МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВТЕХУПРАВЛЕНИЕ ГЛАВНИИПРОЕКТ

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ КАРТ НОРМАТИВНЫХ РАЙОНОВ ПО ГОЛОЛЕДУ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ОРГРЭС

МОСКВА 1976

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВТЕХУПРАВЛЕНИЕ ГЛАВНИИПРОЕКТ

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ КАРТ НОРМАТИВНЫХ РАЙОНОВ ПО ГОЛОЛЕДУ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СЛУЖБА ОБОБЩЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ И ИНФОРМАЦИИ

МОСКВА 1976

УДК 621.315.1:551.578

Настоящая Методика разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом электроэнергетики (ВНИИЭ) и предназначается для определения гололедных нагрузок на провода ВЛ и составления региональных карт.

В Методике содержатся указания по обработке данных наблюдений на метеостанциях, линиях электропередачи и связи, а также по учету влияния метеорологических условий и физико-географических особенностей местности. Кроме того, приведены номограммы для определения эквивалентной толщины стенки гололеда.

В разработке Методики участвовали доктор техн.наук В.В.Бургсдорф, канд. техн.наук Е.П.Никифоров, инженеры Т.А.Бассарская, Т.Н.Голикова, Л.Е.Ломилина, Г.Д.Топоркова.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Основные данные, необходимые для построения региональных карт 4
2. Обработка данных наблюдений за гололедно-изморозевыми отложениями.... 4
3. Учет влияния рельефа местности при построении региональной карты..... 8
4. Построение региональной карты нормативных районов по гололеду 9
5. Пример обработки материалов и построения региональной карты нормативных районов по гололеду для территории, на которой расположена одна из энергосистем 10
5.1. Основные данные, характеризующие территорию, на которой расположена энергосистема 10
5.2. Обработка инструментальных наблюдений метеостанции А за гололедно-изморозевыми отложениями 11
5.3. Определение закономерности распределения гололедно-изморозевых отложений на изучаемой территории 13
5.4. Построение региональной карты нормативных районов по гололеду 14
Приложение 1. Сведения о гололедообразовании на линиях электропередачи и связи 15
Приложение 2. Номограммы для определения эквивалентной толщины стенки гололедно-изморозевого отложения на гололедном станке метеостанции и на линиях электропередачи и связи 16

© СПО ОРГРЭС, 1976.

Р Е Ш Е Н И Е № 8-8/14
ГЛАВТЕХУПРАВЛЕНИЯ И ГЛАВНИИПРОЕКТА МИНЭНЕРГО СССР

г.Москва 22 мая 1972 г.

Главтехуправление и Главниипроект рассмотрели "Методику разработки региональных карт нормативных районов по гололеду, используемых при проектировании и эксплуатации линий электропередачи", выполненную ВНИИЭ.

Главтехуправление и Главниипроект утверждают указанную Методику и рекомендуют ее для практического применения при разработке характеристик и региональных карт нормативных районов по гололеду, используемых при проектировании и эксплуатации линий электропередачи.

Заместитель начальника Главтехуправления Д.ШАМАРАКОВ

Главный инженер Главниипроекта Е.МИНАКВ

I. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ КАРТ

Для построения региональных карт необходимы сведения о гололедных нагрузках, характеристики рельефа местности и синоптических процессов, метеорологические данные.

В качестве исходных данных о гололедных нагрузках используются масса и размеры гололедно-изморозевых отложений[1] на гололедных станках метеостанций и на проводах линий электропередачи и связи.

Характеристика физико-географических условий составляется по литературным источникам, картам и результатам обследования (выявляются преобладающие формы, относительные превышения, степень экранирования отдельных участков территории, ее залесенность, влияние рек и водных бассейнов).

Характеристика синоптических процессов составляется по материалам местных управлений Гидрометслужбы СССР.

Характеристика метеорологических условий - комплекс погодных характеристик, сопутствующих процессу гололедообразования (температурный и ветровой режимы, влажность воздуха, туман, морось, переохлажденный дождь, мокрый снег), сведений о продолжительности и повторяемости явления - составляется по климатологическим справочникам.

2. ОБРАБОТКА ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

2.1. Согласно ПУЭ, в качестве гололедно-изморозевой нагрузки на провода ВЛ принимается эквивалентная толщина стенки гололеда цилиндрической формы (рис.1), приведенная к плотности $\gamma = 0{,}9$ г/см^3, с нормативной вероятностью повторения один раз в 10 лет.

2.2. Для определения эквивалентной толщины стенки гололеда на проводах ВЛ необходимо эквивалентную толщину стенки, полученную по данным наблюдений на гололедном станке метеостанции, привести к условной ВЛ с проводами диаметром 10 мм, подвешенными на высоте 10 м.

2.3. Для определения эквивалентной толщины стенки гололеда используются данные наблюдений на метеостанциях, которые затем обрабатываются вероятностно-статистическим методом (приложение 1). Такими сведениями являются размеры отложения и его масса. Для обработки выбираются наибольшие значения эквивалентных толщин стенок гололеда за год.

2.4. Для метеостанции с незащищенным экранирующими объектами (строениями, садами, заборами, лесными массивами) гололедным станком - "открытой" метеостанции - при наличии сведений о массе гололедно-изморозевого отложения на 1 пог. м провода эквивалентная ей толщина стенки гололеда определяется по формуле

$$b = -\frac{d}{2} + \sqrt{\frac{P \cdot 10^3}{2{,}83} + \frac{d^2}{4}}, \qquad (1)$$

где b - эквивалентная толщина стенки гололеда, мм;

d - диаметр провода без гололедно-изморозевого отложения, мм;

P - масса гололедно-изморозевого отложения на 1 пог. м провода, кг.

2.5. Для "открытой" метеостанции при наличии сведений только о размерах a и c гололедно-изморозевого отложения соответствующая им масса гололедно-изморозевого отложения на гололедном станке (кг) определяется

[1] Под гололедно-изморозевыми отложениями подразумеваются все виды гололедных отложений.

по формуле

$$P = 0{,}785 \cdot 10^{-3} \cdot \gamma_{ср} (ac - d^2), \qquad (2)$$

где $\gamma_{ср}$ – средняя плотность определенного вида отложения, г/см³;
a – большой диаметр отложения (с учетом диаметра провода), мм;
c – малый диаметр отложения (с учетом диаметра провода), мм.

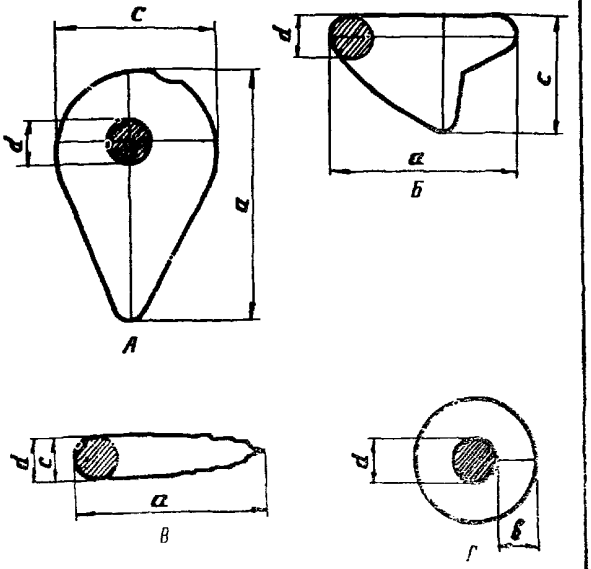


Рис.1. Возможные формы гололедно-изморозевых отложений (А,Б,В) и эквивалентная им цилиндрическая форма гололеда (Г):
a – большой диаметр отложения, мм
c – малый диаметр (толщина) отложения, мм
d – диаметр провода, мм
$б$ – эквивалентная толщина стенки гололеда, мм

Средняя плотность гололедно-изморозевого отложения (г/см³) определяется по формуле

$$\gamma_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \gamma_i}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i \cdot 10^3}{0{,}78 (a_i c_i - d^2)}, \qquad (3)$$

где γ_i – плотность гололедно-изморозевого отложения;
n – число измерений;
P_i – масса данного отложения, кг.

Пользуясь формулой (3), можно определить значение средней плотности каждого вида отложений на изучаемой территории.

2.6. При наличии сведений только о размере a гололедно-изморозевого отложения можно определить размер c, который равен $0{,}6a$ для гололеда и $0{,}75a$ для других видов гололедно-изморозевых отложений.

2.7. Для метеостанций с защищенным экранирующими объектами гололедным станком – "закрытой" метеостанции – при определении эквивалентной толщины стенки гололеда необходимо вводить коэффициент закрытости K_α (метеостанция приводится к условиям "открытой" метеостанции).

$$K_\alpha = \frac{P}{P'}, \qquad (4)$$

где P' – масса гололедно-изморозевого отложения на 1 пог.м провода в условиях "закрытой" метеостанции, кг.

Коэффициент закрытости K_α определяется по углу закрытости α (рис.2). Угол закрытости определяется по номограмме (рис.3) или по формуле

$$\alpha = arctg \frac{h - h_г}{L + \Delta\ell}, \qquad (5)$$

где h – высота экранирующего объекта, м;
$h_г$ – расстояние от земли до провода (обычно 2 м), м;
L – расстояние от ограды метеоплощадки до экранирующего объекта, м;
$\Delta\ell$ – расстояние от гололедного станка до ограды метеоплощадки, м.

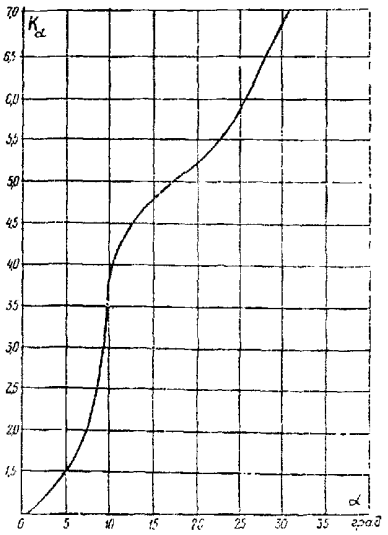


Рис.2. Зависимость коэффициента закрытости K_α от угла закрытости метеостанции α

Величины h и L берутся из Технического дела метеостанции или из Климатологического справочника "Истории и физико-географическое описание метеорологических станций и постов". Значение $\Delta\ell$ определяется с учетом направления ветра и местоположения экранирующего объекта, защищающего гололедный станок, в соответствии с табл.I.

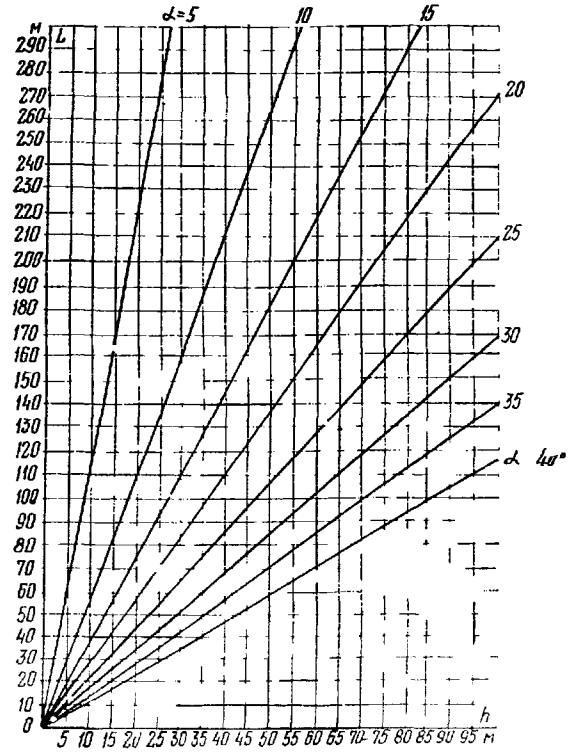


Рис.3. Номограмма для определения угла закрытости в зависимости от высоты экранирующего объекта h и расстояния до него L

Если гололедный станок защищен отдельными деревьями, значение α следует уменьшить вдвое.

Если экранирующий объект расположен от гололедного станка на расстоянии более 500м, K_α принимается равным единице.

Таким образом, для условно "открытой" метеостанции масса гололедно-изморозевого отложения (кг) определяется по формуле:

$$P = P' K_\alpha . \qquad (6)$$

2.8. Эквивалентная толщина стенки гололеда (мм) на гололедном станке условно "открытой" метеостанции определяется по формуле (7), если известна масса отложения:

$$b = -\frac{d}{2} + \sqrt{\frac{P' K_\alpha \cdot 10^3}{2{,}83} + \frac{d^2}{4}} .$$

2.9. Эквивалентная толщина стенки гололеда (мм) на гололедном станке условно "открытой" метеостанции определяется по формуле (8), если известны размеры a, c отложения и его плотность:

$$b = -\frac{d}{2} + \sqrt{0{,}276\gamma_{ср}(ac - d^2)K_\alpha + \frac{d^2}{4}} . \qquad (8)$$

Для определения эквивалентной толщины стенки гололеда вместо трудоемких расчетов можно пользоваться номограммами (приложение 2).

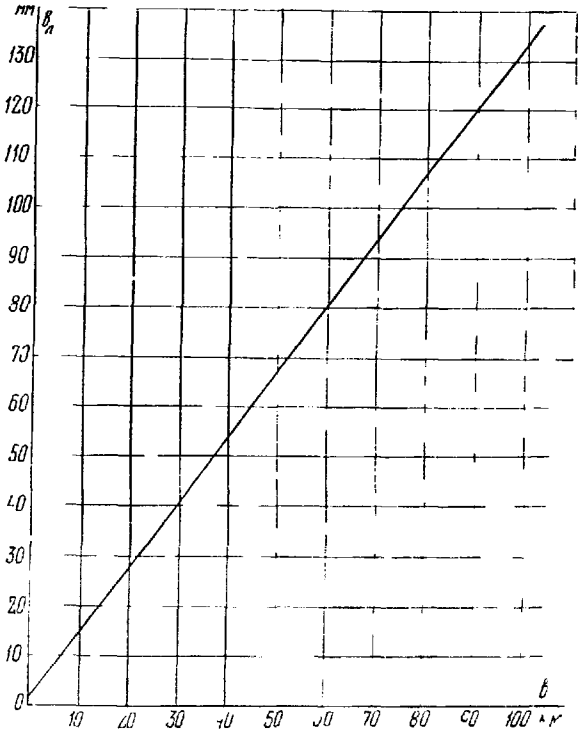


Рис.4. График для определения $b_л$

2.10. Эквивалентная толщина стенки гололеда на проводах ВЛ (условная ВЛ с проводами диаметром 10 мм, подвешенными на высоте 10 м) определяется по формуле

$$b_л = 1{,}05 + 1{,}325b , \qquad (9)$$

где $b_л$ – эквивалентная толщина стенки гололеда на проводах ВЛ, мм, либо по графику (рис.4).

2.11. Для определения эквивалентной толщины стенки гололеда на проводах ВЛ с заданной вероятностью повторения используют зависимость

$$F(b_л) = e^{-\left(\frac{b_л}{\beta}\right)^{-\theta}} , \qquad (10)$$

Таблица 1

Значение $\Delta\ell$ в зависимости от направления ветра и местоположения экранирующего гололедный станок объекта

Направление ветра	В	ВСВ		СВ		ССВ	С	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ		ЮЮВ	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ
Местоположение экранирующего объекта	ВСВ	СВ	ССВ*	ССВ	В*	С	ССВ	-	СВ	ВСВ	ВСВ	В	В*	ВЮВ	ЮВ*	ЮЮВ*	-	ЮЗ	В*
$\Delta\ell$, м	22	22	I4	22	9	5	4	0	5	4	4	4	5	5	5	22	0	30	24

*Влияние экранирующего объекта учитывается только при расположении его на расстоянии менее I0 м от метеостанции. При большем расстоянии экранирующий объект защитного влияния на гололедный станок не оказывает.

где $F(b_л)$ – вероятность того, что эквивалентная толщина стенки гололеда не превысит значения $b_л$;

β, θ – параметры распределения.

После двойного логарифмирования формулы (I0) получается линейная зависимость между

$$lg\,lg\left[\frac{1}{F(b_л)}\right] \text{ и } lg(b_л).$$

Обработка материалов для построения графика (рис.5) распределения вероятностей наибольших эквивалентных толщин стенок гололеда за год производится следующим образом:

а) составляется статистический ряд годовых наибольших значений $b_л$ (в порядке возрастания);

б) для каждого значения $b_л$ определяется интегральная вероятность (обеспеченность) по формуле (II)

$$F(b_л) = \frac{m}{n+1}, \qquad (II)$$

где m – порядковый номер члена ряда;

n – общее число членов;

в) на клетчатке вероятностей строится зависимость

$$b_л = f\left[F(b_л)\right],$$

для чего по оси абсцисс откладывается $F(b_л)$; по оси ординат – $b_л$. При проведении экстраполяционной прямой следует ориентироваться на большие значения толщин стенок гололеда ввиду того, что малые значения не определяют нормативную нагрузку;

г) значения обеспеченности $F(b_л)$, соответствующие заданной повторяемости, определяются по формуле (I2)

$$F(b_л) = \frac{N-1}{N}, \qquad (I2)$$

где N – период (годы), в течение которого наибольшее значение толщины гололеда не будет превышено.

Для перевода, составляющего I0 лет,

$$F(b_л) = 90\%.$$

2.I2. Для разработки характеристики повторяемости гололедно-изморозевых образований всей исследуемой территории используются данные наблюдений на метеостанциях и данные опыта эксплуатации линий электропередачи и связи, обработанные вероятностно-статистическим методом (приложение I).

По полученным данным строится карта-схема линий электропередачи и связи, поврежденных гололедом (рис.6), в том же масштабе, что и региональная карта.

