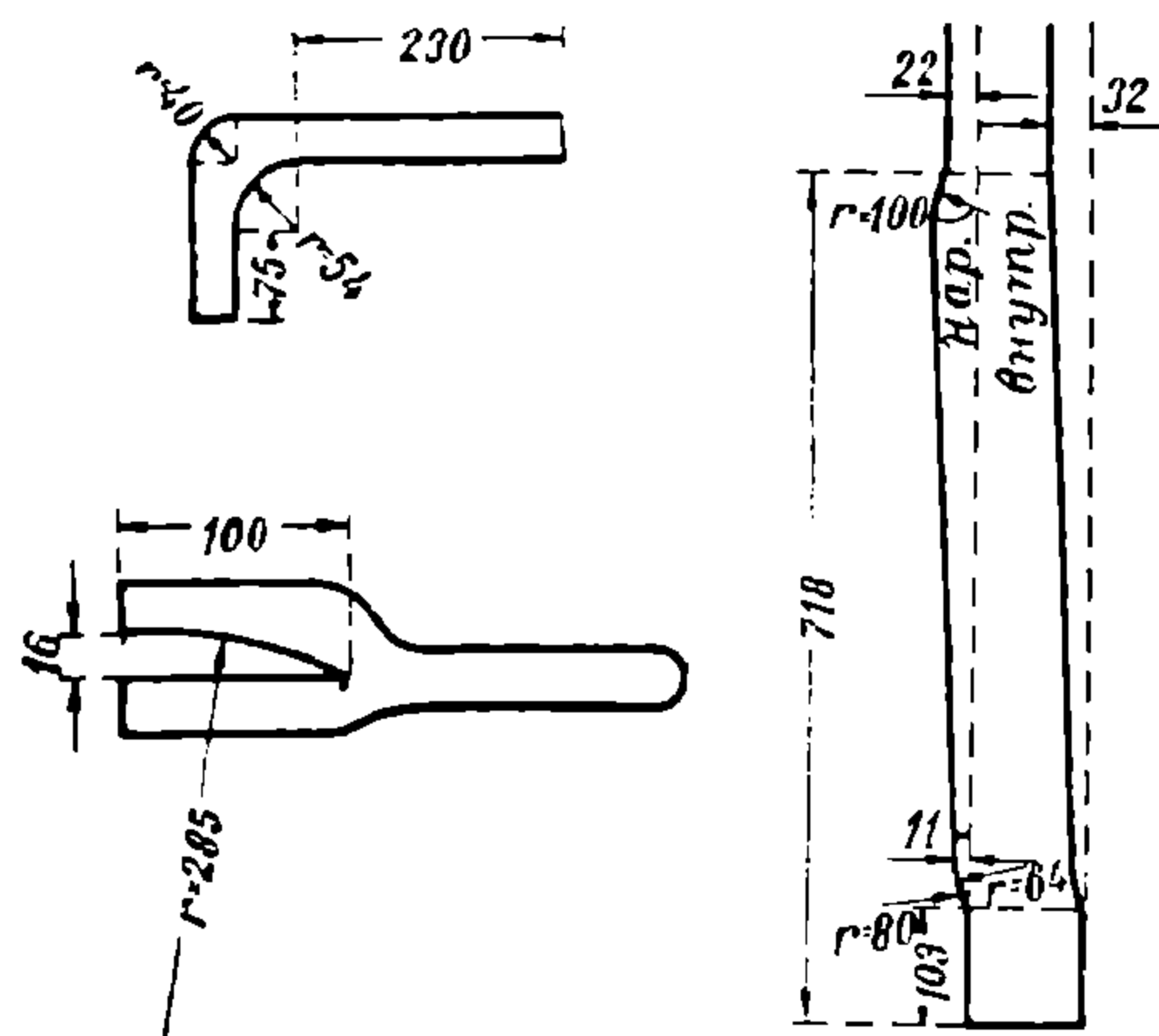


Рис. 450.

дыр делают соответствующие засечки чертилкой на потолке и боках шинели. Засечки вертикальной осевой линии, сделанные на полотне как со стороны решетки, так и лобового, соединяются с помощью линейки прямой линией. Эту осевую линию делят пополам и от центра в обе стороны по направлению к лобовому и решетке откладывают на ней по 1242 мм, в сумме составляющие 2484 мм — расстояние между центровыми линиями заклепочных швов по потолку шинели. Затем из полученных точек восстанавливают перпендикуляры к осевой линии и на них в обе стороны от оси отклады-

вают по 570 мм. Продолжив с помощью стальной гибкой линейки центровые линии заклепочных швов с потолка на боковые стенки, переводят на них сделанные ранее засечки сборочных дыр и полученные таким образом центры сборочных дыр закернивают контрольным кернером $\varnothing 20$ мм. Исключение представляет только одна дыра со стороны лобового, которая отходит на 20 мм от риски (рис. 448).

Лацканы шинели подрубаются и опиливаются по шаблону, изображенному на рис. 450.

После сверловки сборочных заклепочных дыр и сборки топки на болване размечают на шинели заклепочные швы полностью и наносят линии обреза на расстоянии от центровых в 38 мм, от которых фаску в 3 мм делает рубщик.

Одновременно на потолке размечают сборочные дыры для крепления кондуктора, через который будут сверлиться дыры потолочных анкерных связей, причем со стороны лобового сборочной дырою $\varnothing 20$ мм служит дыра легкоплавкой пробки, находящаяся на продольной оси, а со стороны решетки — дыра последнего ряда анкерных связей, находящаяся от той же оси на расстоянии 50,5 мм. Сборочными дырами могли бы служить с обеих сторон дыры связей, но вследствие симметричности расположения их сверловщик легко может перевернуть кондуктор, и чтобы этого не случилось, за сборочные дыры принимают указанные выше.

Все дыры для потолочных анкерных связей сверлятся по кондуктору точно под резьбу без последующей рассверловки.

§ 47 ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Цилиндрическая часть котла состоит из трех обечаек, последовательно увеличивающихся в диаметре. Так, внутренний диаметр передней обечайки (I барабан) равен 1670 мм, средней (II барабан) — 1703 мм, задней (III барабан) — 1736 мм. При развертке обечаек им дают обычно разметочные (вычисленные) размеры, каковые указаны в рис. 451 (I барабан) и 452 (III барабан), но иногда учитывая, что сборка обечаек друг с другом происходит с предварительным нагревом большей обечайки, среднюю обечайку размечают на конус, т. е. сторону, прилегающую к III барабану, увеличивают на 2—3 мм против вычисленного размера, а сторону, прилегающую к I барабану, наоборот, уменьшают на такую же величину. Делается это для достижения большей плотности, но зато несколько затрудняет сборку.