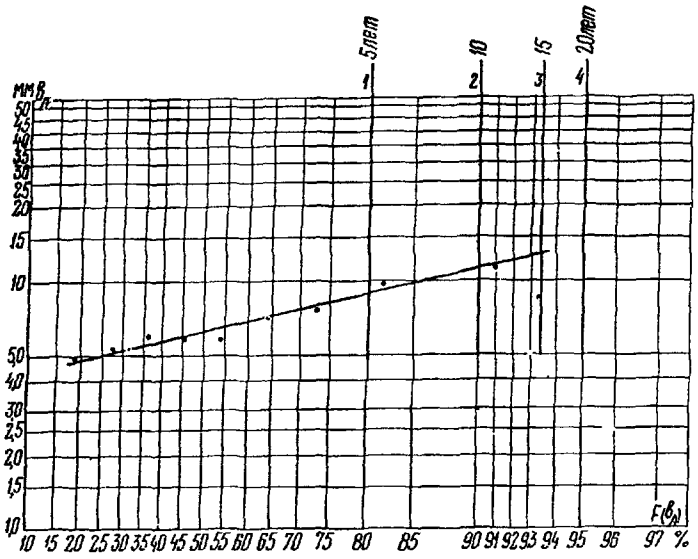


Рис.5. График для определения эквивалентной толщины стенки гололеда с различной обеспеченностью:

I–4 обеспеченности, соответствующие повторяемости толщины стенки гололеда один раз в 5,10, I5 и 20 лет

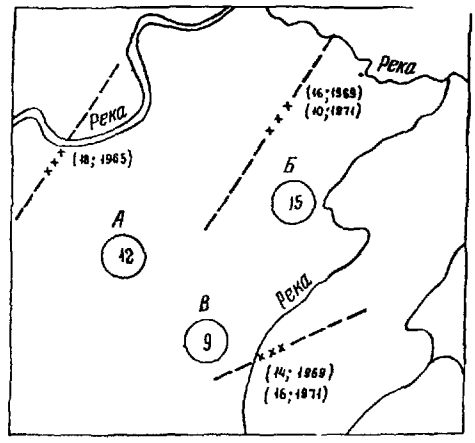


Рис.6. Фрагмент оформления карты-схемы линий электропередачи и связи, поврежденных гололедом:

— — — линия электропередачи или линия связи;

—×××— место повреждения линии электропередачи или линии связи.

Примечания: I. В скобках указаны толщина стенки гололеда и г наблюдения. 2. А,Б,В – метеостанции 3. Цифры в кружке – эквивалентная толщина стенки гололеда на гололедном станке метеостанции.

3. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ КАРТЫ

3.I. Влияние рельефа местности на процесс гололедообразования определяется комплексом физико-географических условий. На исследуемой территории в зависимости от абсолютной и относительной высоты места, формы рельефа и экспозиции склона по отношению к гололедонесущему потоку, за исключением горных районов, следует определить два основных типа рельефа.

Тип I. Плоская или пересеченная небольшими оврагами и балками местность с относительными превышениями не более I00 м – равнина.

Тип II. Сильно пересеченная местность с относительными превышениями более I00 м – возвышенность. Во II типе рельефа следует выделить: подтип 1 – наветренные склоны; подтип 2 – подветренные склоны; подтип 3 – вершины; подтип 4 – открытые для гололедонесущего потока долины рек; подтип 5 – закрытые от гололедонесущего потока долины рек.

Для того, чтобы определить тип рельефа, строится на гипсометрическом бланке в масштабе I:500000 схема распределения склонов по экспозициям. Экспозиция, характеризующая ориентировку склонов по отношению к странам света и к плоскости горизонта, определяет в данной местности подверженность действию ветра того или иного направления. Следует выделять четыре экспозиции склонов – северную, восточную, южную и западную. Для этого необходимо сделать следующее: на той части листа карты, где находится изучаемая возвышенность, через ее центральную часть провести две взаимно перпендикулярные линии – одну с северо-запада на юго-восток, другую с юго-запада на северо-восток. Та часть возвышенности, которая попадает в западную четверть, имеет западную экспозицию, в какую четверть – южную экспозицию и т.д. (рис.7).

Кроме того, для выделения экспозиции склонов можно использовать метод, предложенный Главной геофизической обсерваторией.

Выделенные экспозиции склонов в зависимости от направления гололедонесущего потока относят к соответствующим подтипам рельефа.

3.2. Для каждого типа (подтипа) рельефа строятся графики зависимости эквивалентной толщины стенки гололеда ($b_л$) от абсо-

литной высоты (H) места расположения метеостанции $\delta_л = f(H)$ (рис.8). В том случае, если в исследуемом районе для характеристики какого-то типа рельефа недостаточно данных наблюдений, следует использовать результаты наблюдений метеостанций в соседней области, имеющих такой же тип рельефа и характеризующихся аналогичными синоптическими условиями процессов гололедообразования.

Кроме того, для построения графиков могут быть использованы наблюдения за гололедно-изморозевыми отложениями на линиях электропередачи и связи, обработанные вероятностно-статистическим методом.

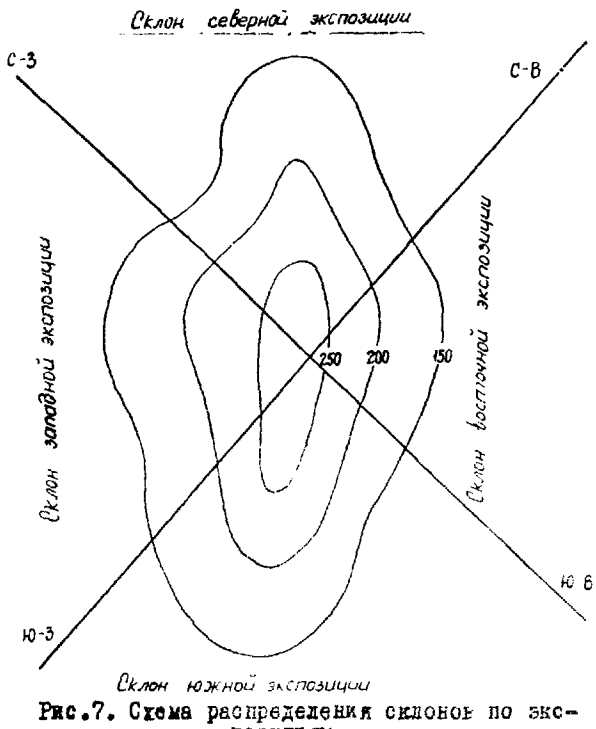


Рис.7. Схема распределения склонов по экспозициям

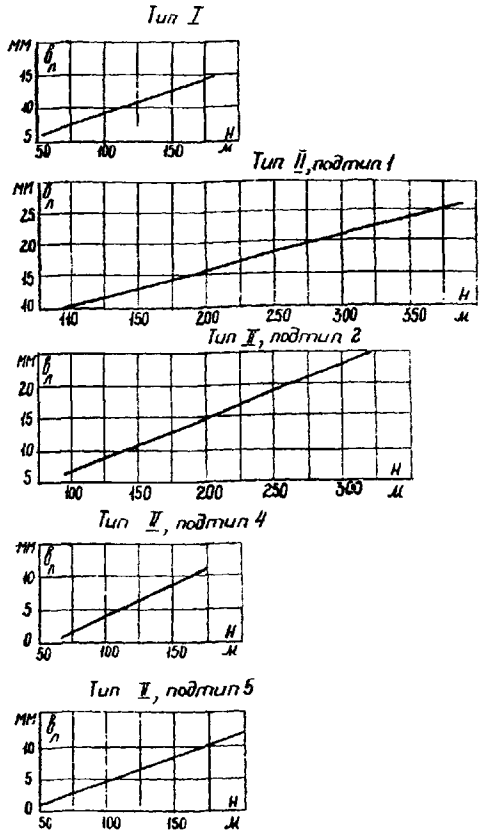


Рис.8. Зависимость эквивалентной толщины стенки гололеда ($\delta_л$) от абсолютной высоты (H) места расположения метеостанции для различных типов рельефа, по данным наблюдений на метеостанциях и ВЛ

3.3. Зависимости (см.рис.8) используются при построении региональной карты нормативных районов по гололеду.

4. ПОСТРОЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ КАРТЫ НОРМАТИВНЫХ РАЙОНОВ ПО ГОЛОЛЕДУ

Региональные карты нормативных районов по гололеду выполняются на гипсометрической бланке в масштабе 1:500000. Значения нормативных эквивалентных толщин стенок гололеда для соответствующих районов по гололеду принимаются по табл.2.

Границы соответствующих районов по гололеду проводятся по никчему значению эквивалентной толщины стенки по изогипсам с учетом типов и подтипов рельефа. Граничные значения высотных отметок H определяются по графикам (см.рис.8).

Для разных типов рельефа получаются, как правило, различные зависимости толщины стенки гололеда от абсолютной высоты места расположения метеостанции. Более гололедная территория может быть расположена на отметках ниже менее гололедной. Например, в местности, отнесенной ко II типу рельефа, I подтипу - "наветренные склоны" - III район по гололеду может располагаться в зоне от изогипсы 200 м до изогипсы 250 м абсолютной высоты над уровнем моря. В местности, отнесенной к этому же типу, II подтипу - "под-

Таблица 2

Нормативная эквивалентная толщина стенки гололеда

Район СССР по гололеду	Предельное значение эквивалентной толщины стенки гололеда, мм	Нормативная эквивалентная толщина стенки гололеда (мм) с повторяемостью один раз в 10 лет
I	До 7,4 вкл.	5
II	Св. 7,4 до 12,4 вкл.	10
III	Св. 12,4 до 17,4 вкл.	15
IУ	Св. 17,4 до 22,4 вкл.	20
Особый	Св. 22,4	Св.22

ветренные склоны" - III район по гололеду может располагаться в зоне от изогипсы 250 м до изогипсы 300 м.

Это несоответствие закономерно и границы районов по гололеду проводятся между изогипсами в месте перехода от одного типа рельефа к другому.

В пересеченной местности при переходе от одного района по гололеду к другому наличие всех промежуточных районов по гололеду не обязательно (II район может граничить с IУ и т.п.).

5. ПРИМЕР ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ И ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ КАРТЫ НОРМАТИВНЫХ РАЙОНОВ ПО ГОЛОЛЕДУ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ, НА КОТОРОЙ РАСПОЛОЖЕНА ОДНА ИЗ ЭНЕРГОСИСТЕМ

5.I. Основные данные, характеризующие территорию, на которой расположена энергосистема

Территория расположена на востоке Европейской части СССР.

Долинами рек территория делится на три части. В северо-восточной части имеется возвышенность (высота до 235 м), которая сильно пересечена оврагами, балками и резко обрывается к долине реки. Северная часть - холмисто-увалистая равнина, высота ее - 260 м. Западная часть представляет собой волнистую равнину, повышающуюся к юго-западу. Наиболее возвышенный район территории - южная часть (абсолютная высота - 367 м).

Реки имеют глубоко врезанные долины, водоразделы представляют собой слегка волнистые равнины, круто обрывающиеся к долинам рек. Леса занимают в среднем 17% всей площади.

На территории ежегодно отмечается гололед и изморозь. Образование изморози связано с адвекцией тепла на восток Европейской территории СССР по периферии антициклонов. Образование гололеда характеризуется выносом теплого воздуха, обусловленным движением циклонических центров.

Вынос теплого воздуха на территорию энергосистемы происходит в результате следующих основных процессов, вызывающих значительные гололеды:

а) перемещения циклонических центров с запада на восток по северным и средним широтам. При процессах этого типа наблюдаются наиболее интенсивные гололеды на всей территории, кроме юго-восточной части;

б) перемещения циклонических центров с северо-запада на юго-восток Европейской части СССР - "выпающие циклоны";

в) перемещения циклонов на Европейскую часть СССР с юга и юго-запада. Наиболее интенсивные гололеды при этом наблюдаются в юго-восточной части территории;

г) образования гололеда на стационарном фронте.

Преобладающее направление ветра при гололеде и изморози на изучаемой территории - юго-западное. "Розы ветров" для территории энергосистемы представлены на рис.9.

Для гололедного районирования территории, на которой расположена энергосистема, используются материалы наблюдений за гололедно-изморозевыми образованиями из Климатологического справочника "Гололедно-изморозевые явления" и метеорологических ежемесячников (табл.3).

По Климатологическому справочнику определяется температура воздуха при гололедообразовании. На изучаемой территории образование гололеда наблюдается при температуре от 0 до -5^{0}С, изморози от -3 до -17^{0}С, сколь-

Таблица 3

Данные наблюдений за гололедно-изморозевыми явлениями на метеостанциях

Метеостанция	Абсолютная высота расположения метеостанции над уровнем моря, м	Период инструментальных наблюдений за гололедно-изморозевыми отложениями, годы	Число дней с		
			гололедом	изморозью	суммарное
А	90	1952-1974	8	14	22
Б	174	1952-1974	10	28	38
В	181	1952-1974	11	25	36

ного отложения от 0 до -20°С.

Эти явления наблюдаются, как правило, при мороси, дожде или тумане.

Преобладающее направление ветра при гололедно-изморозевых образованиях юго-западное (см.рис.9). Период гололедообразования, как правило, начинается в сентябре и заканчивается в мае (рис.10).

Для большинства метеостанций максимальное число дней с гололедом и изморозью приходится на декабрь.

Суммарное число дней с гололедом и изморозью колеблется от 22 (высота расположения метеостанции над уровнем моря 90 м) до 83 (высота расположения 337 м).

Четкой зависимости числа дней с гололедом и изморозью от высоты расположения метеостанции на изучаемой территории не наблюдается.

В качестве исходных материалов для построения региональной карты нормативных районов по гололеду используются данные инструментальных измерений гололедно-изморозевых отложений на всех метеостанциях изучаемой территории за период наблюдений не менее 10 лет, а также данные о фактических размерах отложений на линиях электропередачи и связи, приводящих к повреждениям (см.приложение 1).

По данным приложения 1 строится карта-схема линий электропередачи и связи, поврежденных гололедом (см.рис.6).

5.2. Обработка инструментальных наблюдений метеостанции А за гололедно-изморозевыми отложениями

Метеостанция А расположена в восточной части области, в лесостепи. Рельеф - волнистая равнина, пересеченная долинами рек, балками и оврагами.

Метеоплощадка расположена на пологой верхней части склона. Закрытость метеоплощадки была определена по материалам Климатологического справочника "История и физико-географическое описание метеорологических станций и постов".

Из климатологических справочников и метеорологических ежемесячников выбираются наибольшие за год значения массы гололедно-изморозевых отложений или их размеры, которые сводятся в табл.4.

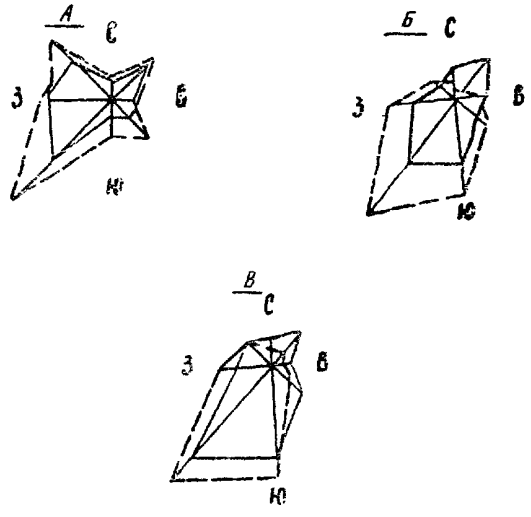


Рис.9. "Роза ветров" для метеостанций А,Б,В:

— — — при гололеде; ——— при изморози

Обработка материалов производится в такой последовательности:

а) по номограммам (см.приложение 2) или по формулам (7) или (8) определяется эквивалентная толщина стенки голохеда на голохедном станке за каждый год. Например, за 1962-1963 гг. наибольшая масса гололеда (Р = 128 г/м) наблюдалась при ветре юго-восточного направления.

Таблица 4

Данные инструментальных наблюдений на метеостанции А
(образец заполнения)

Год	Характеристика отложения			Метеоусловия			Угол закрытости гололедного станка, град	Коэффициент закрытости	Толщина стенки гололеда на гололедном станке, мм	Коэффициент пересчета на условия ВЛ	Толщина стенки гололеда на проводах ВЛ, мм		Обеспеченность толщины стенки гололеда, %
	Вид	Размер, мм	Масса, г	Температура, °С	Направление ветра в начале обледенения	Максимальная скорость ветра за период обледенения, м/с					по годам	в возрастающем порядке	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
I96I-I962	Изморозь кристаллическая	35x28	40	-I5,0	ССЗ	3	2	I,I	0,2I	2,0I	0,42	0,36	I8,2
I962-I963	Гололед	I9xI3	I28	-5,0	ЮВ	I2	2	I,I	0,5	I,6	0,8	0,5I	63,6

Согласно описанию метеоплощадки, с учетом данных табл.I при ветре юго-восточного направления угол закрытости метеоплощадки составляет 2^0 (см.табл.4). По рис.2 определяется коэффициент закрытости, равный I,I. Эквивалентная толщина стенки гололеда на гололедном станке "открытой" метеостанции определяется по формуле (7).

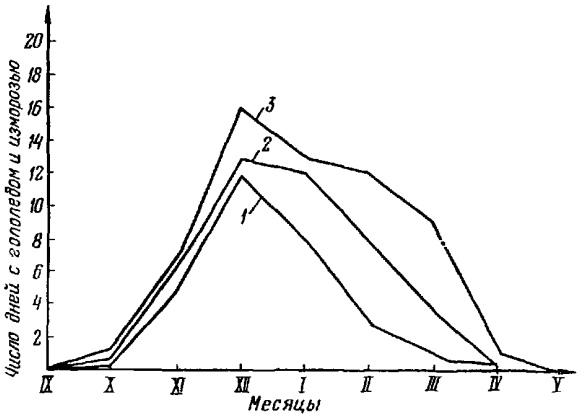


Рис.IO. Годовой ход суммарного числа дней с гололедом и изморозью для метеостанций А (кривая I), Б (кривая 2), В (кривая 3)

Аналогично вычисляется наибольшее значение толщины стенки гололеда и за другие годы;

б) по рис.4 определяется эквивалентная толщина стенки гололеда на проводах ВЛ (см. табл.4, графа I2);

в) значения $b_л$ располагаются в возрастающем порядке (см.табл.4, графа I3) и для каждого значения по формуле (II) определяется обеспеченность $F(b_л)$ - см.табл.4, графа I4;

г) на клетчатке вероятностей строится зависимость (см.рис.5)

$$b_л = f[F(b_л)];$$

д) для повторяемости один раз в IO лет (обеспеченность 90%) по рис.5 определяется эквивалентная толщина стенки гололеда на проводах ВЛ, равная I2 мм.

Аналогично обрабатываются данные по всем метеостанциям; значения $b_л$ сводятся в табл.5.

Таблица 5

Эквивалентные толщины стенок гололеда с вероятностью повторения один раз в IO лет по метеостанциям

Метеостанция	Абсолютная высота расположения метеостанции над уровнем моря, м	Эквивалентная толщина стенки гололеда, мм
А	90	I2
Б	I74	I4
В	I8I	I5

5.3. Определение закономерности распределения гололедно-изморозевых отложений на изучаемой территории

На территории энергосистемы по способу, указанному в разд.3 настоящей Методики, строится карта экспозиции склонов с учетом преобладающего при гололеде и изморози направления ветра (гололедонесущий поток). На карте выделяются следующие типы и подтипы рельефа (рис.II): тип I; тип II, подтип I, 2, 4, 5.

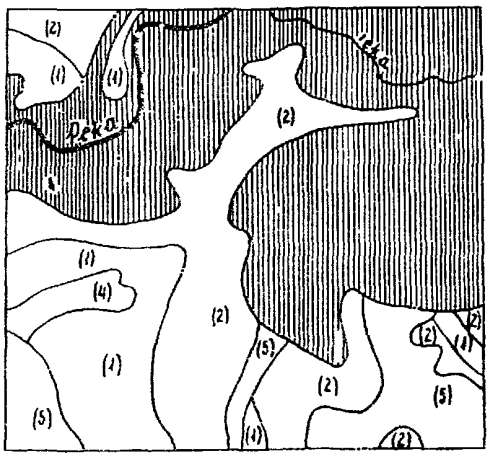


Рис.II. Фрагмент оформления карты экспозиции склонов с типами рельефа

тип I рельефа;

тип II рельефа;

в скобках указан подтип рельефа

Метеостанции объединяются в группы по выделенному типу рельефа (табл.6).

Для каждого типа рельефа строятся графики зависимости эквивалентной толщины стен-

Таблица 6

Классификация метеостанций по типам рельефа

Метеостанция	Абсолютная высота расположения метеостанции над уровнем моря, м	Рельеф
А	90	Тип I
М	80	
Н	70	
Б	174	Тип II, подтип I
Р	200	
К	201	
В	181	Тип II, подтип 2
Л	170	
С	150	

ки гололеда с повторяемостью один раз в 10 лет от абсолютной высоты места расположения метеостанции (см.рис.8)* по данным наблюдений на метеостанциях и ВЛ, обработанных вероятностно-статистическим методом.

По графикам (см.рис.8) определяется абсолютная высота над уровнем моря районов по гололеду по типам рельефа (табл.7).

Данные этой таблицы являются основой районирования по гололеду изучаемой территории.



Рис.12. Фрагмент оформления региональной карты нормативных районов по гололеду:

II район

III район IУ район

Примечание. При наличии I района и особого района их обозначают на карте соответственно: и .

Таблица 7

Абсолютная высота над уровнем моря районов по гололеду по типам рельефа

Рельеф	Абсолютная высота над уровнем моря районов по гололеду				
	I	II	III	IУ	Особый
Тип I	До 80 вкл.	Св.80 до 140 вкл.	Св. 140	-	-
Тип II, подтип I	-	До 125 вкл.	Св.125 до 190 вкл.	Св.190 до 270 вкл.	Св. 270
Тип II, подтип 2	До 110 вкл.	Св.110 до 170 вкл.	Св.170 до 230 вкл.	Св.230 до 300 вкл.	Св.300
Тип II, подтип 3	До 130 вкл.	Св.130	-	-	-
Тип II, подтип 4	До 140 вкл.	Св.140	-	-	-

5.4. Построение региональной карты нормативных районов по гололеду

Для построения региональной карты нормативных районов по гололеду карта (см.рис. II) накладывается на гипсометрический бланк (масштаб I:500000).

Для каждого типа рельефа на карту (см. рис.II) наносятся границы районов по гололеду с учетом их абсолютной высоты над уровнем моря (см.табл.7).

На рис.I2 приведен фрагмент оформления региональной карты нормативных районов по гололеду.

На региональные карты нормативных районов по гололеду необходимо наносить населенные пункты, реки, озера, водохранилища и их наименования.

*Для построения графиков могут быть использованы данные наблюдений метеостанций в соседних с территорией расположения энергосистемы областях.

СВЕДЕНИЯ О ГОЛОЛЬДООБРАЗОВАНИИ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
(образцы заполнения ведомостей)

Название ВЛ	Год ввода в эксплуатацию	Напряжение, кВ	Марка провода	Район по гололеду	Дата отложения гололеда	Участок ВЛ с наибольшим гололедообразованием и разрушением	Абсолютная отметка территории, по которой проходит ВЛ	Характеристика отложения: Вид	γ г/см³	a, c мм²	b^* мм	P г	b^{**} мм	Направление и скорость ветра, м	Характер повреждения
Западные электросети															
Еланка-Ивановка	1961	110	АС-150	II	13/XI 1967 г.	Район Тихие горы	150	Сложное отложение	0,5	120x92	31	4350	32	Ю-5	Сильное провисание, схлестывание, пережог проводов
Фидер I от п/ст. "Каменка"	1965	10	АС-25	II	30/X-2/XI 1966 г.	Район поселка Петровка	150-200	Гололед (прозрачный)	0,9	40x36	16	1040	16	Нет св.	Обрыв проводов в трех пролетах, поломка девяти опор
Северные электросети															
Красовка-Крыловка	1960	35	АС-70	II	29/X 1966 г.	Нет св.	150-200	Гололед	0,75	70	19	Нет св.	Нет св.	Ю-7	Поломка семи опор, наклон четырех опор, обрыв провода в девяти пролетах
Власовка-Гвоздевка	Нет св.	10	А-25 А-35	II	29/X 1966 г.	Нет св.	150-200	Гололед	0,75	50	14	Нет св.	Нет св.	Нет св.	Обрыв проводов, поломка опор

*Значения b получено по размеру a или по произведению $a \cdot c$

**Значение c получено по массе Р.

СВЕДЕНИЯ О ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИИ НА ЛИНИЯХ СВЯЗИ

Название линии связи*	Марка провода	Абсолютная отметка местности, по которой проходит линия связи, м	Дата отложения гололеда	Характеристика отложения: Вид	γ г/см³	a мм	b мм	Направление, скорость ветра, м/с	Характер повреждения
Ивановка-Петровка	Ст.4	150-200	I/XII 1965 г.	Зернистая изморозь	0,1	100	12,5	Ю3,5	Обрывы проводов
Каменка-Заречное	Ст.4	100-150	12/XII 1966 г.	Гололед	0,75	50	13,5	Ю3,6	Обрывы проводов, поломка 20 столбов
Антоновка -Павловка	Ст.4	200-250	31/XII 1967 г.	Гололед	0,75	70	21	Ю,6	Массовые обрывы проводов, поломка столбов

*Названия условные.

Приложение 2

НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВОГО ОТЛОЖЕНИЯ НА ГОЛОЛЕДНОМ СТАНКЕ МЕТЕОСТАНЦИИ И НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И СВЯЗИ

Номограммы для определения эквивалентной толщины стенки гололедно-изморозевого отложения на гололедном станке метеостанции с учетом закрытости станка приведены:

а) по массе отложения – на рис.13 и 14; (см.вклейки);

б) по произведению $a \cdot c$ (a и c – большой и малый диаметры отложения) для различной плотности отложения – на рис.15–23 (см.вклейки);

в) по большому диаметру a для различной плотности отложения – на рис.24–32 (см. вклейки).

Номограммы для определения эквивалентной толщины стенки гололедно-изморозевого отложения на проводах ВЛ различного диаметра приведены:

а) по массе отложения – на рис.33 (см. вклейку);

б) по большому диаметру a для различной плотности отложения – на рис.34–42 (см. вклейки);

в) по произведению $a \cdot c$ (a и c – большой и малый диаметры отложения) для различной плотности отложения – на рис.43–51 (см.вклейки).

Ответственный редактор Б.Ф.Зябкина

Техн.редактор Е.А. Сапожникова | Редактор А.А.Шикенян | Корректоры: В.И.Шахнович О.Н.Тимахова

4,7 уч.-изд.л. | Цена 47 коп. | (61/75) | Заказ № 137/75

Л 58548 | Подписано к печати 22/I 1976 г. | Тираж 1300 экз.

Ротапринт СЦНТИ ОРГРЭС

109432,Москва,Е-432,2-й Кожуховский проезд,д.29,корп.6

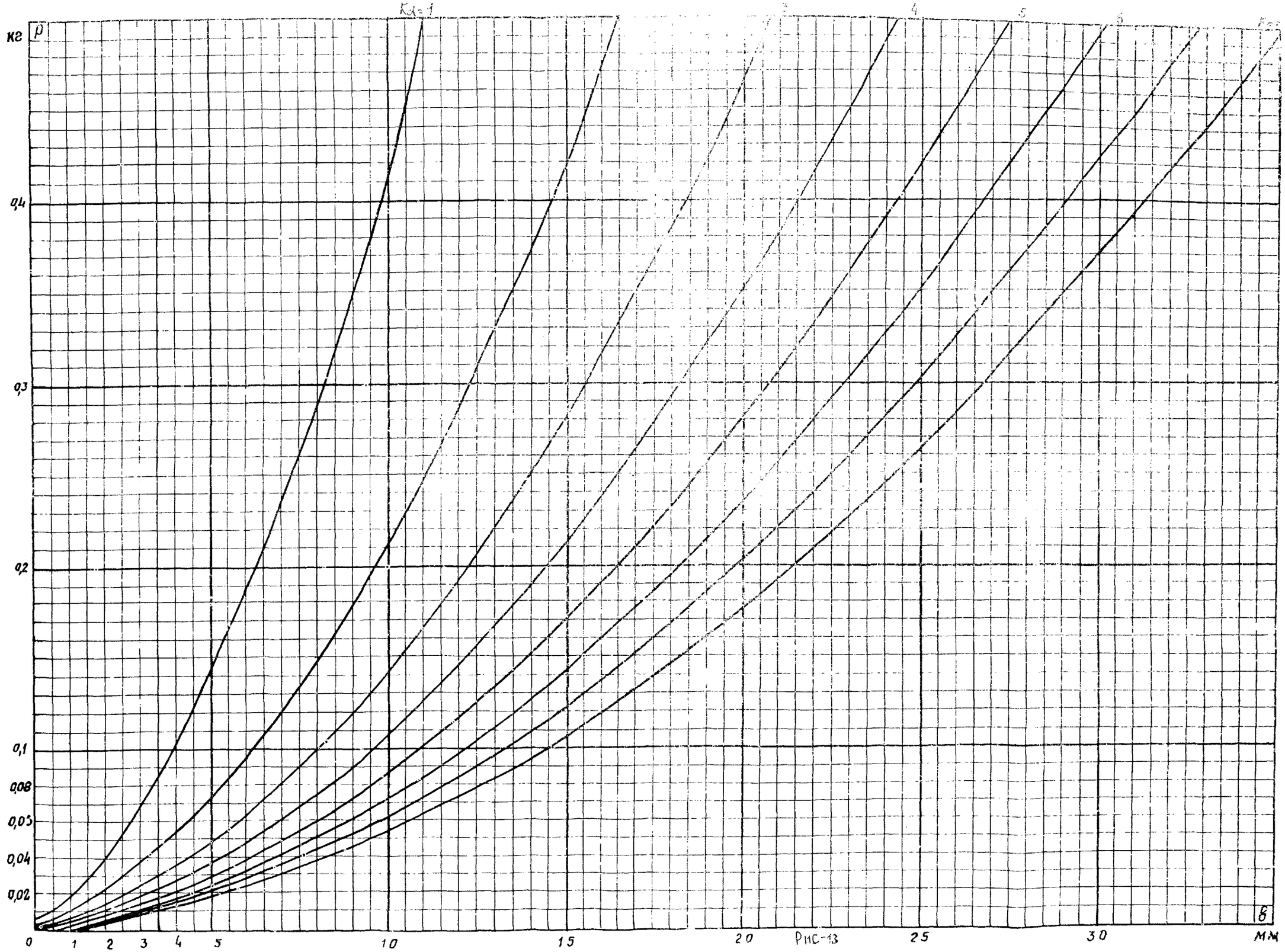


Рис-13

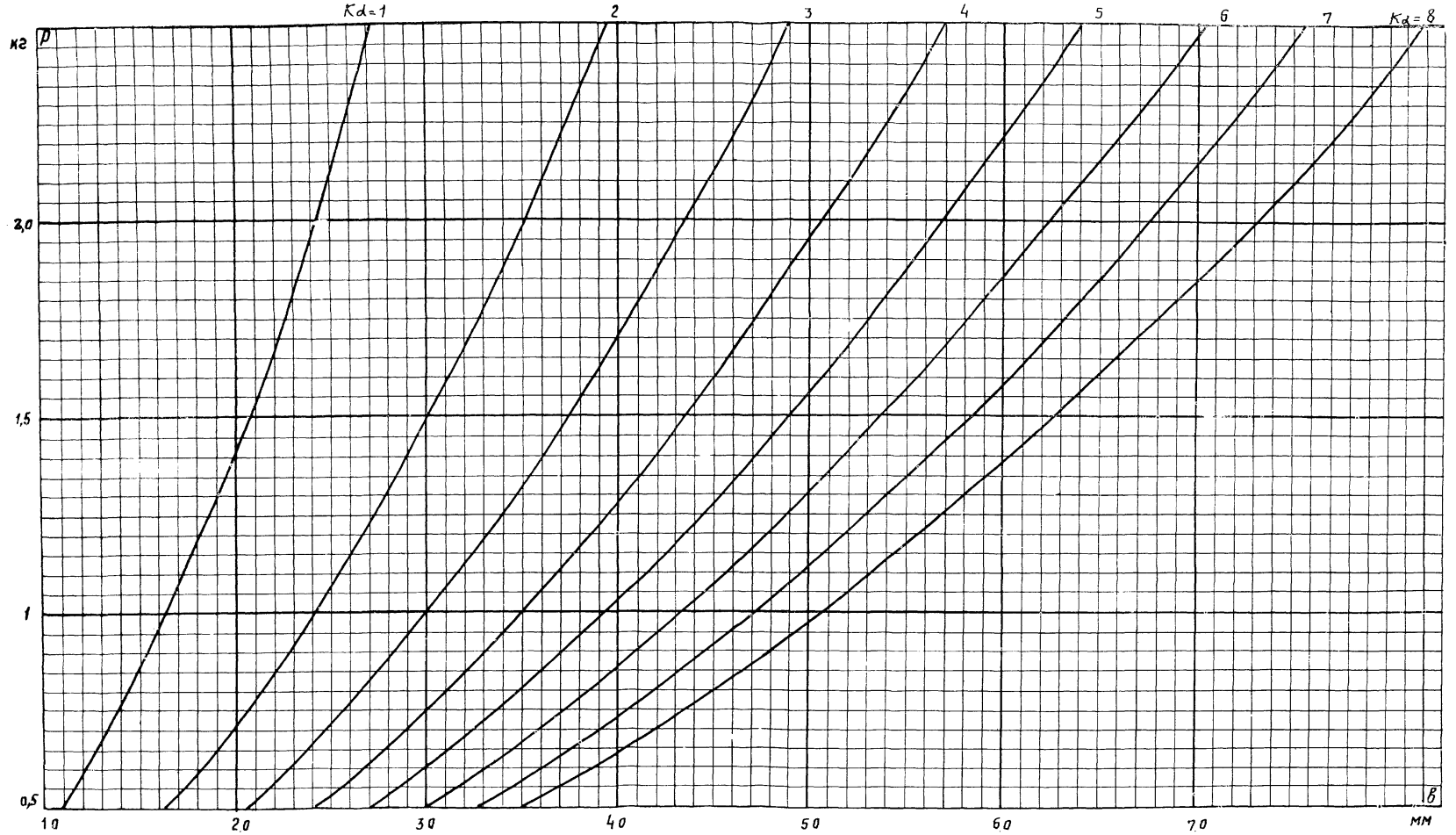
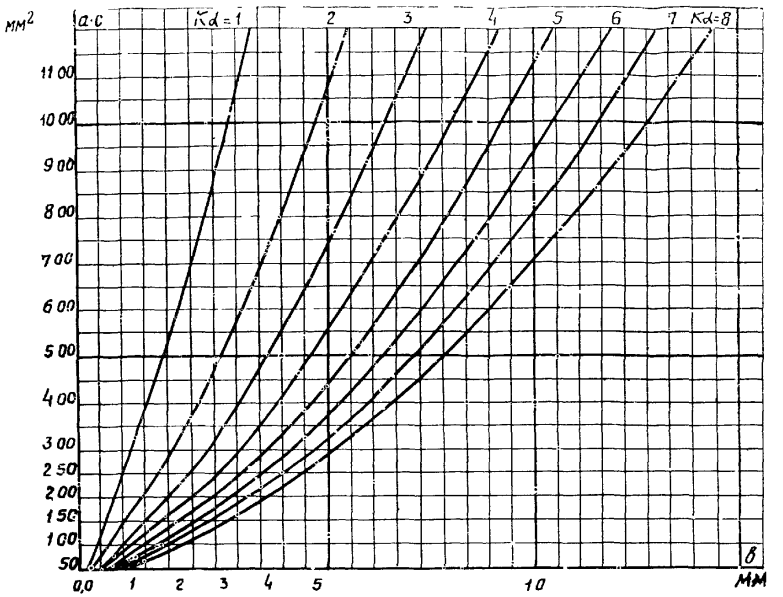