При разметке заклепочных швов на этих листах по продольным швам всех барабанов прокерниваются лишь сборочные дыры. Наружные поперечные швы, как правило, прокернивают полностью, у внутренних же кернят только сборочные дыры. Исключение представляет поперечный шов III барабана с ухватом, который, хотя и является внутренним поперечным швом, но закернивается полностью. Здесь уместно отметить новый метод работы, применяемый некоторыми заводами, а именно — сверление этого шва в ухвате на станке через специальный кольцевой кондуктор. По шву соединения I барабана с кольцом дымовой камеры предварительно сверлят только две сборочные дыры, потому что кольцо с просверленными уже ды-

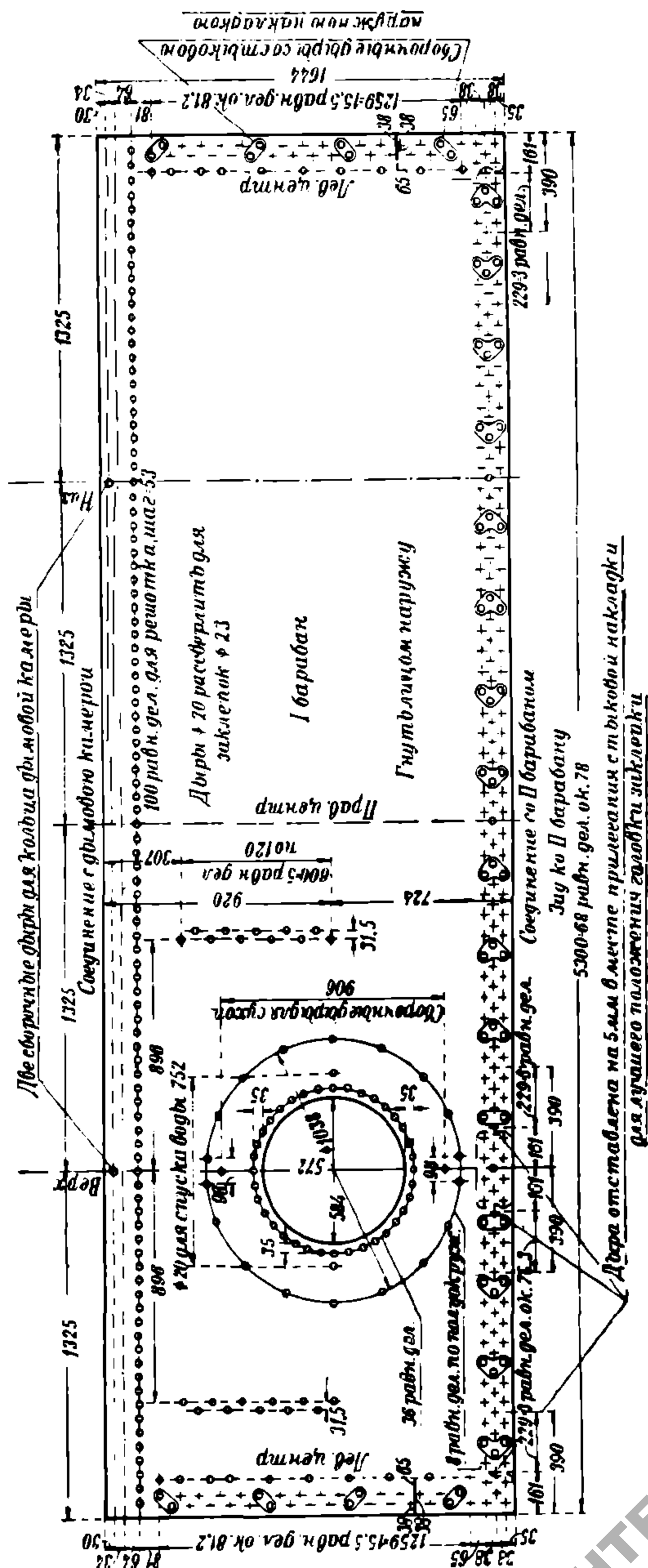


Рис. 451.

несколько отвалена (отогнута), и для облегчения сборщику нахождения этого места оно, если поперечный шов внутренний, отмечается тем, что по бокам его прокернивают по две сборочных дыры; если же поперечный шов наружный, то из находящихся в этом месте заклепочных дыр две не прокерниваются. У внутренних швов на центрах прокернивают по одной сборочной дыре. Это ускоряет как сборку обичаек друг с другом, так и центровку всей цилиндрической части. Для постановки сухопарников размечают по две сборочных дыры, для подклепок же сухопарника все дыры, так как подклепки ставят изнутри барабана. Вырезы для сухопарников размечаются по эллипсам с осями: 572 мм и 584 мм. Для грязевика и подклепки к нему размечают только сборочные дыры, так как подклепка к грязевику ставится снаружи барабана. Дыры для контрофorsa решетки, для скоб лапчатых связей и для скоб продольных связей размечают полностью; для подбрюшникового угольника и подклепки к нему — только сборочные. Разметка стыковых накладок к обичайкам цилиндри-



Разметка средней обичайки (II барабан) совершенно аналогична с передней и задней, никаких особенностей не представляет, и поэтому рисунок ее не приводится.

§ 48. ДЫМОВАЯ КАМЕРА.

а) **Передний лист дымовой камеры.** Развертка переднего листа дымовой камеры показана на рис. 453, причем развертка по вычисленным размерам показана сплошной линией, а условным пунктиром нанесены припуски.

Рис. 453.

341

тр раз-
торону.
вычис-



342

ленного размера, но тем не менее указанный припуск дают на случай сдвига листа во время штамповки. Необходимо отметить, что при ручной бортовке решетки этот припуск недостаточен вследствие значительно меньшей вытяжки. Кроме того при ручной бортовке, вследствие неравномерных местных нагревов, полотно решетки выпучивается и утягивает фланец. В среднем при ручной бортовке припуск следует давать в 15 мм на сторону. После правки решетка устанавливается на разметочной плите; наметив обрез и расцентовав внутреннюю сторону решетки при помощи штангенциркуля, одна ножка которого имеет форму крючка, размечают две оборочных дыры для крепления кондуктора, по которому производится сверловка всех отверстий решетки. В кондукторе (рис. 454б) дыры для жаровых труб наносятся диаметром, равным диаметру хвостовика резца, которым эти дыры будут вырезаться, дыры же дымогарных труб прокерняются диаметром 20 мм. Разбивка трубных и заклепочных дыр делается на кондукторе, согласно чертежу котла.

§ 49. СУХОПАРНИК.

а) Седалище сухопарника. Штамповка седалища сухопарника производится в две операции: при первой операции оштамповывается шаровой сегмент (рис. 455, пунктир), на котором размечается отверстие горловины; после выреза отверстия производится вторая операция, причем седалищу придается окончательная форма.

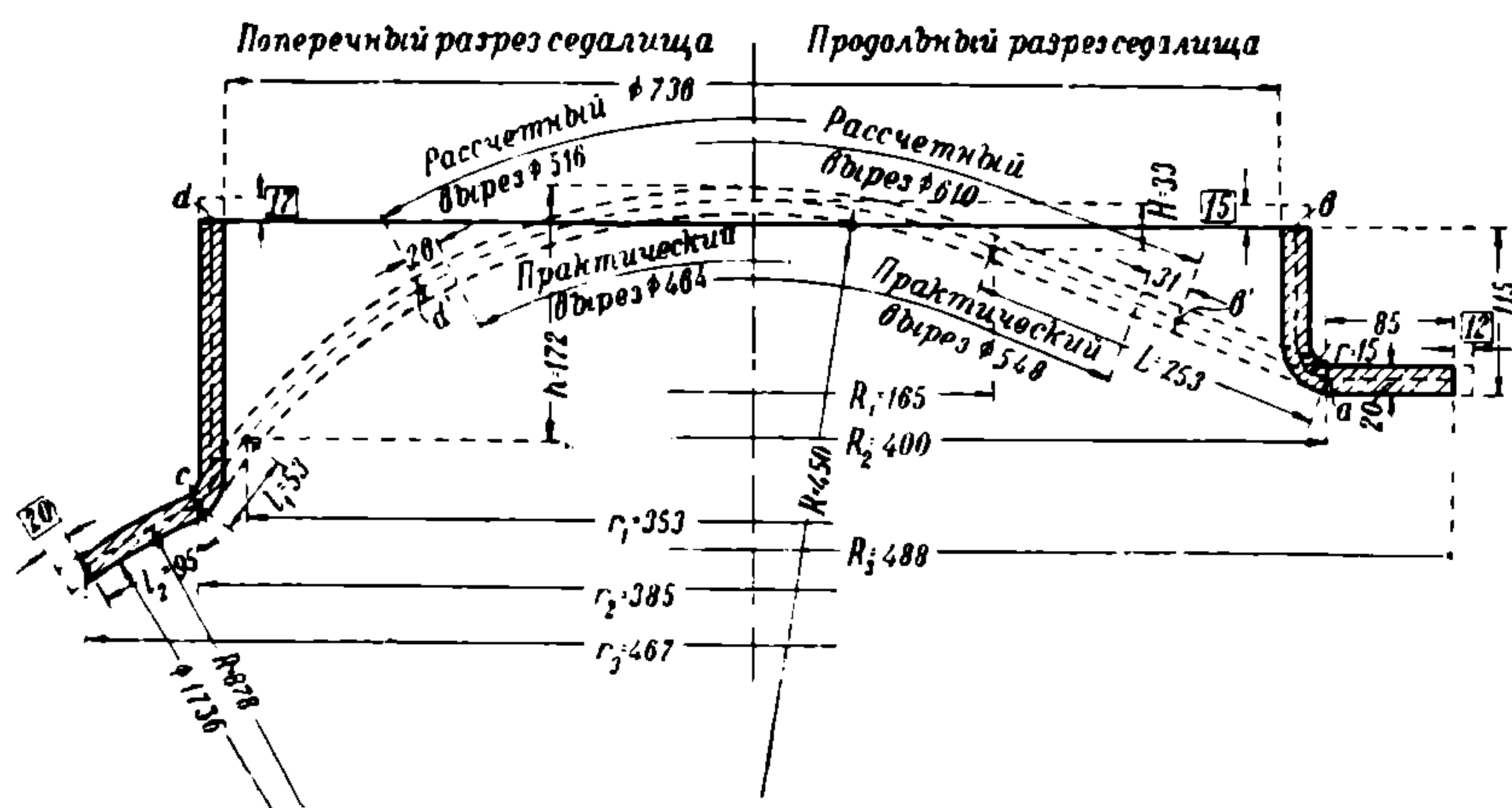


Рис. 455.

В виду того, что при первой штамповке фланец седалища получает окончательную форму, а при второй производится лишь отворот цилиндрической части, размеры заготовки вычисляются, исходя из промежуточной формы седалища, получающейся после первой штамповки.

На рис. 455 пунктиром изображено седалище в том виде, какой оно имеет после первой штамповки. Из рисунка видно, что седалище представляет собой шаровой сегмент, окаймленный цилиндрическим фланцем.

Для определения развертки (выкройки) седалища по первому из указанных во вступлении способу приходится вычислять его поверхность по нейтральному слою.

Вычислим сначала поверхность сидалища в предположении, что оно представляет собою тело вращения, сечением которого является продольный разрез сидалища.

В этом случае поверхность сидалища может быть подсчитана достаточно точно по формуле

$$S_1 = 2\pi RH + \pi(R_1 + R_2)L + \pi(R_3^2 - R_2^2),$$

где $2\pi RH$ — поверхность той части сидалища, которая представляет собою шаровой сегмент, $\pi(R_1 + R_2)L$ — поверхность части сидалища, представляющей собою усеченный конус, и $\pi(R_3^2 - R_2^2)$ — поверхность фланцев.

Подставив числовые значения, указанные на рис. 455, будем иметь:

$$S_1 = \pi [2 \cdot 450 \cdot 33 + (165 + 400) \cdot 253 + (488^2 - 400^2)] = 787477 \text{ мм}^2.$$

Развертка (выкройка) сидалища представляет собою эллипс, малая полуось которого может быть вычислена по формуле:

$$R_1 = \sqrt{\frac{S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{787477}{3,14}} = 501 \text{ мм}.$$

Большую полуось развертки находят аналогичным способом. Для этого вычислим теперь поверхность сидалища в предположении, что оно представляет собою тело вращения, сечением которого является поперечный разрез сидалища. Эта поверхность может быть подсчитана достаточно точно по формуле:

$$S_2 = 2\pi Rh + \pi(r_1 + r_2)l_1 + \pi(r_2 + r_3)l_2,$$

где $2\pi Rh$ — поверхность той части сидалища, которая представляет собою шаровой сегмент, $\pi(r_1 + r_2)l_1$ — поверхность части сидалища, представляющей усеченный конус, $\pi(r_2 + r_3)l_2$ — поверхность фланцев.

Подставив числовые значения, указанные на рис. 455, будем иметь:

$$S_2 = \pi [2 \cdot 450 \cdot 172 + (353 + 385) \cdot 53 + (385 + 467) \cdot 95] = 863041 \text{ мм}^2.$$

Большая полуось развертки будет:

$$R_2 = \sqrt{\frac{S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{863041}{3,14}} \cong 525 \text{ мм}.$$

Полученные полуоси 501 мм и 525 мм могут быть приняты за теоретические полуоси очертания развертки сидалища, в которые практически должны быть внесены некоторые поправки в виде припусков, определяемых пробными штамповками. Большой припуск в поперечном сечении (рис. 456а) придается в виду наблюдаемой здесь более значительной утяжки фланца в горловину при второй штамповке.