Рис.I4



$\gamma = 0{,}1\ г/см^3$

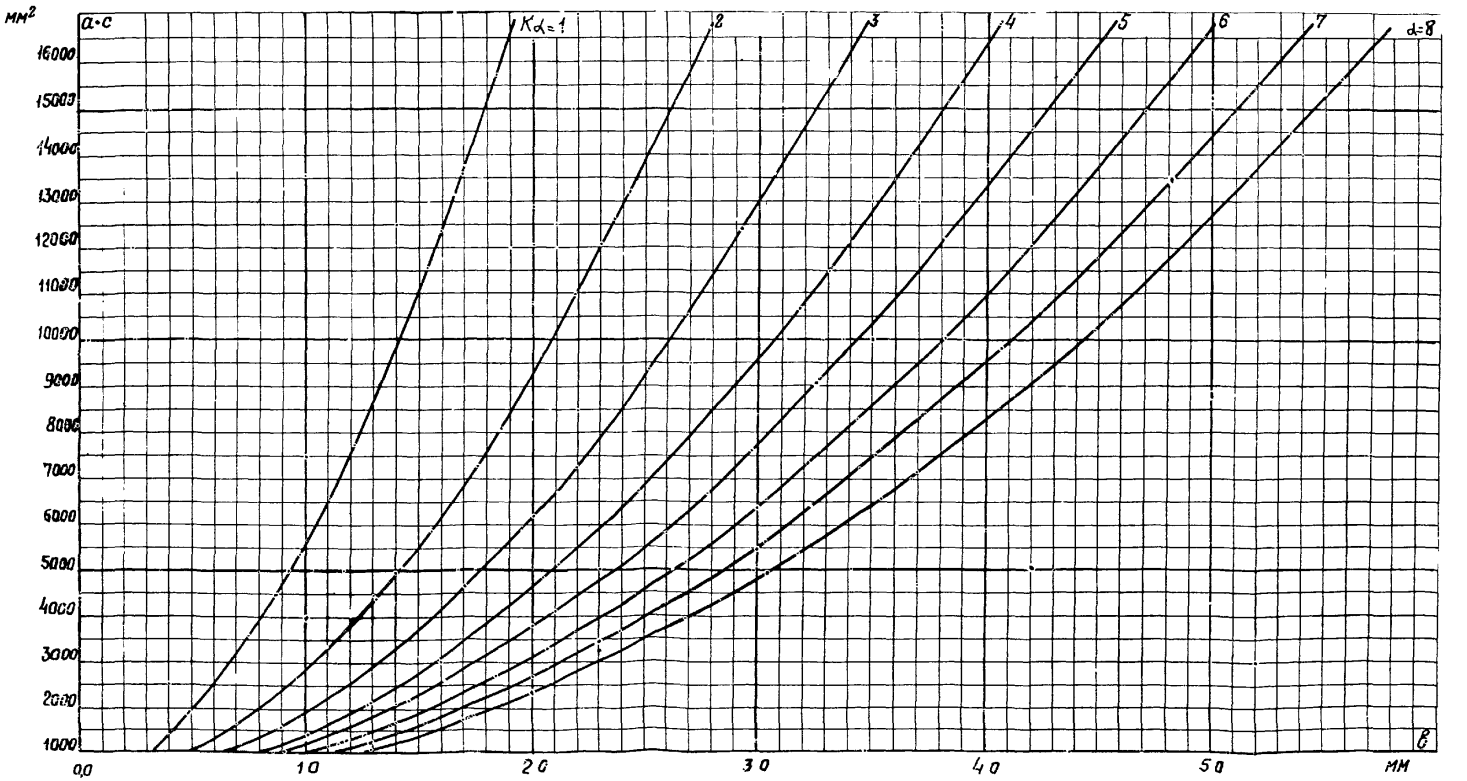
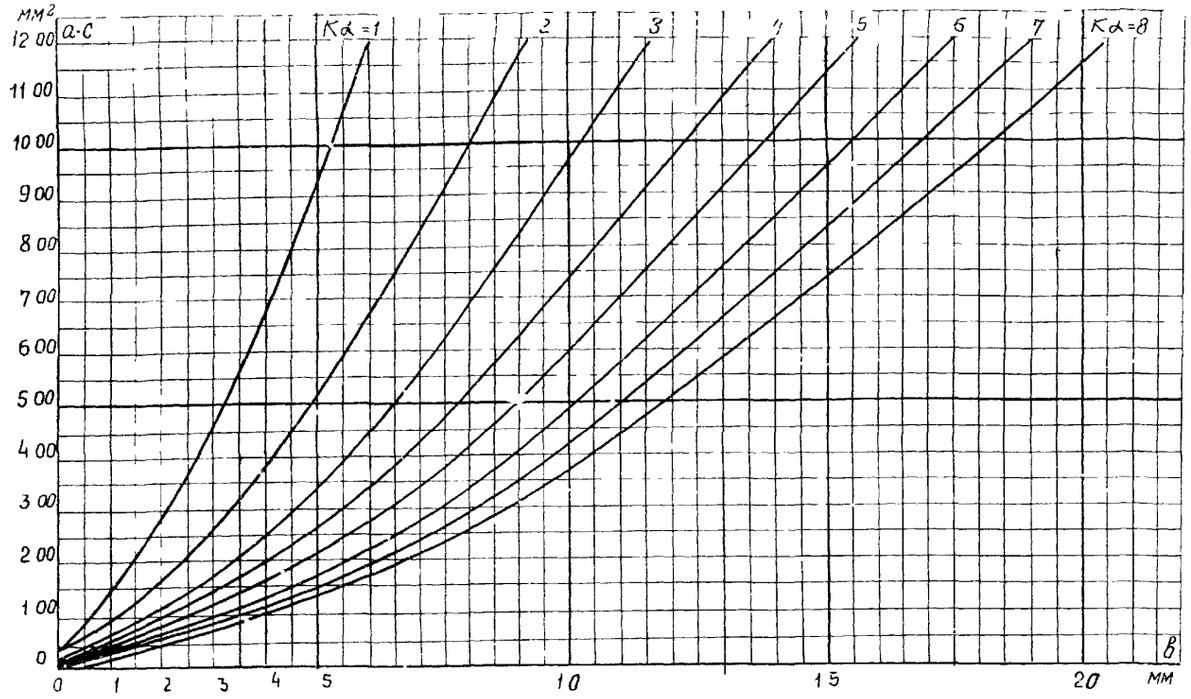
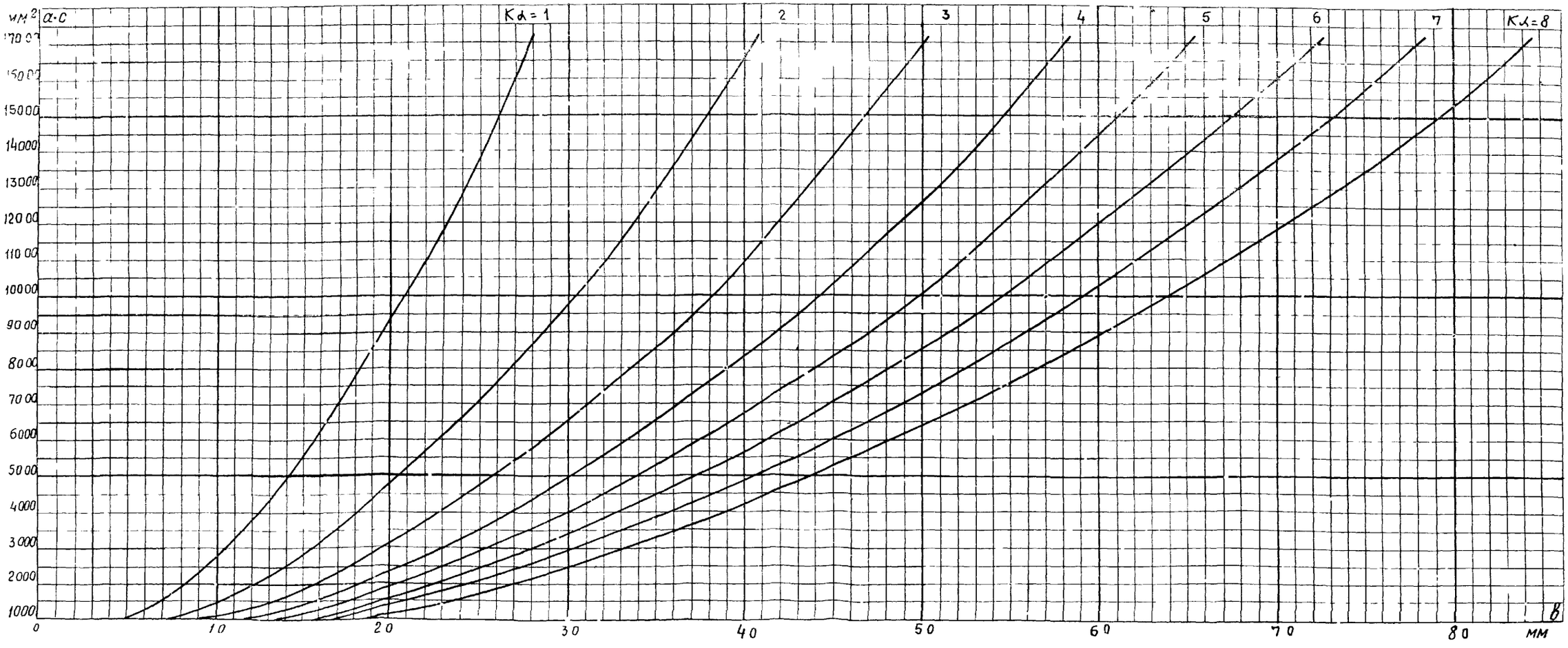
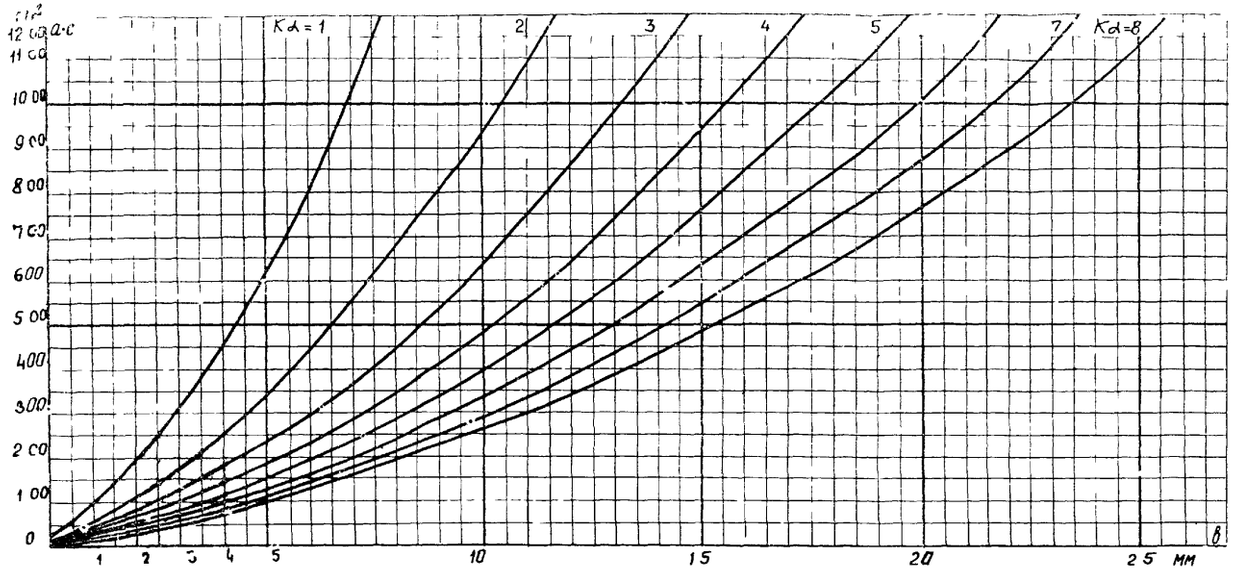


Рис 15



$\gamma = 0{,}2\ г/см^3$





$\gamma = 0{,}3\ г/см^3$

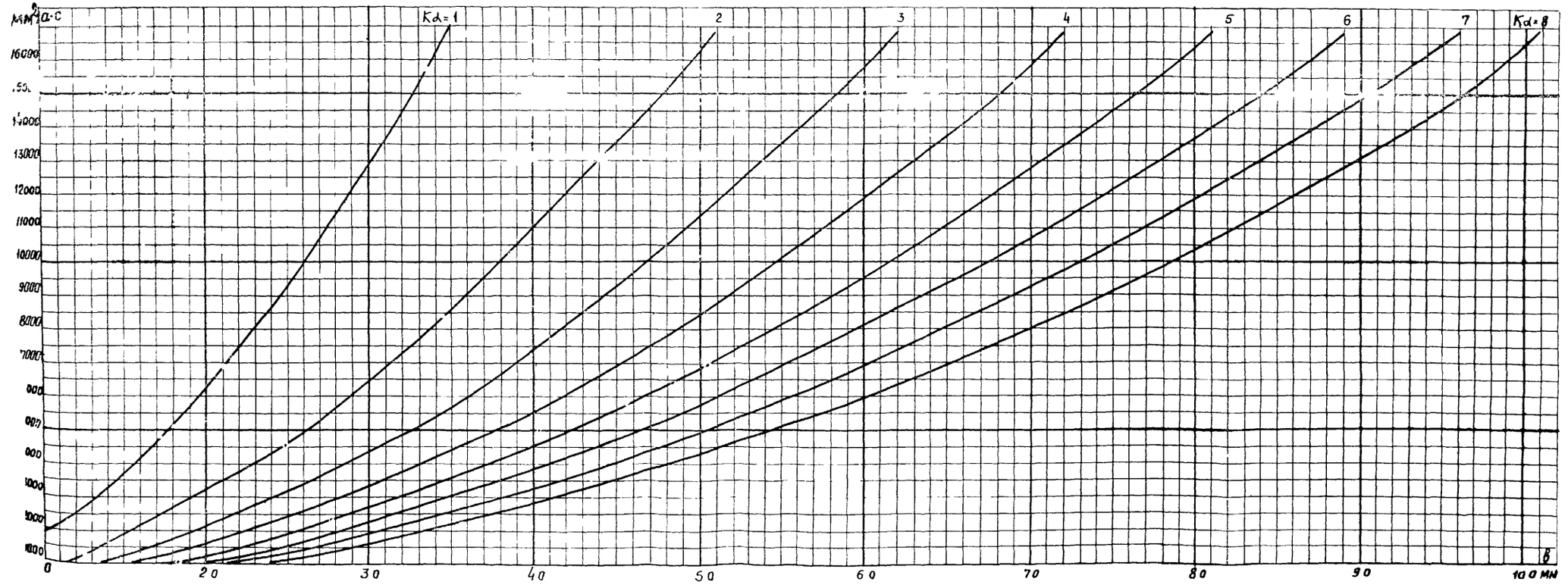
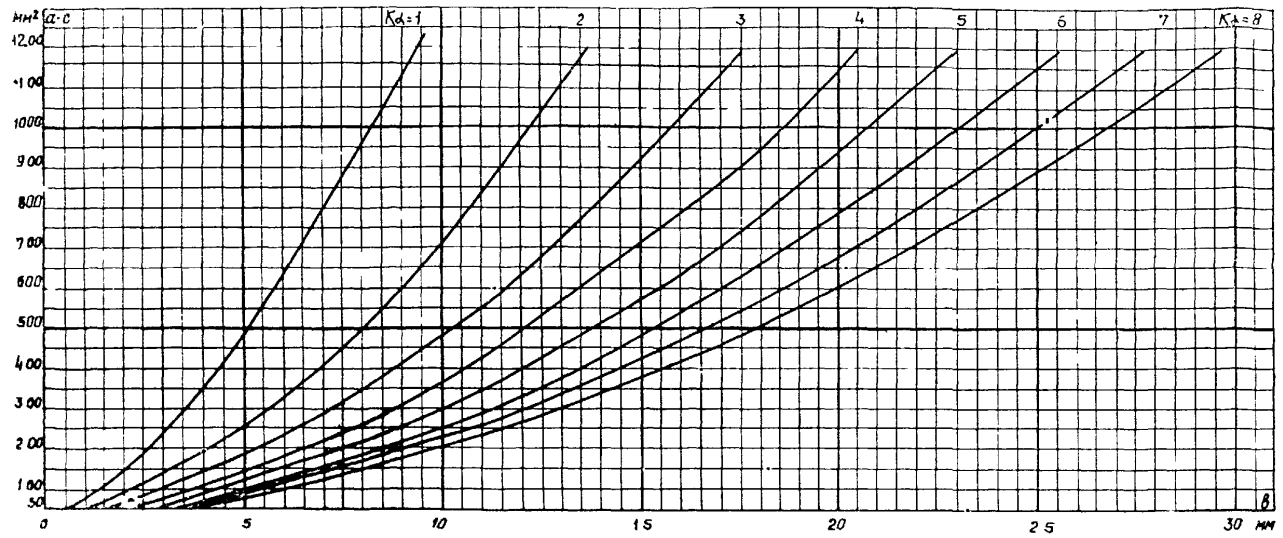