Вычерченный таким образом эллипс является очертанием заготовки (выкройки) для штамповки сидалища. По полученному контуру изготовляют деревянный шаблон для наметки листов под обрезку. На этот шаблон наносят продольную и поперечную осевые линии, которые при наметке отмечаются на листах кернами или зарубками зубилом. Перед первой штамповкой штамповщик, руководствуясь этими отметками, устанавливает лист на штампе. Расцентровка сидалища после первой штамповки для нанесения на нем выреза горловины производится следующим образом. Помощью лекала, изображенного на рис. 456б, вырезанного из тонкого листового железа по

форме продольного сечения седалища и устанавливаемого поочередно с обеих сторон седалища по нанесенным до штамповки засечкам, наносят чертилкой отметки. Затем с помощью подобного же лекала, но имеющего контур поперечного сечения седалища (рис. 456в), также наносят отметки. Определив таким способом центр горловины седалища, проводят продольную ось.

На расцентрованное седалище укладывают шаблон выреза горловины так, чтобы продольная ось, имеющаяся на шаблоне, совпала с продольной осью, нанесенной на седалище. Затем, найдя с помощью циркуля правильное положение шаблона (путем передвигания его по продольной оси), очерчивают чертилкой вырез горловины.

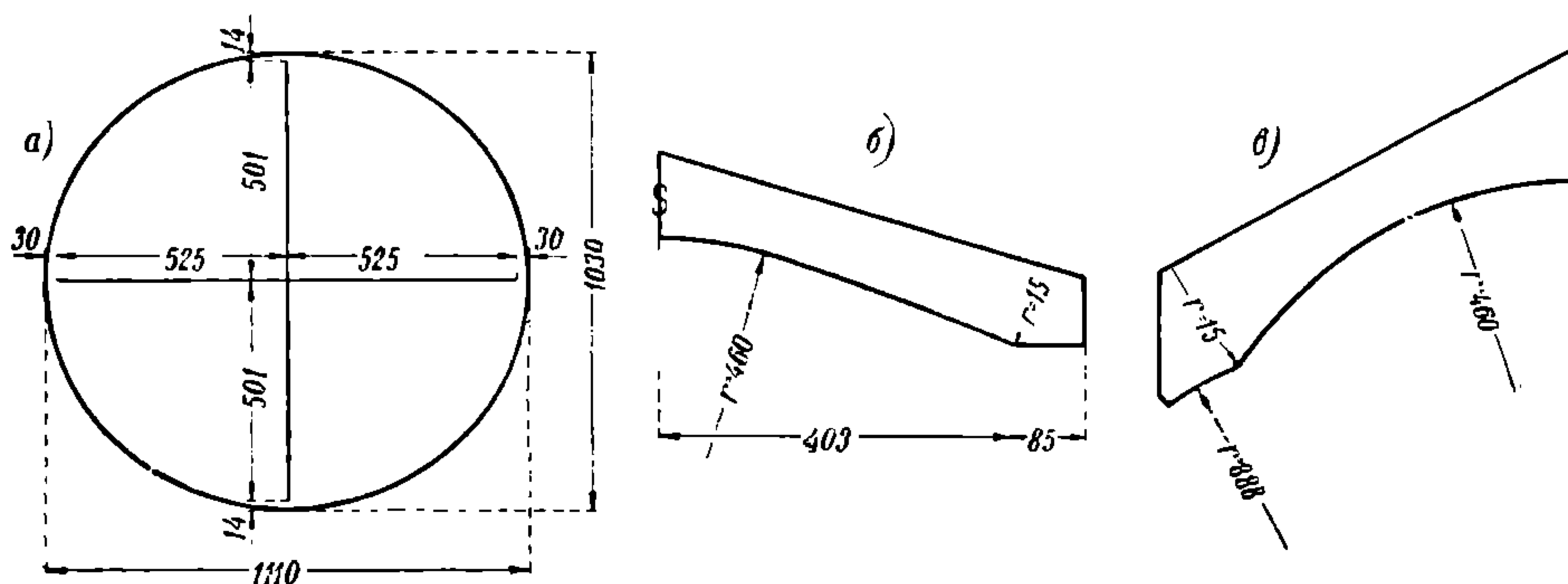


Рис. 456.

Размеры выреза горловины получаются следующим образом. На рис. 455 седалище в его окончательном виде совмещено с седалищем в том виде, какой оно имеет после первой штамповки. Отложив, начиная с точек касания обеих фигур, по направлению к центру седалища, длины образующих $ab—ab'$ и $cd=cd'$ седалища в его окончательном виде на седалище промежуточное, найдем расчетные размеры выреза горловины. Ясно без доказательств, что поверхность части седалища с образующими длиной ab и cd больше соответствующей поверхности с той же длиной образующих ab' и cd' на седалище в его промежуточном виде.

Отсюда очевидно, что к расчетному вырезу горловины, в данном случае 516×610 мм, необходимо дать припуск, который не только учитывал бы последующую обработку кромки цилиндрической части седалища, но и частично выравнивал бы расхождение в величине упомянутых поверхностей. Этот припуск, как указано на чертеже, берется по 26—31 мм на сторону.

Из сказанного легко усмотреть, что при штамповке седалища с одной операции припуск, даваемый вокруг выреза горловины, подсчитанного по методу, описанному выше, должен быть больше, чем при штамповке в два приема, так как в данном случае соответствующая поверхность будет еще меньше.

После второй штамповки и последующей правки седалище поступает на разметочную плиту, где его устанавливают аналогично с тем, как это описано § 50 в отношении грязевика, с той только разницей, что на плите нанесен контур круга цилиндрической части седалища.

После этого наносят на седалище с вычерченного на плите круга вертикальную и горизонтальную осевые линии.

На расцентрованное таким образом седалище наносят рейсмасом обрез цилиндрической части и осевую линию заклепочного шва, соединяющего седалище с барабаном сухопарника; для разметки обреза фланца и дыр по фланцу на него накладывается соответствующий шаблон, на котором нанесены полностью все заклепочные дыры, которые намечаются через него на фланце. Предварительно сверлят однако только четыре сборочные дыры, а когда седалище собрано с барабаном сухопарника на четыре болта, то сухопарник поступает на сверлильный станок, где уже все заклепочные дыры как по фланцу, так и цилиндрической части сверлятся $\varnothing 20$ мм.

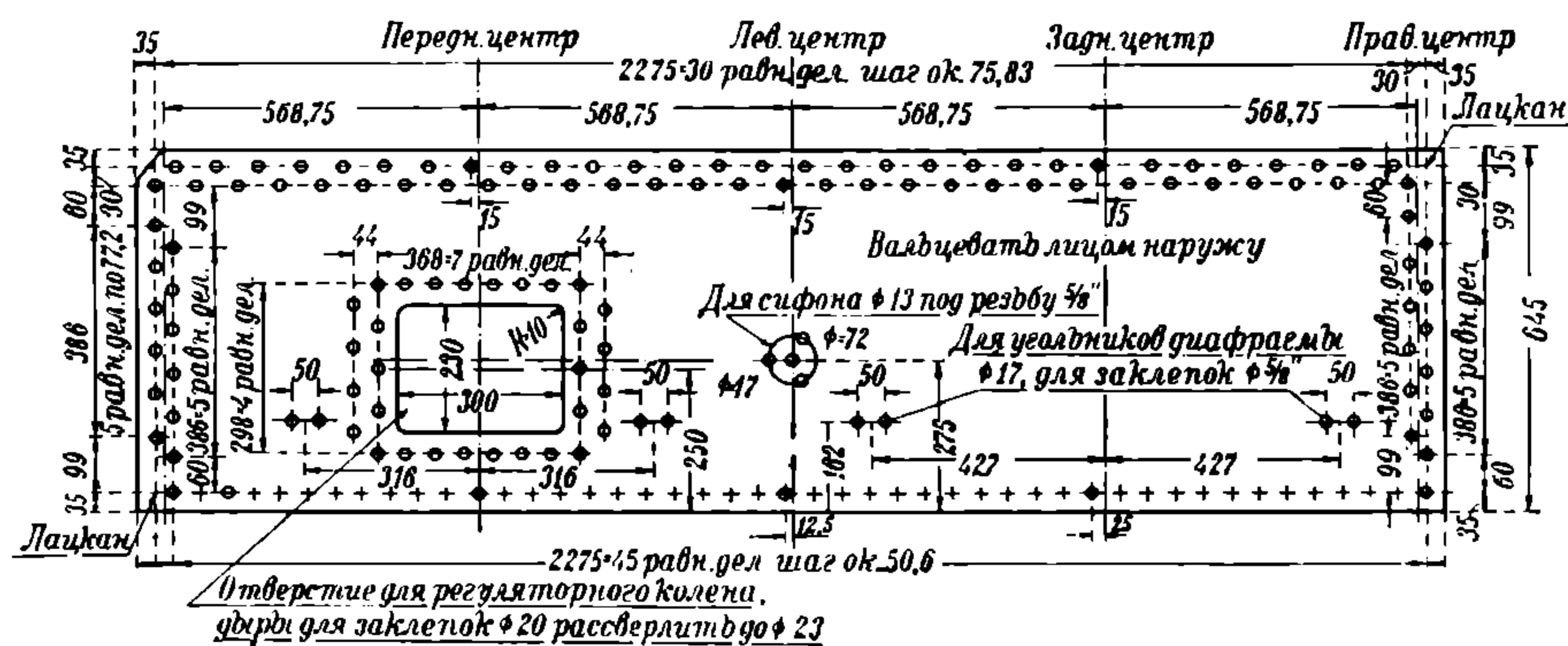


Рис. 457.

б) Барабан сухопарника. Развертки барабанов обоих сухопарников подсчитываются обыкновенным образом.

Центровые линии сухопарника, если разбивать поперечные заклепочные швы, как показано на чертеже, располагаются между смежными осевыми линиями продольных швов, и, следовательно, дыры поперечных швов не располагаются на центрах. Это обстоятельство вызывает большие неудобства при разметке кольца и седалища сухопарника. Такой разбивки заклепочных швов при конструировании котлов и их деталей следует по возможности избегать.

На рис. 457 представлена разметка барабана переднего сухопарника, который делается известными уже приемами и никакими особенностями, кроме указанных выше, не отличается. Разметка барабана заднего сухопарника делается совершенно аналогично.

§ 50. ГРЯЗЕВИК.

Штамповка грязевика производится обычно (как и седалища сухопарника) в две операции. Сначала отштамповывается шаровой сегмент, который затем доводится до окончательной формы грязевика второю штамповкой.

Размеры заготовки вычисляются, исходя из окончательных размеров грязевика, так как первая операция введена лишь для устранения местных вытяжек и утонений материала.

Для определения развертки грязевика, имеющего, как уже указывалось, неразверзаемую поверхность, следует по первому из указанных во вступле-

нии способу вычислить его боковую поверхность по нейтральному слою. Вычертив в натуральную величину продольный и поперечный виды грязевика, вычисляют сначала поверхность грязевика в предположении (как в случае сидалища сухопарника), что он представляет собою тело вращения, сечением которого является его продольный разрез.

При этом предположении поверхность грязевика может быть вычислена по следующей формуле:

$$S = \frac{\pi}{4} [(2y_3)^2 + D^2 - (2y_4)^2] + \pi (y_1 + y_2) \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} -$$

$$- \pi D r_2 \arcsin \left(\frac{r_2 - x_2}{r_2} \right) + \frac{\pi^2 D r_2}{2} + 2 \pi r_2 x_2 + \pi^2 r_1 y_4 -$$

$$- 2 \pi r_1 y_4 \arcsin \left(\frac{x - H + r_1}{r_1} \right) - 2 \pi r_1 (H - x_1).$$