Рис. I7



$\gamma = 0{,}4$ г/см³

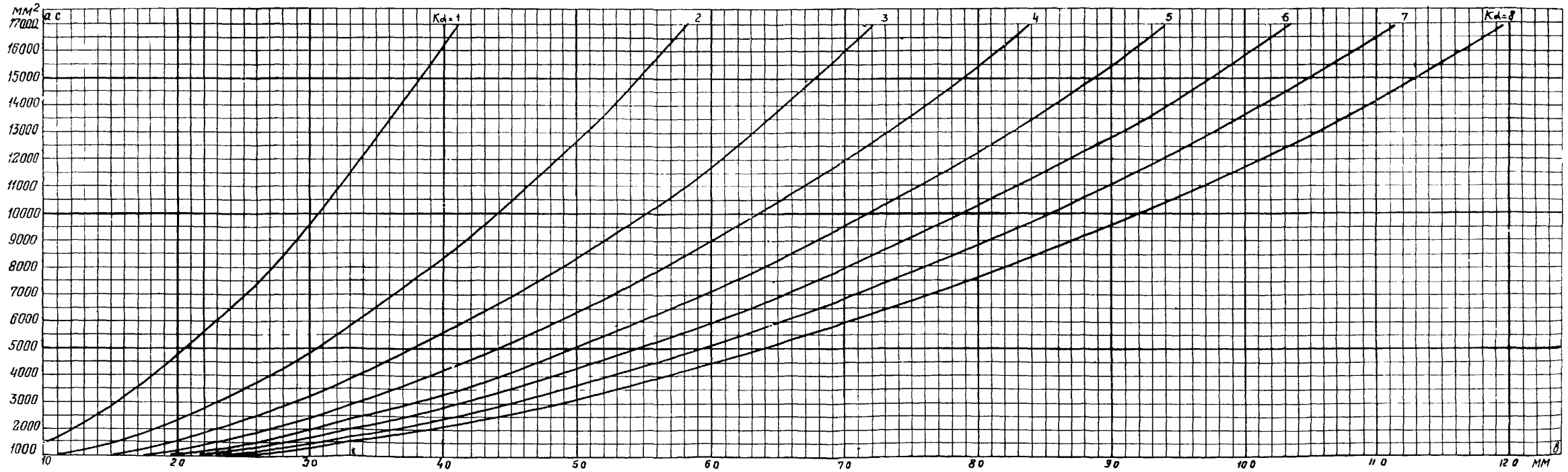


Рис.I8

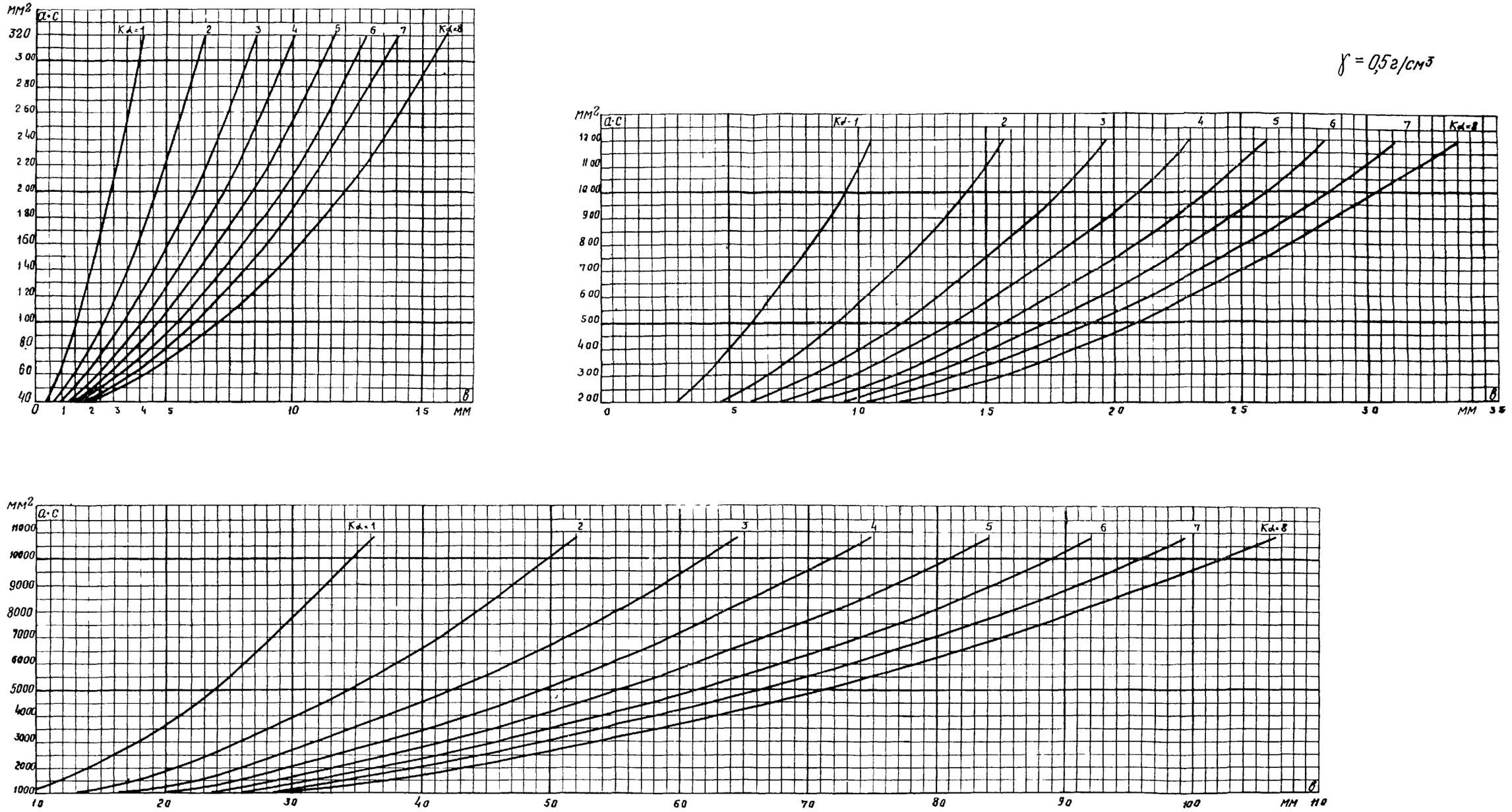
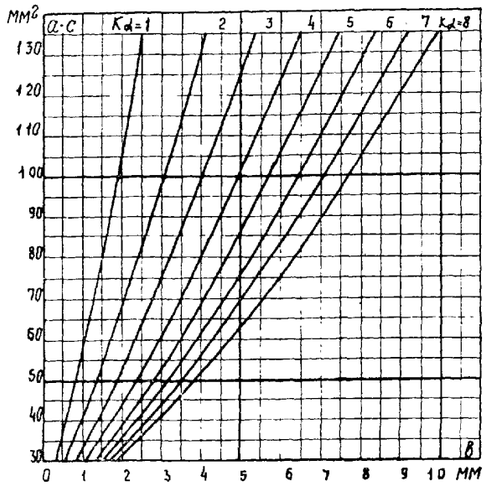
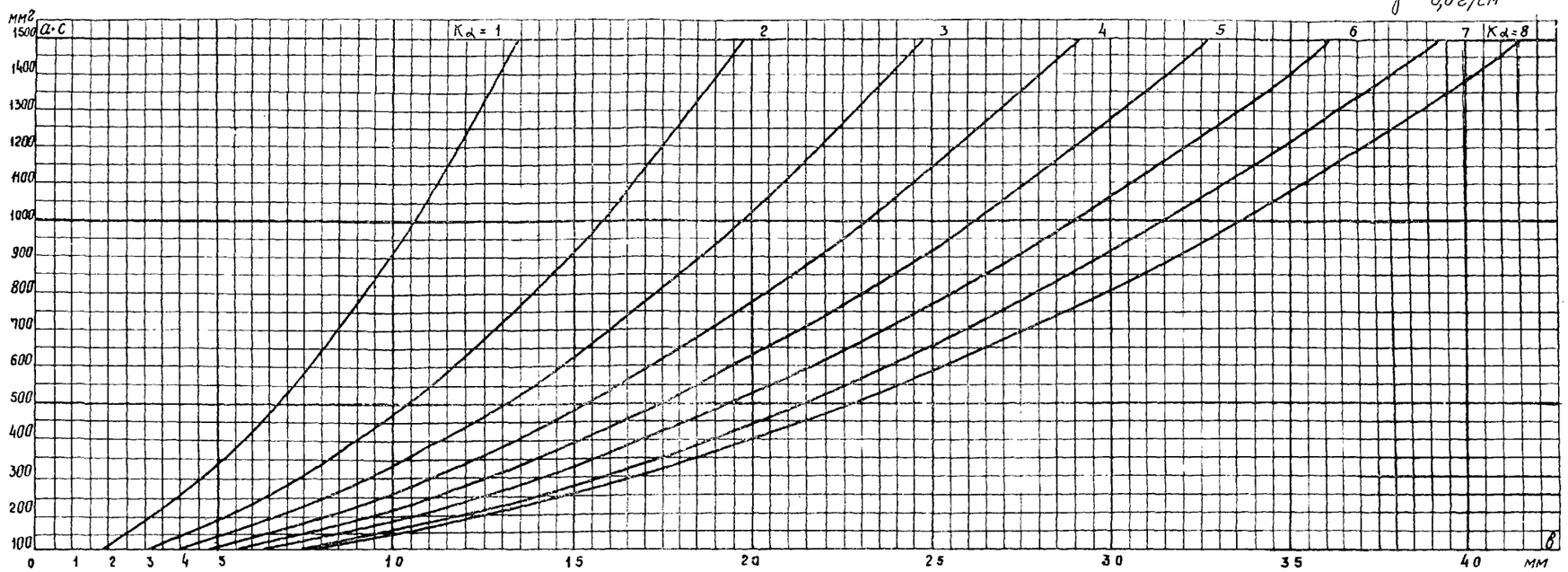


Рис.19


мм²
a·c
Kд = 1
2
3
4
5
6
7
Kд = 8
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 мм
в


γ = 0,6 г/см³
мм²
a·c
Kд = 1
2
3
4
5
6
7
Kд = 8
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0 1 2 3 4 5 10 15 20 25 30 35 40 мм
в

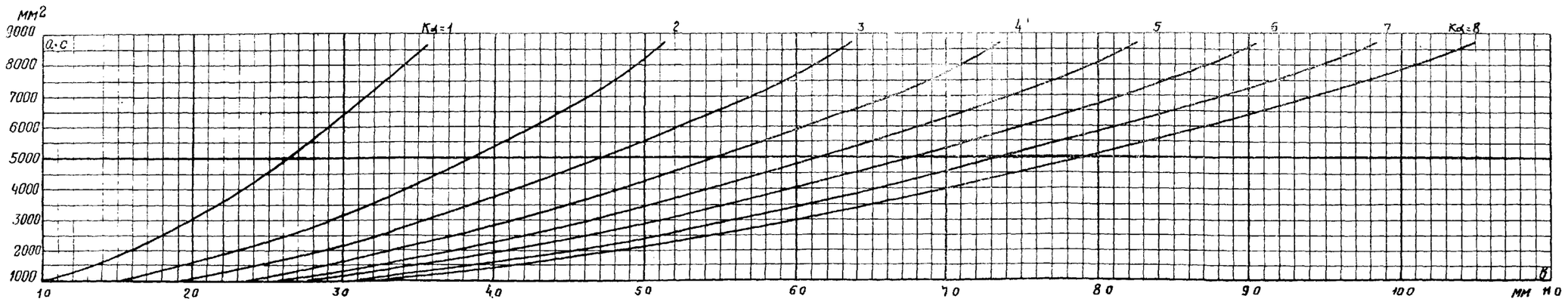
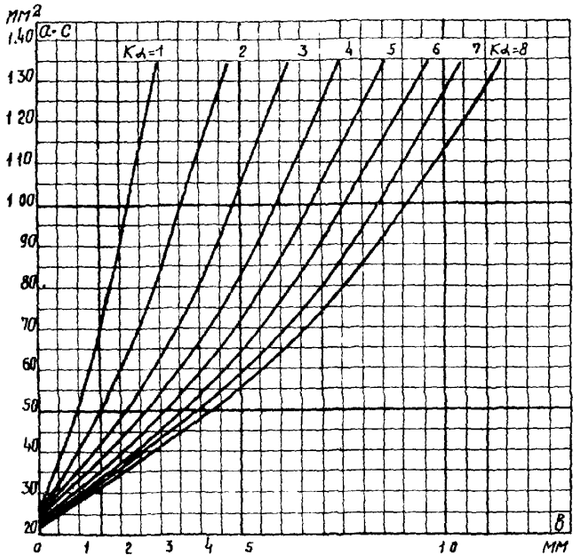
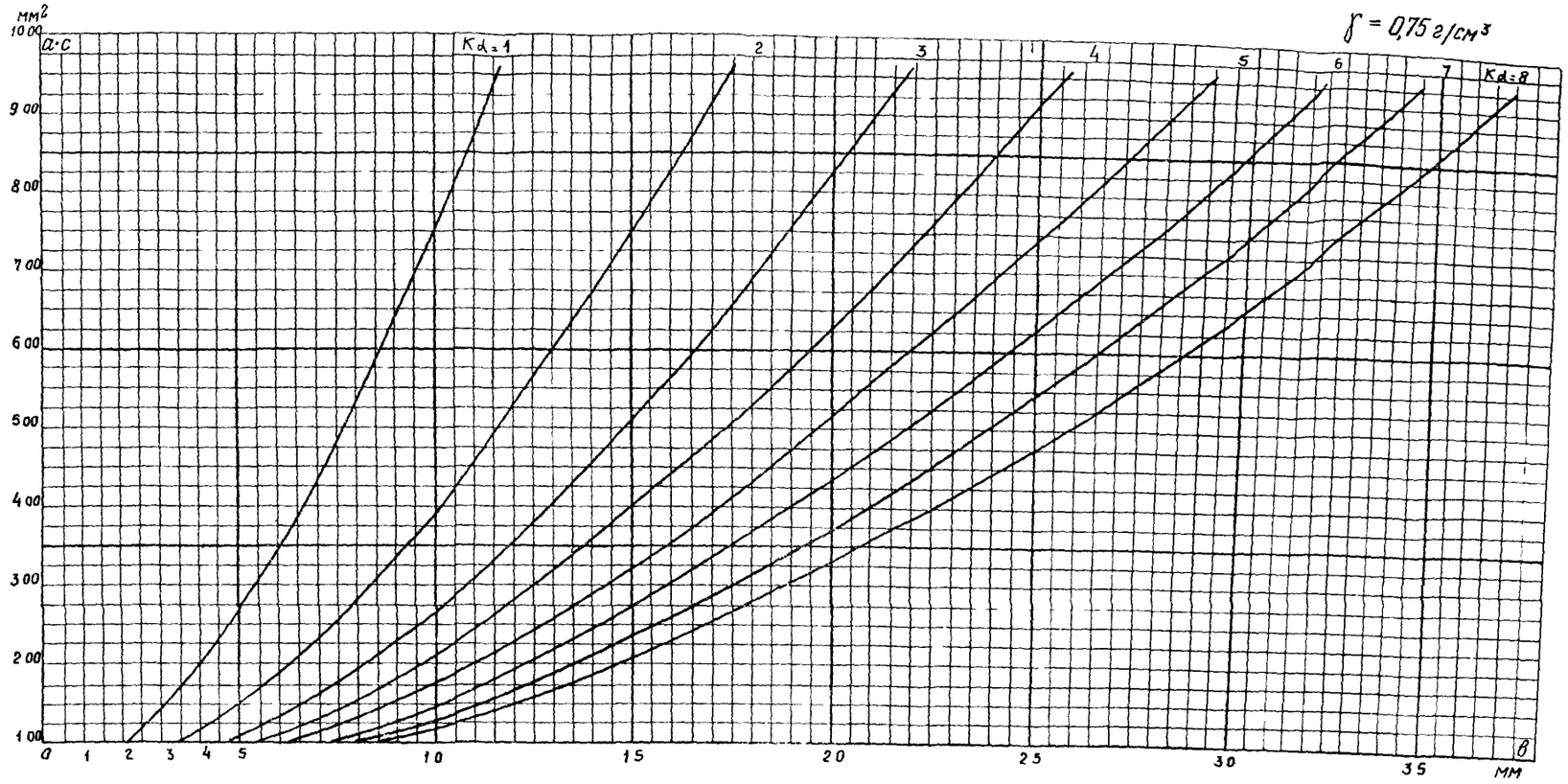

мм²
a·c
Kд = 1
2
3
4
5
6
7
Kд = 8
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 мм
в

Рис.20


мм²
а·с
Кд=1
2
3
4
5
6
7
Кд=8
1.40
1 30
1 20
1 10
1 00
90
80
70
60
50
40
30
20
0 1 2 3 4 5 10 мм
б


γ = 0,75 г/см³
мм²
а·с
Кд=1
2
3
4
5
6
7
Кд=8
10 00
9 00
8 00
7 00
6 00
5 00
4 00
3 00
2 00
1 00
0 1 2 3 4 5 10 15 20 25 30 35 мм
в