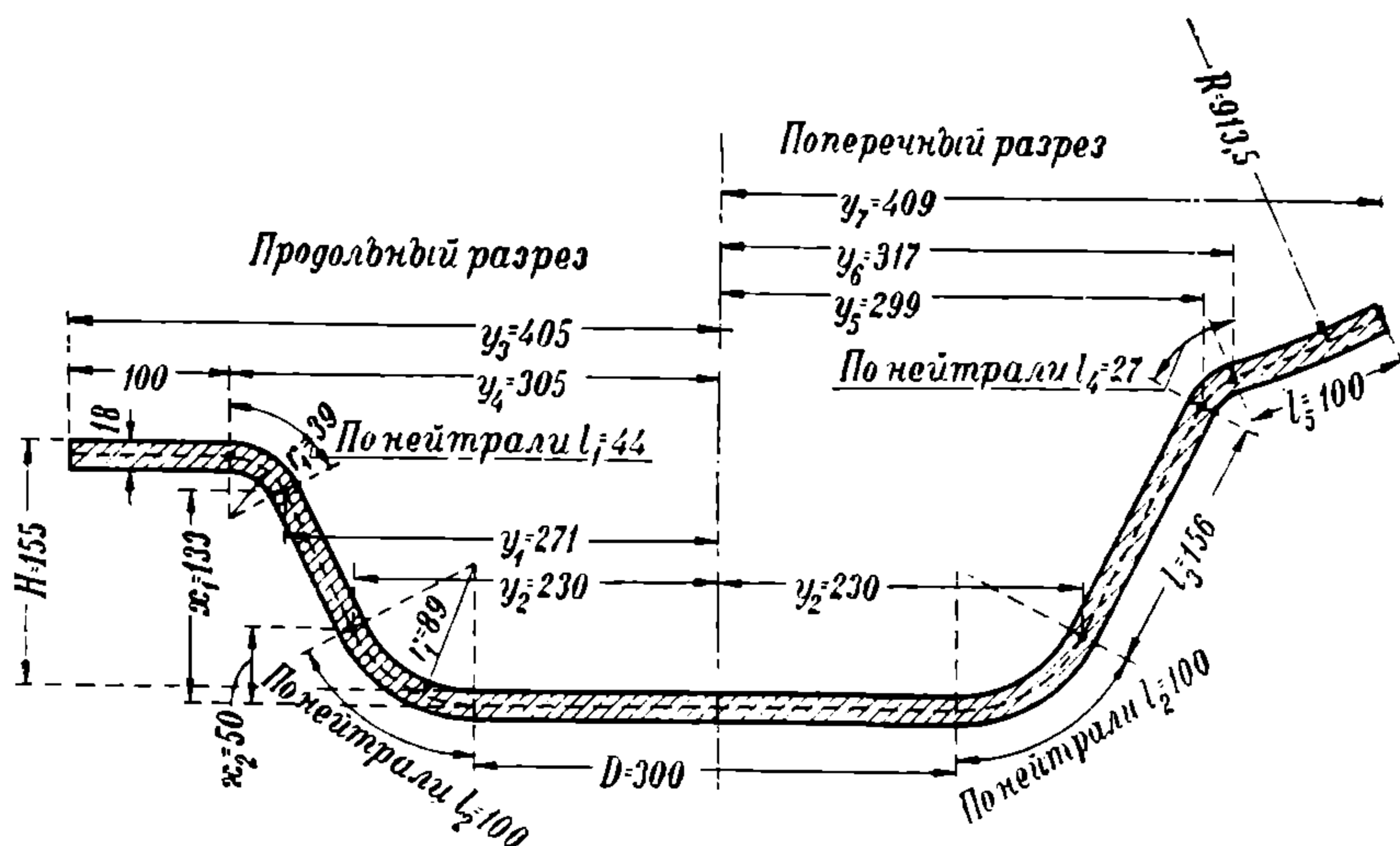


Рис. 458.

Все обозначения взяты из рис. 458, причем $\frac{\pi}{4} [(2y_3)^2 + D^2 - (2y_4)^2]$ представляет собою поверхность фланцев и днища (до закругления) грязевика, $\pi (y_1 + y_2) \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ — поверхность той части грязевика, которая представляет собой усеченный конус, а остальные члены формулы выражают поверхности грязевика в тех местах, где образующая очерчена по дуге.

Как видно из формулы, наибольшее затруднение для подсчета представляют те ее члены, которые выражают поверхность тела вращения в тех местах, где образующая очерчена по дуге.

С целью упрощения подсчетов можно с достаточной точностью для конечных результатов вычислить поверхность тела вращения в этих местах по формуле усеченного конуса, приняв длину дуги за образующую конуса.

В этом случае поверхность грязевика будет выражаться формулой:

$$S_1 = \frac{\pi}{4} [(2y_3)^2 + D^2 - (2y_4)^2] + \pi(y_1 + y_2)^2 \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} + \\ + \pi L_1(y_4 + y_1) + \pi L_2 \left(\frac{D}{2} + y_2 \right).$$

Подставив числовые значения, будем иметь:

$$S_1 = 3,14 \left[\frac{(810^2 + 300^2 - 610^2)}{4} + (271 + 230) \cdot \sqrt{(133 - 50)^2 +} \right. \\ \left. + (271 - 230)^2 + (305 + 271) \cdot 44 + (150 + 230) \cdot 100 \right] = 639\,285 \text{ мм}^2.$$

Малую полуось эллипса развертки находим из формулы:

$$R_1 = \sqrt{\frac{S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{639285}{3,14}} = 451 \text{ мм},$$

где S_1 — только что вычисленная поверхность.

Большую полуось развертки находим аналогичным способом.

Поверхность грязевика в предположении, что он представляет собою тело вращения, сечением которого является поперечный разрез грязевика, будет выражаться в упрощенном разрезе формулой:

$$S_2 = \frac{\pi D^2}{4} + \pi L_2 \left(\frac{D}{2} + y_2 \right) + \pi L_3(y_2 + y_5) + \pi L_4(y_5 + y_6) + \pi L_5(y_6 + y_7).$$

Подставив числовые значения, будем иметь:

$$S_2 = 3,14 \left[\frac{300^2}{4} + (150 + 230) \cdot 100 + 156(230 + 299) + \right. \\ \left. + (299 + 317) \cdot 27 + (317 + 409) \cdot 100 \right] = 729\,284 \text{ мм}^2.$$