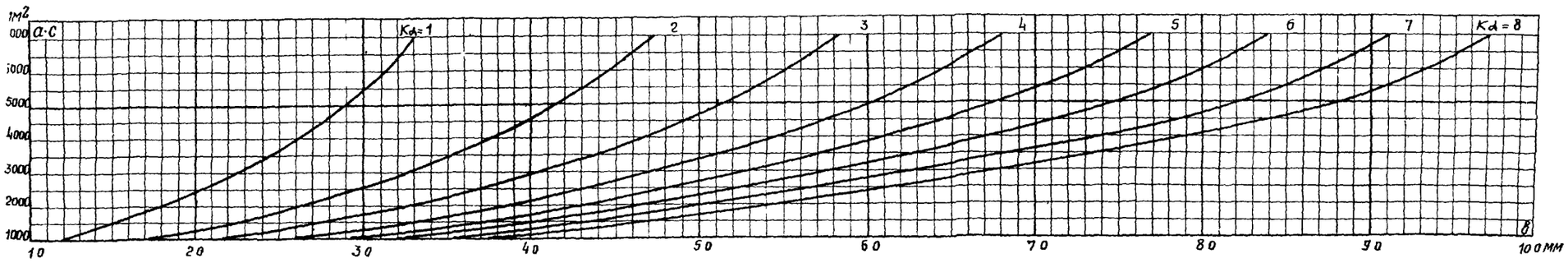
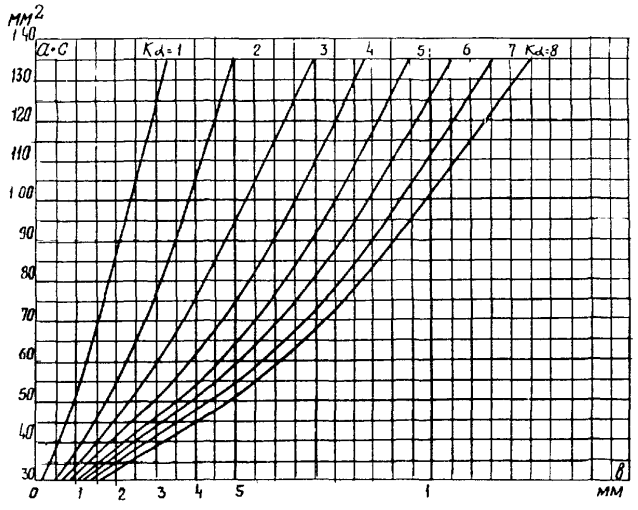
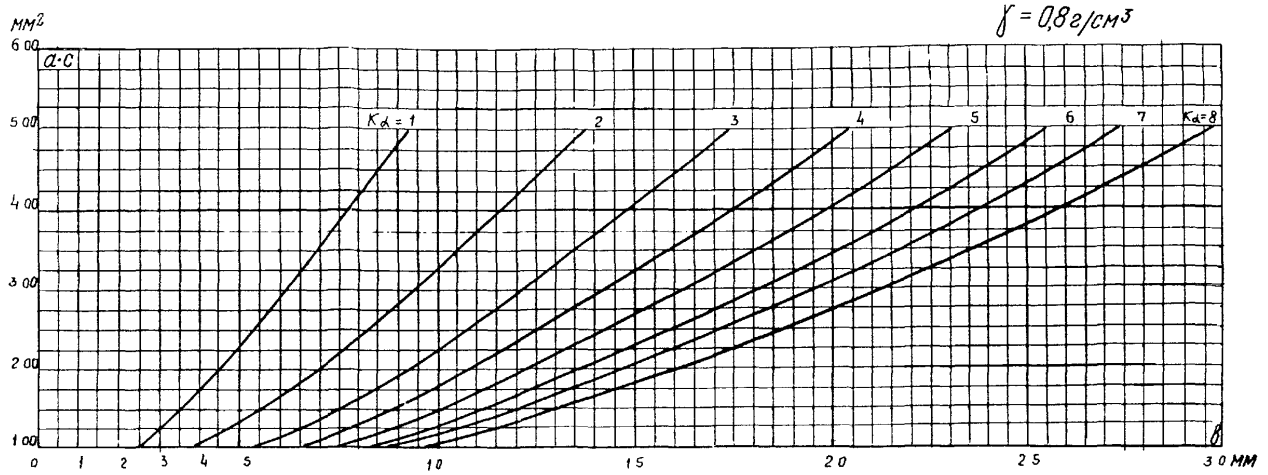

мм²
а·с
Кд=1
2
3
4
5
6
7
Кд=8
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 мм
б

Рис.2I


мм2
а·с
Kд=1
2
3
4
5
6
7
Kд=8
в
мм


γ = 0,8 г/см3
мм2
а·с
Kд = 1
2
3
4
5
6
7
Kд=8
в
мм

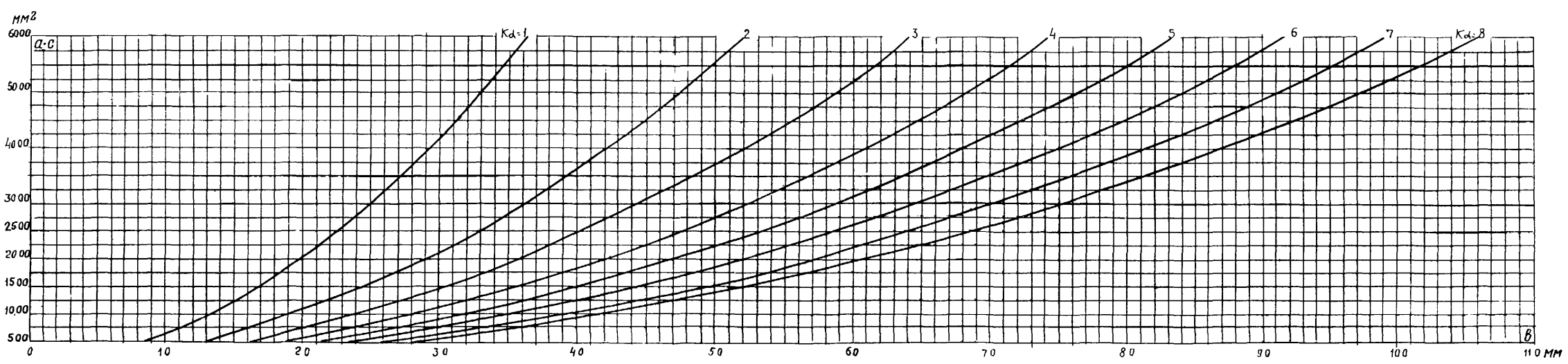
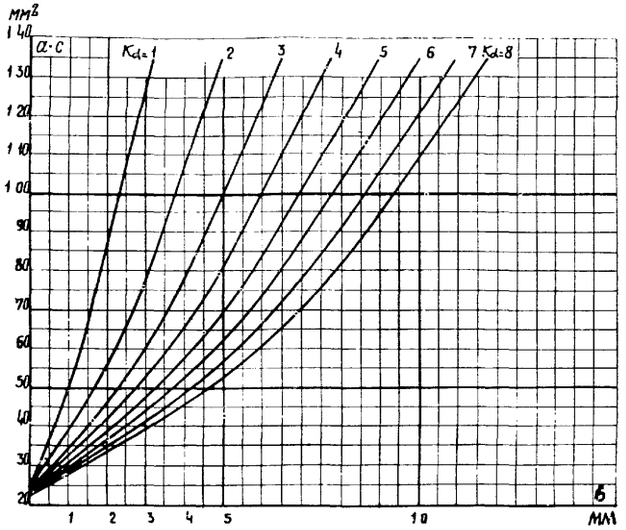
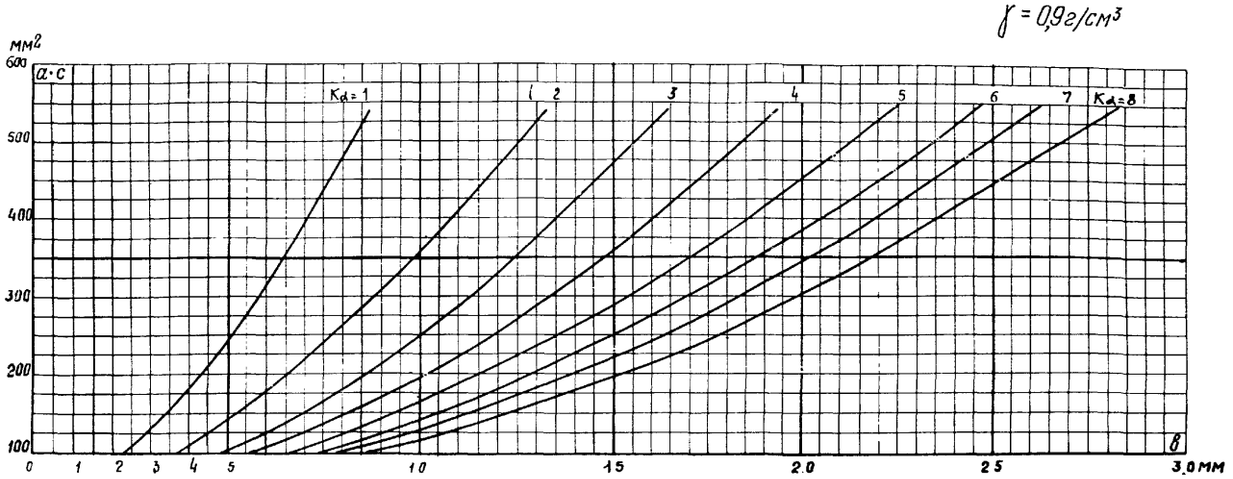

мм2
а·с
Kд=1
2
3
4
5
6
7
Kд=8
в
мм

Рис.22


мм²
а·с
Kd=1
2
3
4
5
6
7
Kd=8
б
мм


γ = 0,9г/см³
мм²
а·с
Kd=1
2
3
4
5
6
7
Kd=8
в
мм

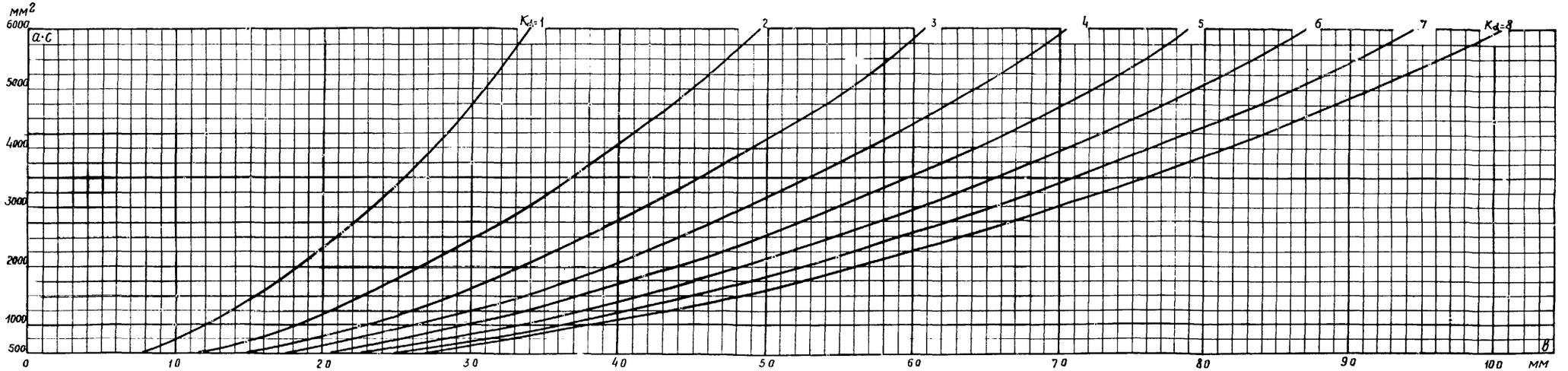
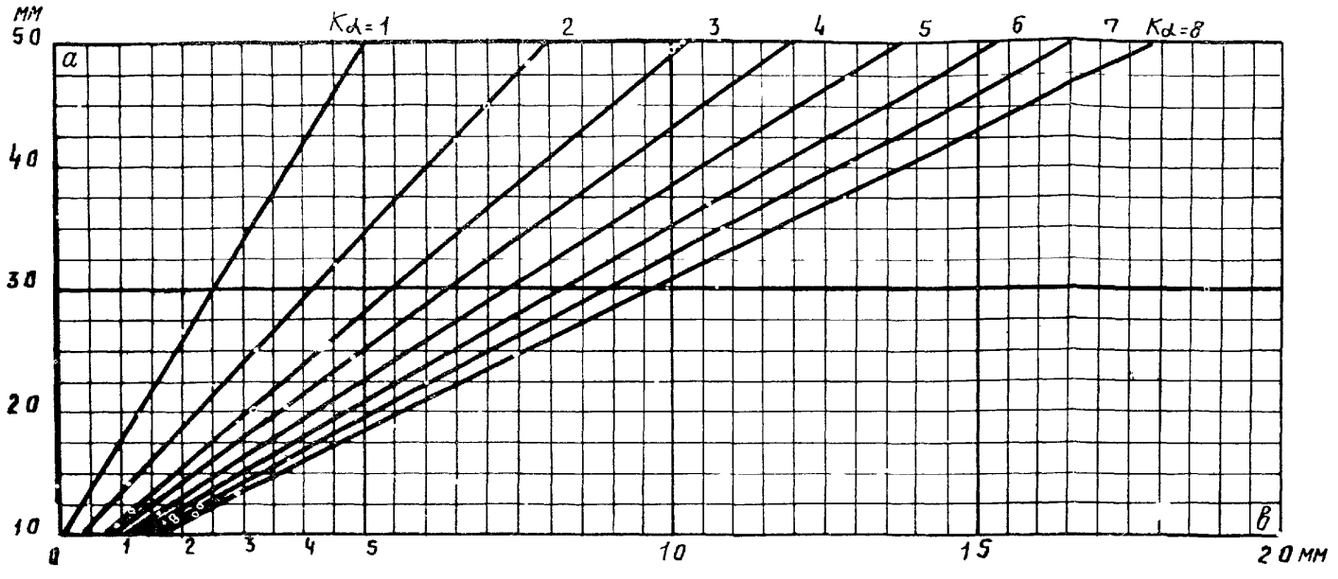

мм²
а·с
Kd=1
2
3
4
5
6
7
Kd=8
в
мм

Рис.23



$\gamma = 0{,}1\ г/см^3$

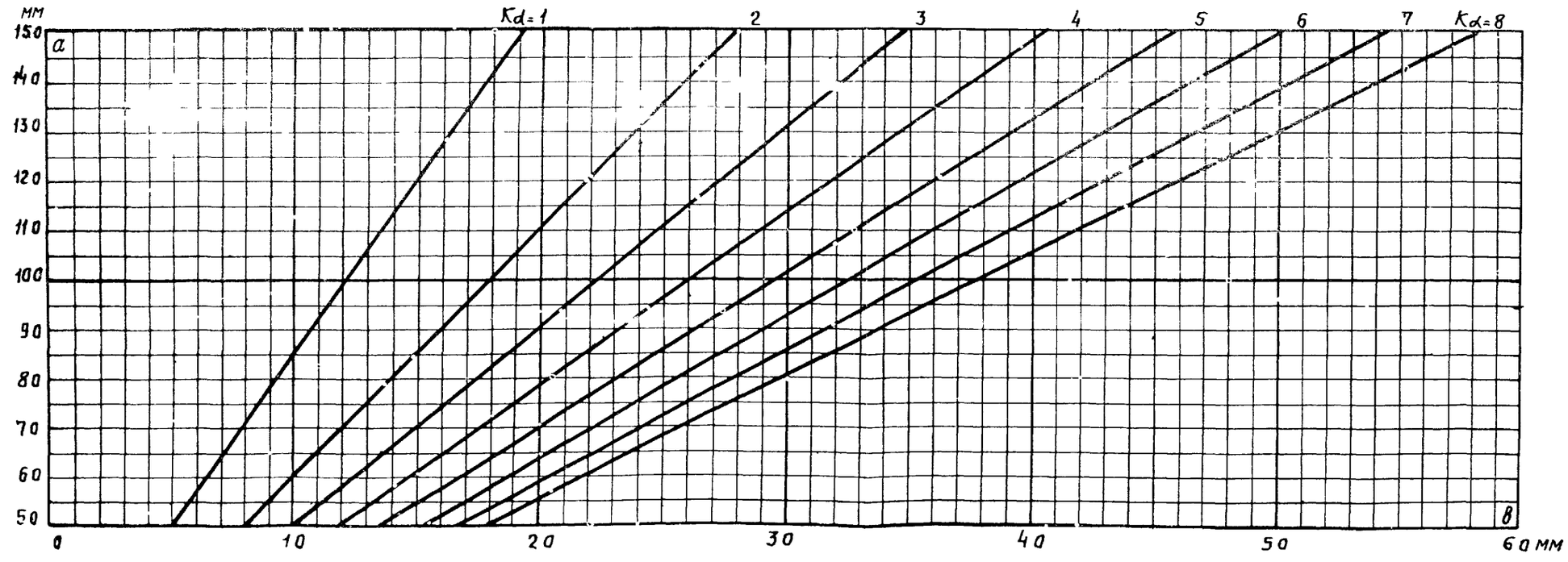
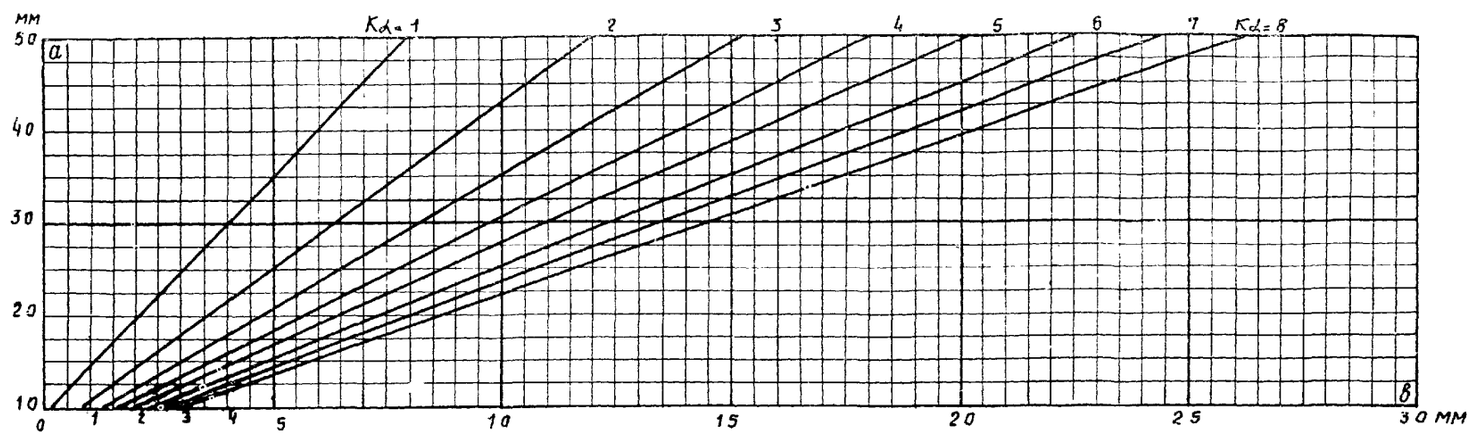
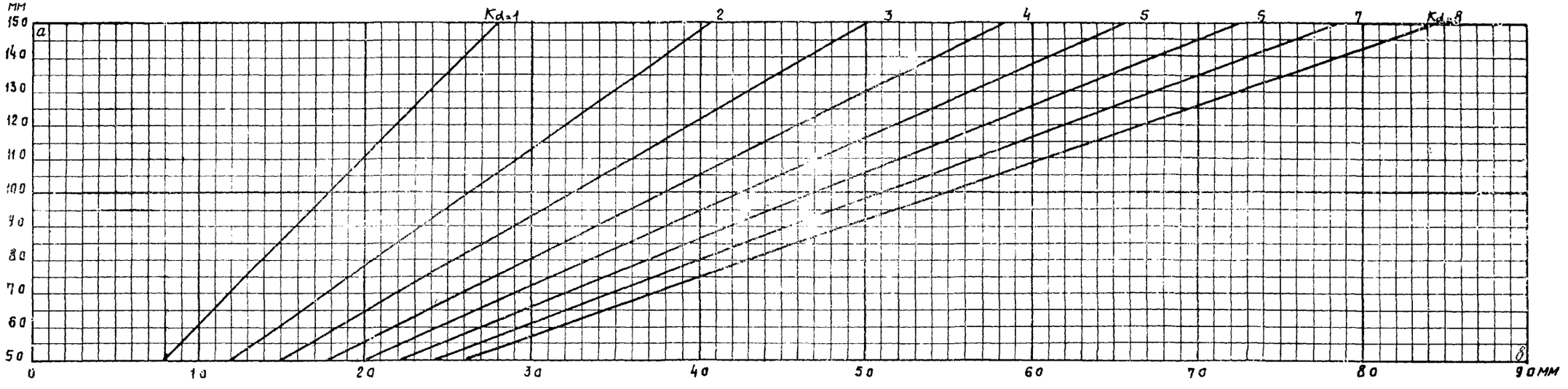


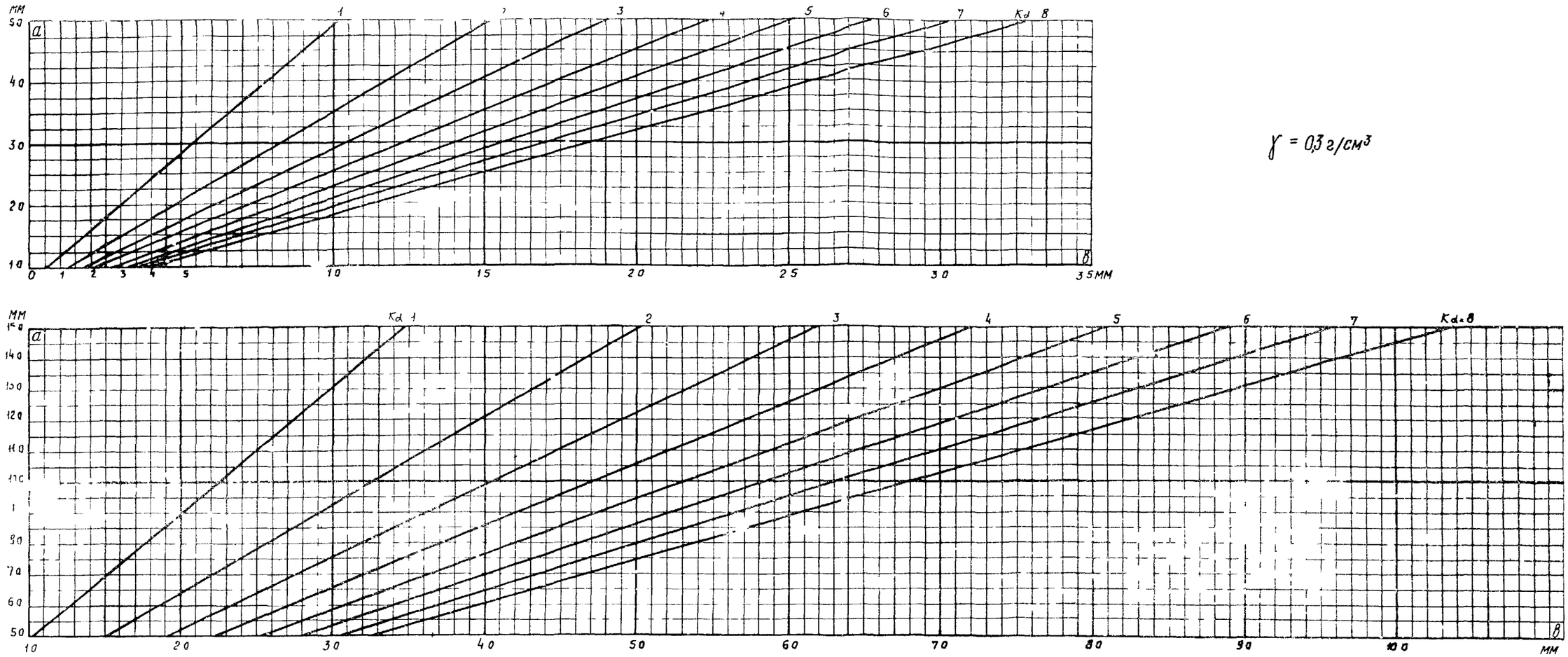
Рис.24





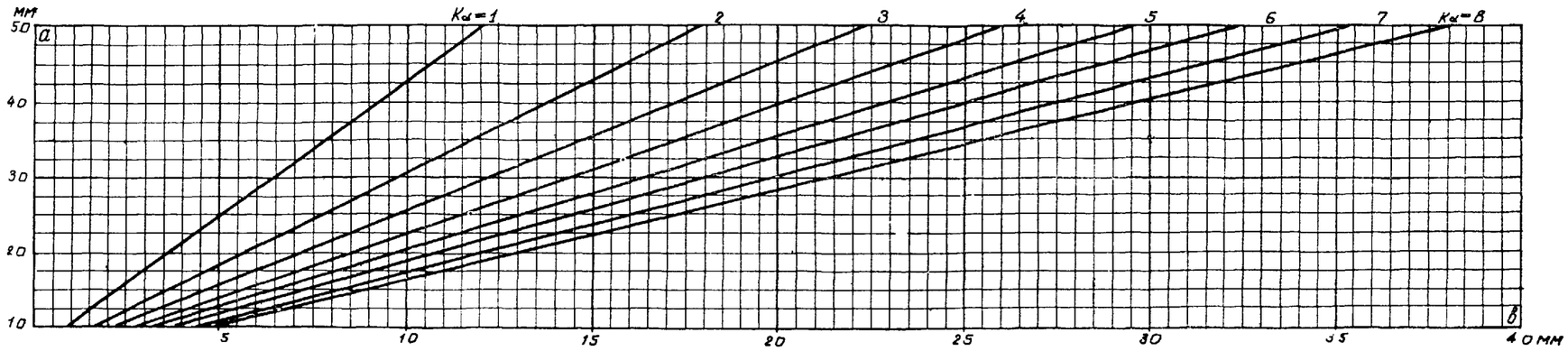
$\gamma = 0{,}2$ г/см^3

Рис.25



$\gamma = 0{,}3\ г/см^3$

Рис.26



$\gamma = 0{,}4$ г/см^3

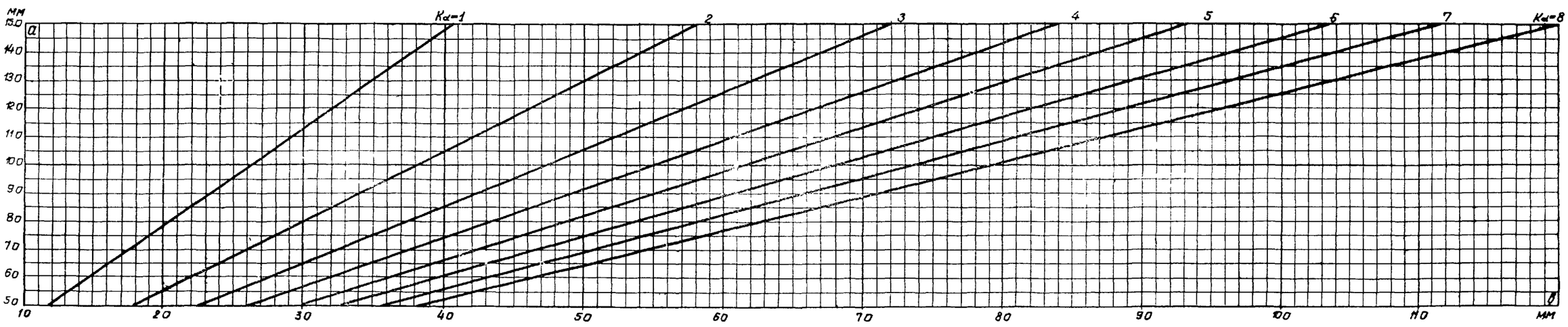
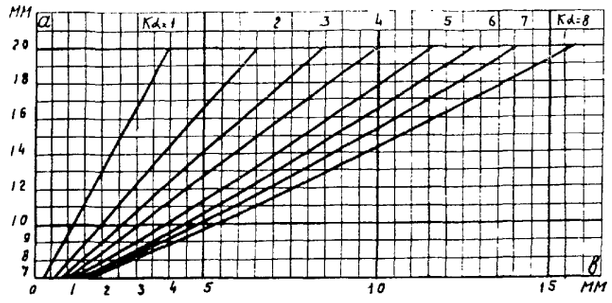
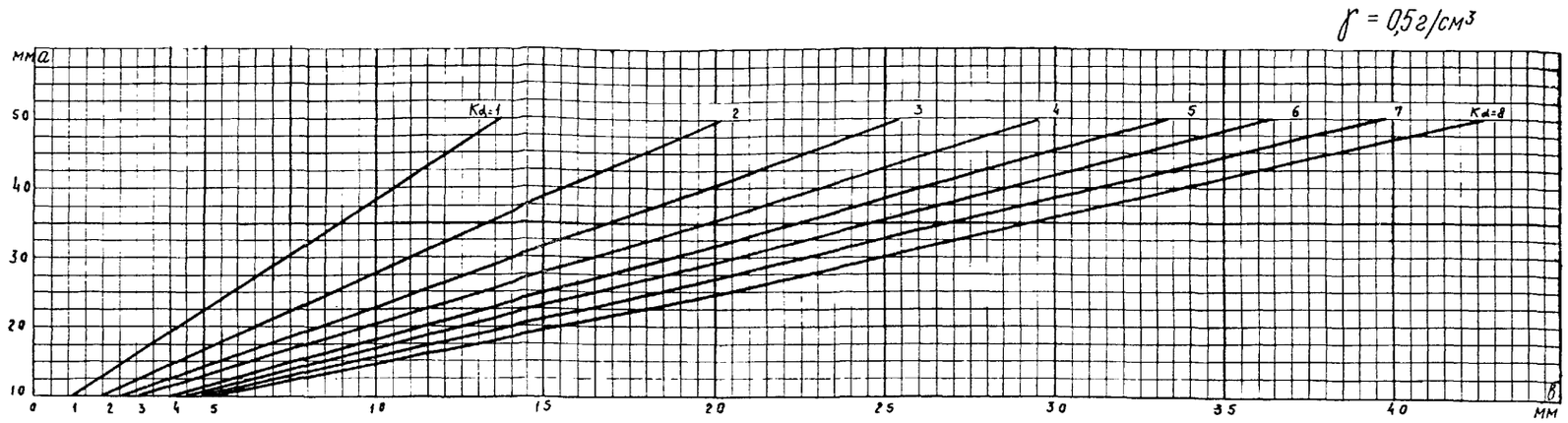


Рис.27


мм
а
Kd=1
2
3
4
5
6
7
Kd=8
20
18
16
14
12
10
9
8
7
0
1
2
3
4
5
10
15
мм
в


γ = 0,5 г/см³
мм
а
Kd=1
2
3
4
5
6
7
Kd=8
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
10
15
20
25
30
35
40
мм
в

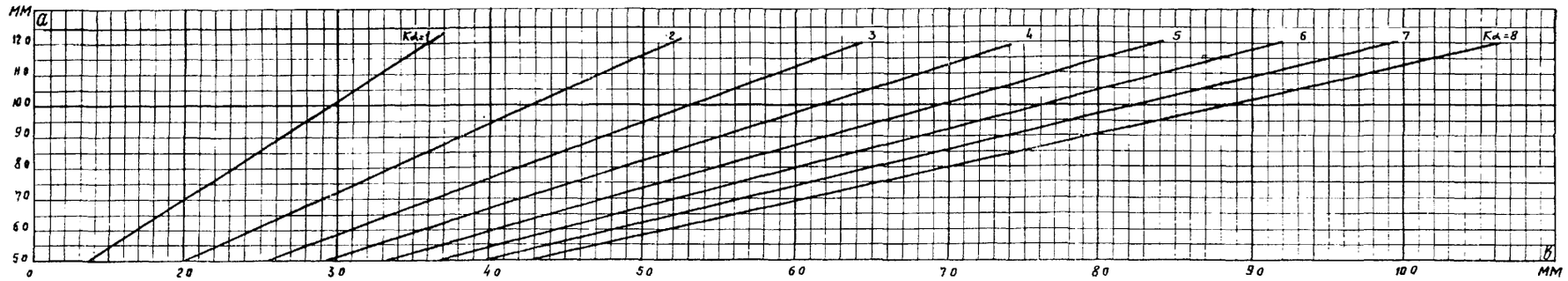
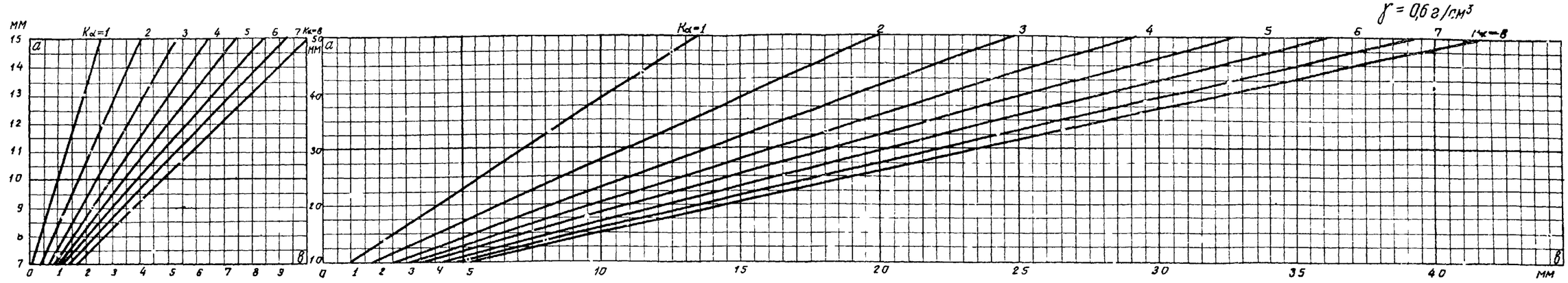

мм
а
Kd=1
2
3
4
5
6
7
Kd=8
120
110
100
90
80
70
60
50
0
20
30
40
50
60
70
80
90
100
мм
в

Рис.28



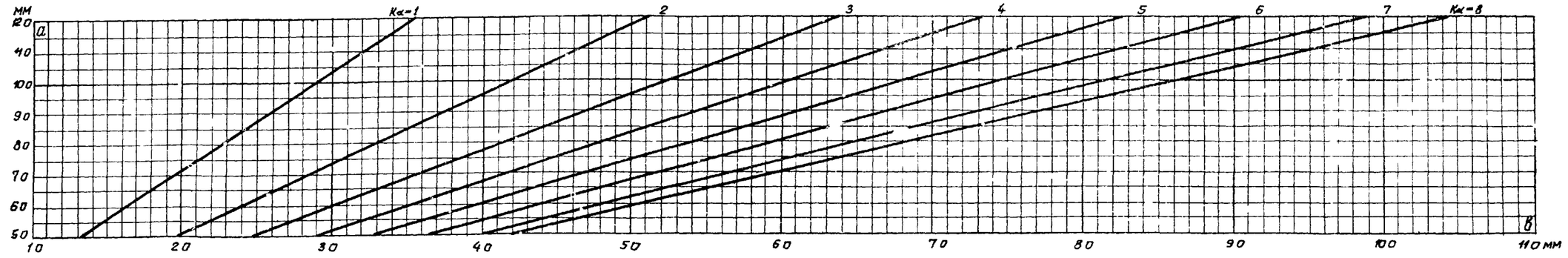
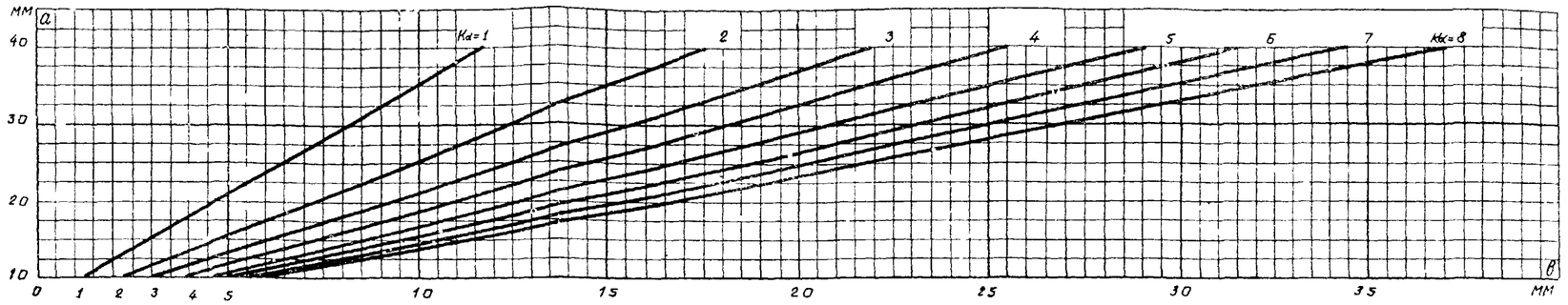