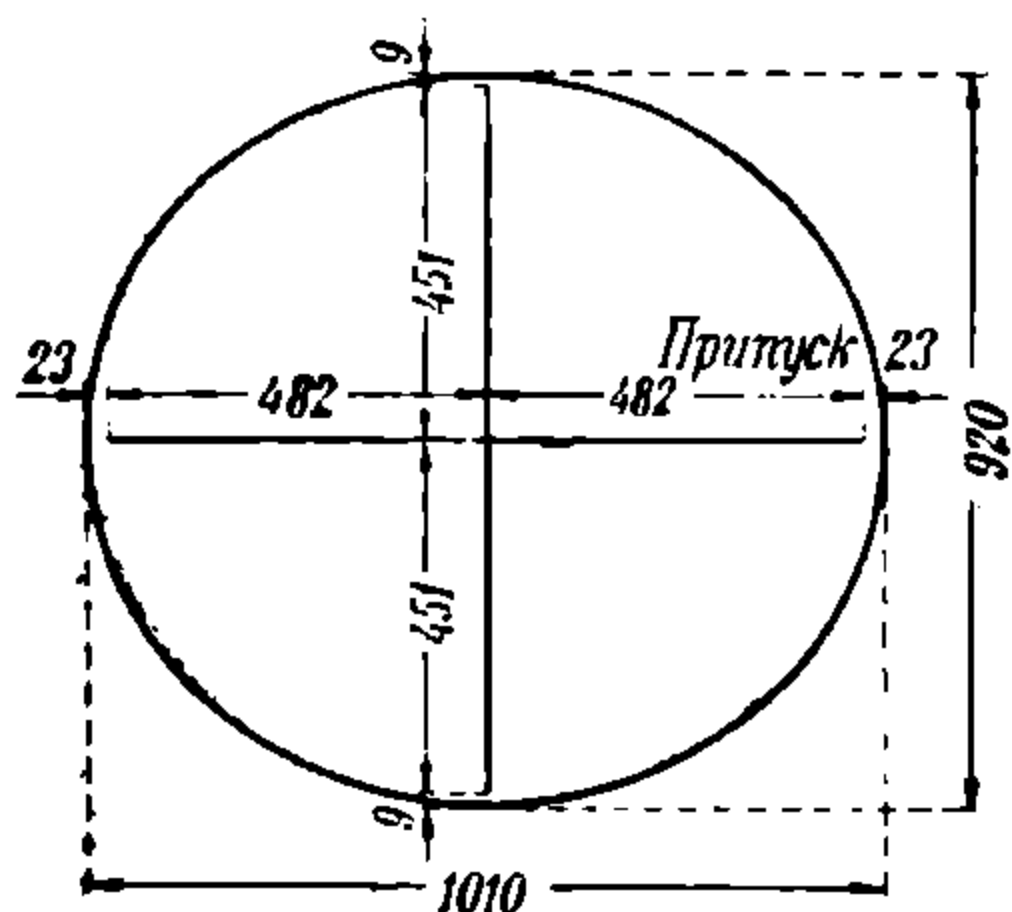


Рис. 459.

Следовательно большая полуось развертки:

$$R_2 = \sqrt{\frac{S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{729284}{3,14}} = 482 \text{ мм}.$$

Полученные полуоси 451 мм и 482 мм являются теоретическими полуосями развертки грязевика (рис. 450). К этим размерам прибавляется по периферии припуск, показанный на рисунке; этот последний эллипс и является заготовкой (выкройкой) для штамповки грязевика.

После окончательной штамповки и после правки грязевик поступает на разметочную плиту, где его устанавливают следующим образом (рис. 460).

На плите проводят три параллельные линии на таком расстоянии, что при установке грязевика на среднюю из них (рис. 460) по крайним мог свободно перемещаться рейсмас. Пользуясь засечками, сделанными на листе еще перед штамповкой, грязевик устанавливают предварительно таким образом, чтобы засечки совпали со средней линией, нанесенной на плите. Перемещая рейсмас по крайним рискам и делая при этом отметки на фланцах грязевика, грязевик устанавливают окончательно так, чтобы его продольная ось была расположена на средней линии. Добившись затем, чтобы расстояние от плиты до кромки фланца с обеих сторон грязевика по этой оси было одинаковым и равным 173 мм, приступают к центровке грязевика.

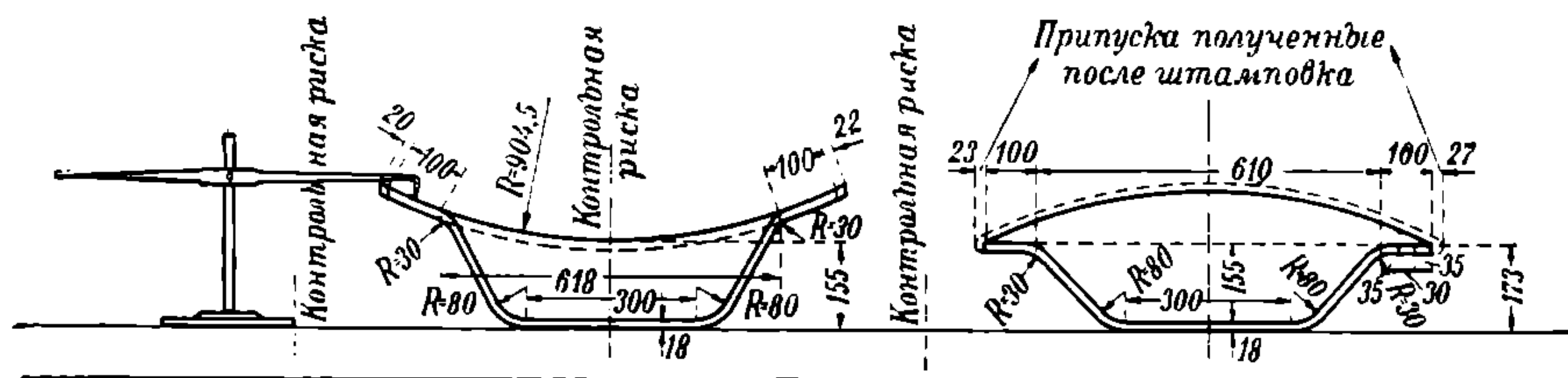


Рис. 460.

На деревянном шаблоне (рис. 461), представляющем собою сегмент окружности радиуса $r = 904,5$ мм, нанесена хорда a и радиус окружности, перпендикулярный к хорде и делящий ее пополам.

Этот шаблон укладывают на грязевик так, чтобы хорда a была параллельна плите; тогда радиус, нанесенный на шаблоне, будет перпендикулярен к плите и укажет центр грязевика. Установив затем на этот центр линейку вдоль продольной оси таким образом, чтобы концы линейки были также параллельны контрольным линиям на плите, проводят чертилкой продольную линию на грязевике.

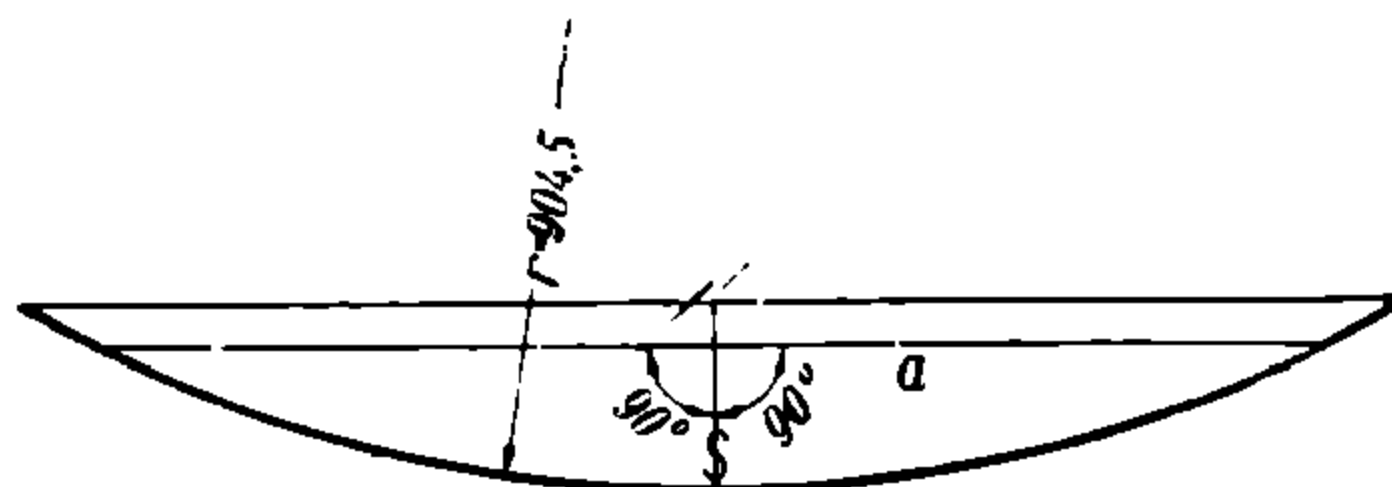


Рис. 461.

Закончив центровку грязевика, на его фланец накладывают шаблон, сделанный из тонкого (кровельного) железа, на котором нанесены полностью все заклепочные дыры. Прокернив обрез и дыры, переводят осевые линии грязевика книзу, где приклепывается фланец для крепления спускного крана, а затем, перекапав грязевик, наносят сборные дыры для этого фланца.

Подклепка грязевика. Разметка подклепки грязевика не представляет никаких особенностей. Следует лишь отметить, что дыры в подклепке для крепления ее к барабану размечаются и сверлятся все, так как подклепка эта, в отличие от подклепки сухопарника, ставится не изнутри барабана, а снаружи его. Дыры же для крепления к грязевiku размечаются и сверлятся лишь сборочные.

ЛИТЕРАТУРА.

- Александров, Сборник геометрических задач.
Ананов, проф., Начертательная геометрия как основа черчения.
Бажин, А. А., инж., Разметка.
Войшвилло, инж., Разметка в котельном деле. (Перев. с англ.)
Горфинкель, М. С., проф., Котлостроение. Часть I.
Гофмейстер, инж., Проектирование, изготовление и применение кузнечных штампов.
Грейнер, К. Г., проф., Котельное дело. Часть I.
Гузевич, Д. Г., инж., Как приступить к разметке изделий.
Decner, Detailing and fabricating Structural Steel.
Качмарек, Э., инж., Современные приемы штамповки.
Киселев, Элементарная геометрия.
Линау Отто, проф., Судостроительное черчение.
Laying out for boiler makers, 4 edition.
Межеричер, Машиностроительное черчение.
Musiol, Methode der Zuschnittermittlung.
Осокин, М., Руководство для разметчиков.
Нетыкса, Черчение и разметка для мастеровых.
Прокофьев, Сборка и установка мостов.
Рожков, И. И., инж., Котельное дело, Рабочий техникум на дому. Часть II и III.
Рынин, проф., Начертательная геометрия.
Рянгель, И., Котельные развертки.
Рянгель и Ремут, Котельная разметка.
Смислов и Лизогуб, Будування паровиків.
Титов, И. Г., инж. Разметка корпуса судна.
Челноков, А. М., инж., Анализ методов развертки листов наружной обшивки.
Яковлев, П. Я., Плазовая разметка морских судов.
Яковлев, С. Т., инж., Разбивка судов на плазе.
Jaschke, Die Blechabwickelungen.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр:
Предисловие редактора	3
Предисловие автора .	4
Введение. Задачи разметки . . .	6
§ 1. Спецификация материалов и элементы изделия	—
§ 2. Требования, предъявляемые к разметчикам	9
§ 3. Методы разметки	10
§ 4. Шаблоны	13
Глава I. Рабочее место, инструменты и приемы разметки	22
§ 5. Рабочее место. Составил С. Г. Концевич	—
§ 6. Разметочный инструмент	26
§ 7. Приемы и методы разметки. Составил С. Г. Концевич .	48
§ 8. Маркировка. Составил С. Г. Концевич	67
Глава II. Геометрические построения, применяемые в котельной раз-	
метке	74
§ 9. Виды линий, фигур и поверхностей	—
§ 10. Действия над прямыми линиями	75
§ 11. Действия над углами .	83
§ 12. Фигуры из прямых линий .	89
§ 13. Действия над дугами круга	103
§ 14. Вписанные в окружность и описанные многоугольники	111
§ 15. Действия над кривыми линиями .	114
Глава III. Развертка в плоскость поверхностей геометрических тел	127
§ 16. Понятие о развертке	—
§ 17. Развертка полых геометрических тел, ограниченных плоскостями, т. е. многогранников	128
§ 18. Развертка кривых поверхностей .	135
§ 19. Развертка шаровых поверхностей	162
§ 20. Развертка винтовых поверхностей	165
Глава IV. Пересечения тел	168
§ 21. Предварительные замечания .	—
§ 22. Пересечения многогранников	—
§ 23. Пересечения цилиндров и конусов .	172
Глава V. Разметочные и обработочные размеры	180
§ 24. Общие понятия	—
§ 25. Определение разметочных размеров элементов металлических конструкций	183
§ 26. Определение размеров гнутых деталей котельных изделий	202
Глава VI. Различные типовые случаи разметки .	232
§ 27. Разметка цилиндров, конусов и сфер, составленных из несколь-	
ких листов	—
§ 28. Разметка изделий, подлежащих сварке .	243
§ 29. Разметка изделий сложного изгиба	252
§ 30. Разметка колен трубопроводов	258
§ 31. Разметка ответвлений и разветвлений трубопроводов .	266

§ 32. Разметка бункеров и зонтов (навесов) . .	271
§ 33. Разметка дымоходов и дымовых переходов	273
§ 34. Разные случаи разметок .	277
Глава VII. Разметка металлической конструкции стрелы пловучего 100-тонного крана	280
§ 35. Построение расчетной схемы стрелы .	—
Глава VIII. Разметка фермы моста отверстием 76,8 м, с ездой по низу. Составил В. Н. Скобунов	287
§ 36. Проверка и подсчеты размеров	—
§ 37. Вычерчивание фермы на разбивочном плазе	291
§ 38. Разметка узлов	292
§ 39. Разметка проезжей части .	294
§ 40. Методы разметки металлических конструкций	—
§ 41. Практические правила, которыми должен руководствоваться разметчик	207
Глава IX. Разметка пароводных котлов шотландского типа. Составил В. Н. Скобунов	300
§ 42. Разметка двухтопочного котла	—
§ 43. Разметка трехтопочного котла	311
Глава X. Разметка паровозного котла паровоза типа 0—5—0. Составили А. Э. Данюшевский, И. Г. Звирбуль, Мальцев .	322
§ 44. Общие замечания	—
§ 45. Наружный кожух топки	323
§ 46. Медная топка	335
§ 47. Цилиндрическая часть .	339
§ 48. Дымовая камера	341
§ 49. Сухопарник .	343
§ 50. Грязевик	346
Л и т е р а т у р а	350

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАМЕЧЕННЫХ ОПЕЧАТОК

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
19	16 снизу	утолков	уголков
32	13	с палкой,	с полкой,
32	12	без палки —	без полки —
166	9 сверху	$u:n \frac{\sqrt{4\pi^2 r^2 + s^2}}{n}$	$u:n = \frac{\sqrt{4\pi^2 r^2 + s^2}}{n}$

Сканировала Сидорчик Е. В.

КГБ
ДНУЖТ