Рис.29

$\gamma_0 = 0{,}75 г/см^3$



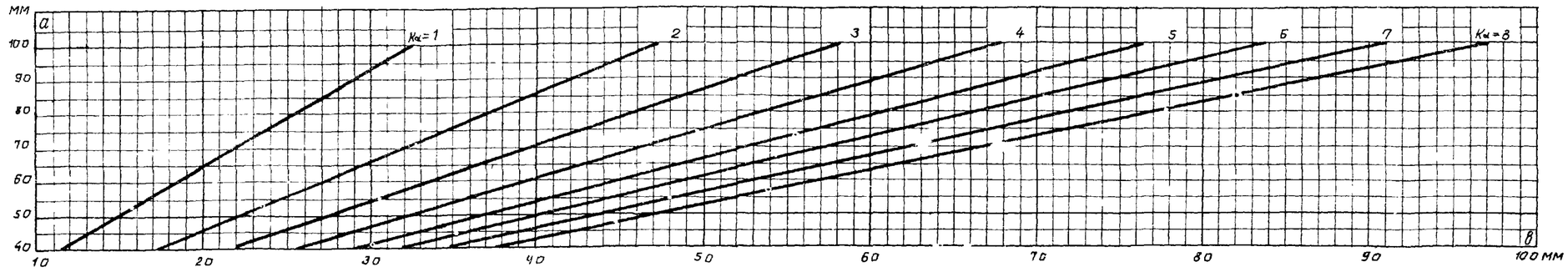
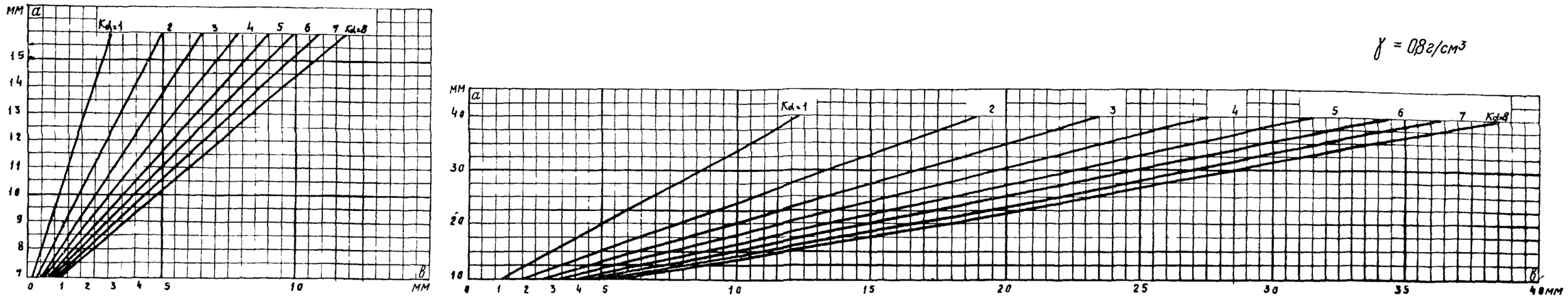


Рис.30



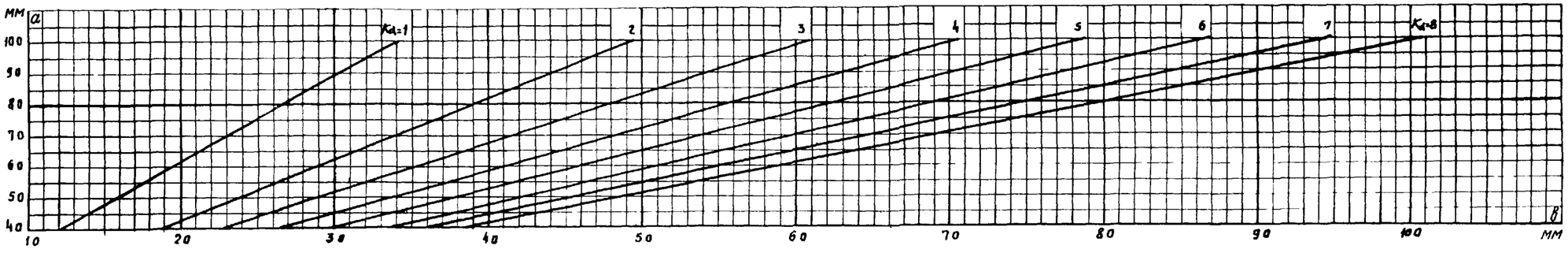


Рис.3I

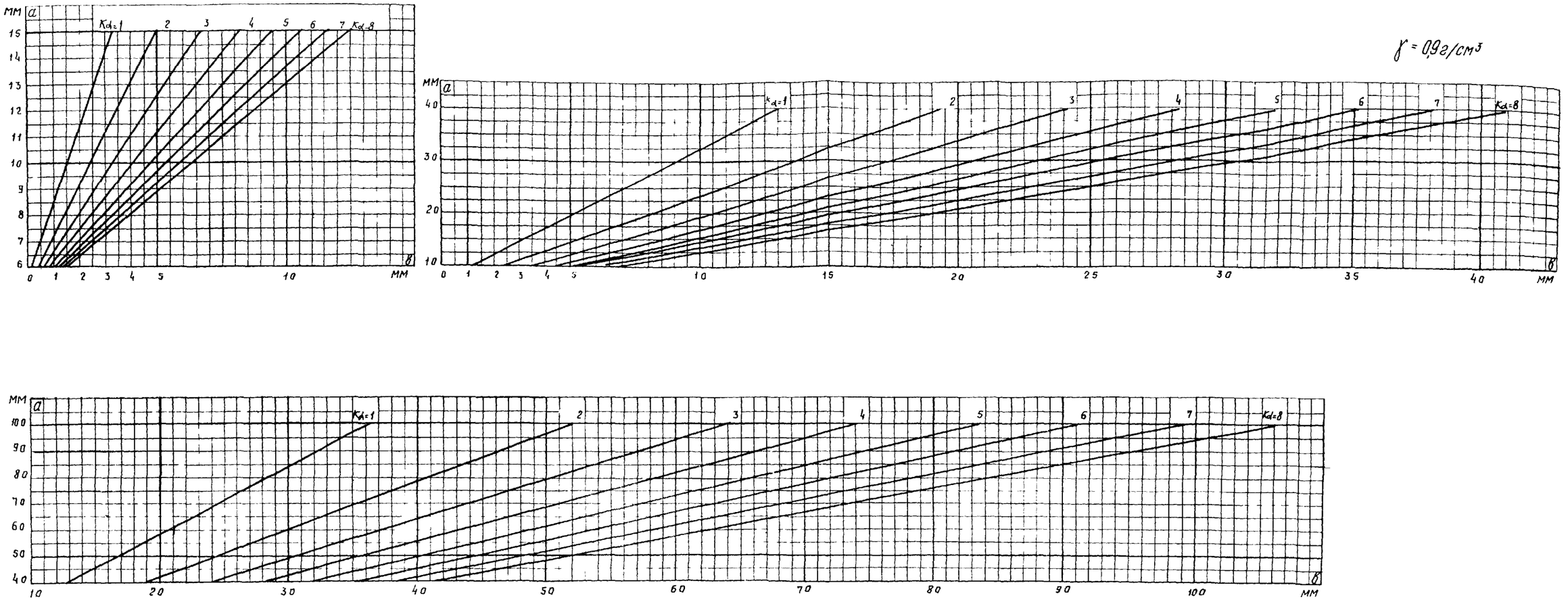


Рис.32

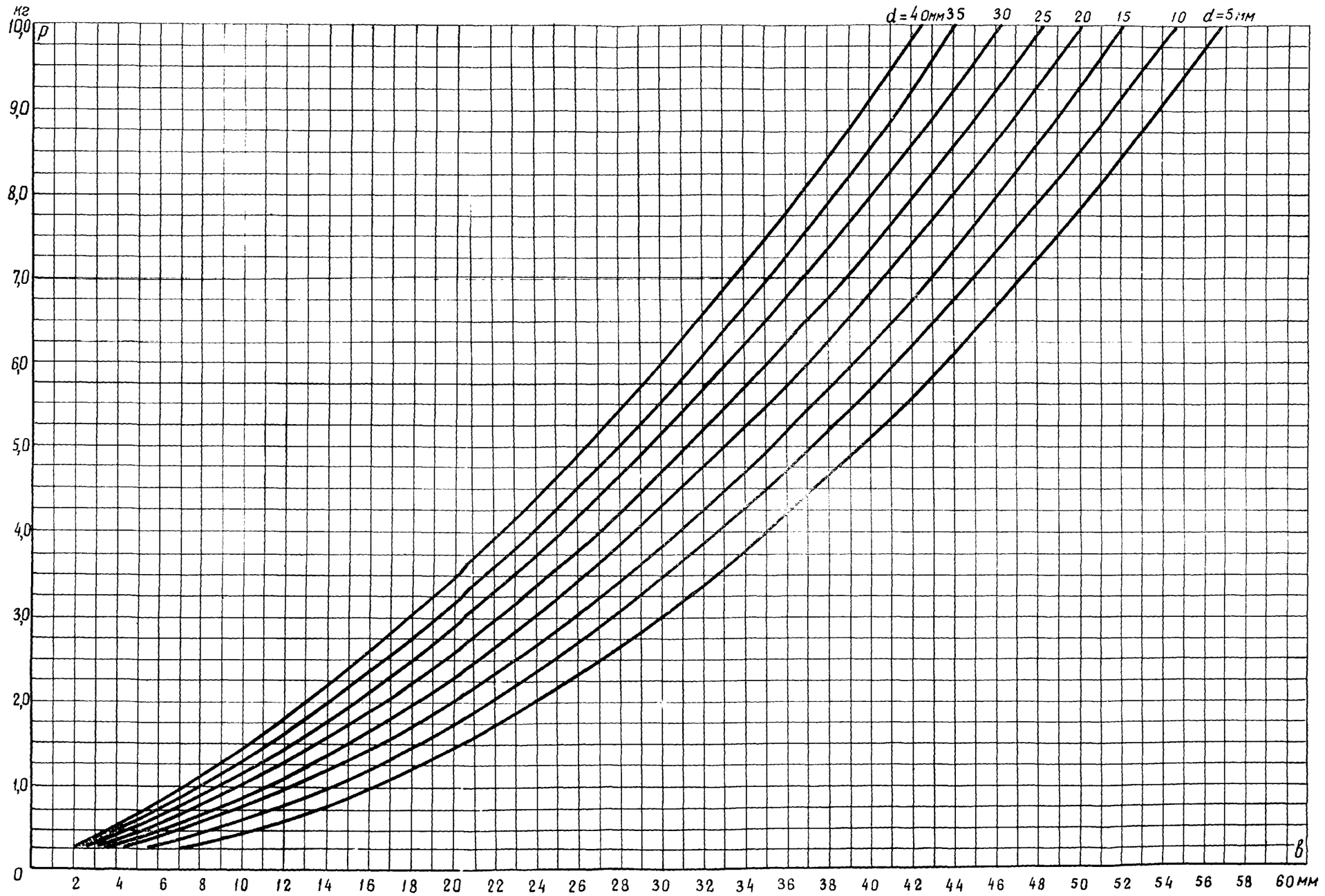
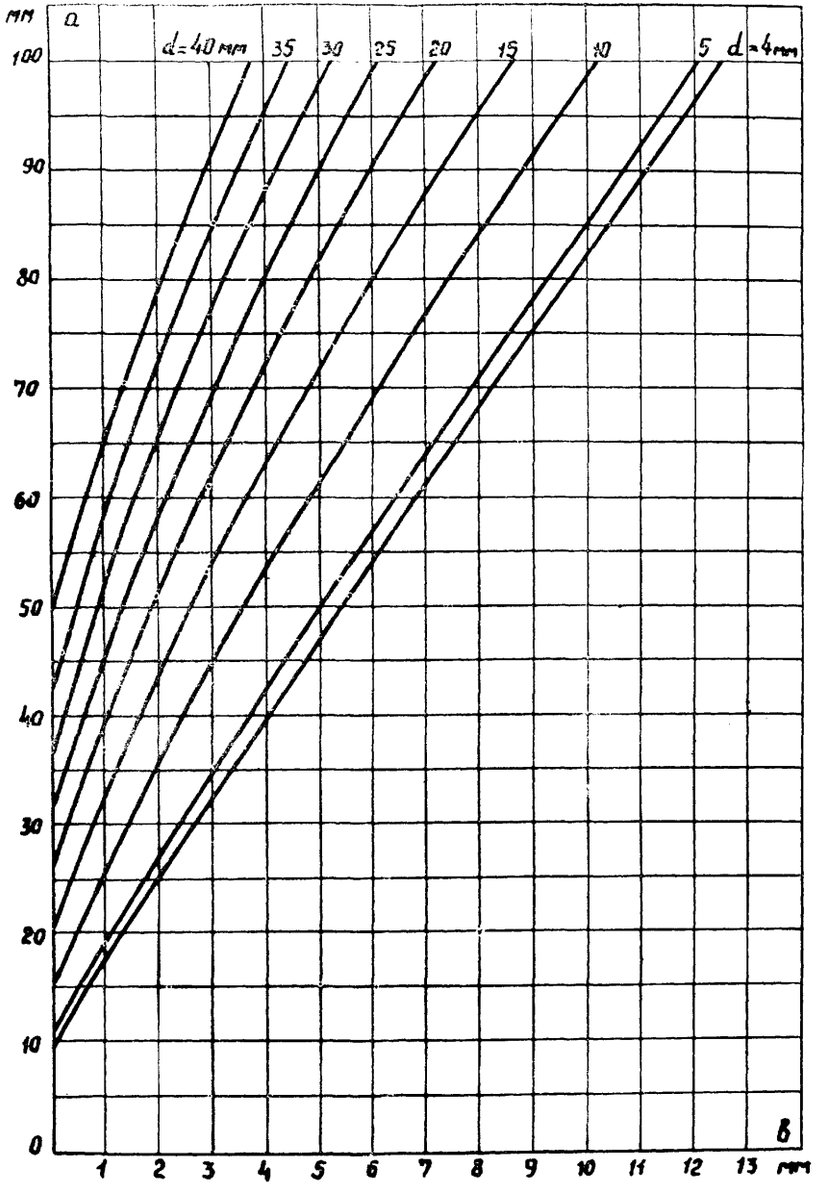

кг
10,0
9,0
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0
P
d=40мм
35
30
25
20
15
10
d=5мм
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60мм
в

Рис.33



$\gamma = 0{,}1$ г/см^3

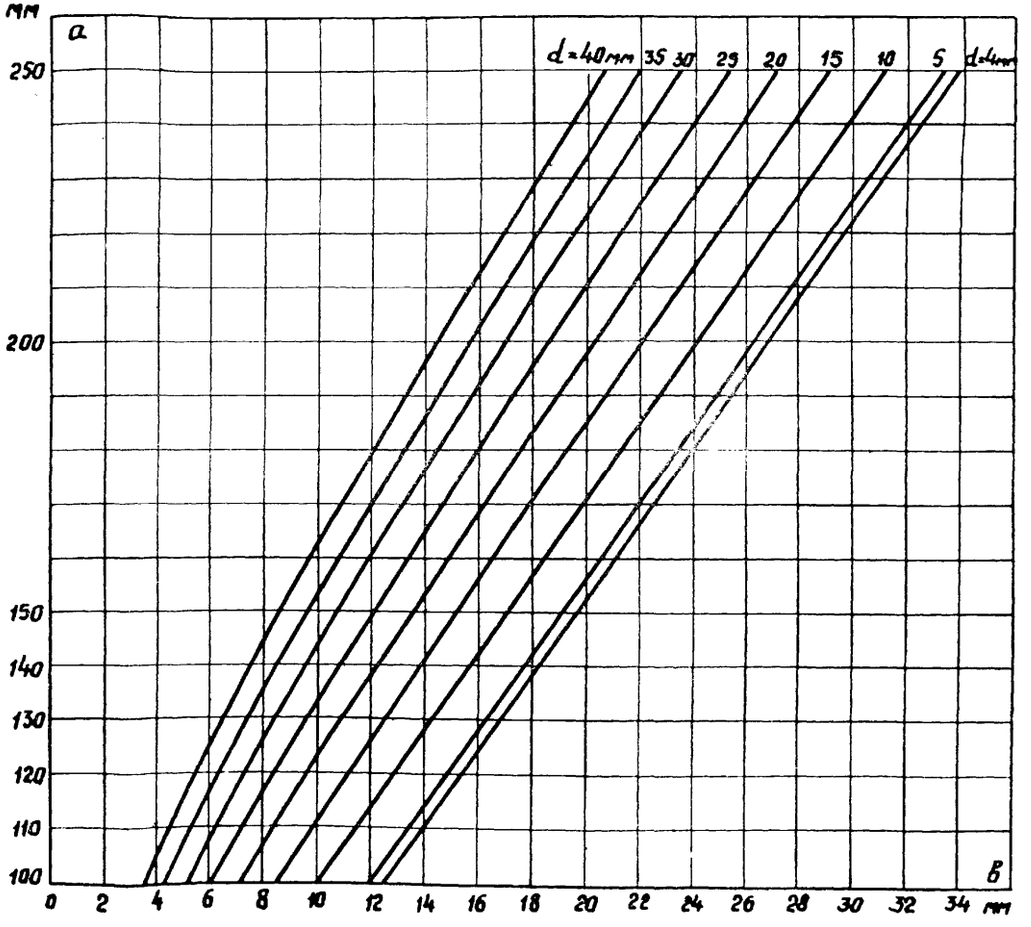
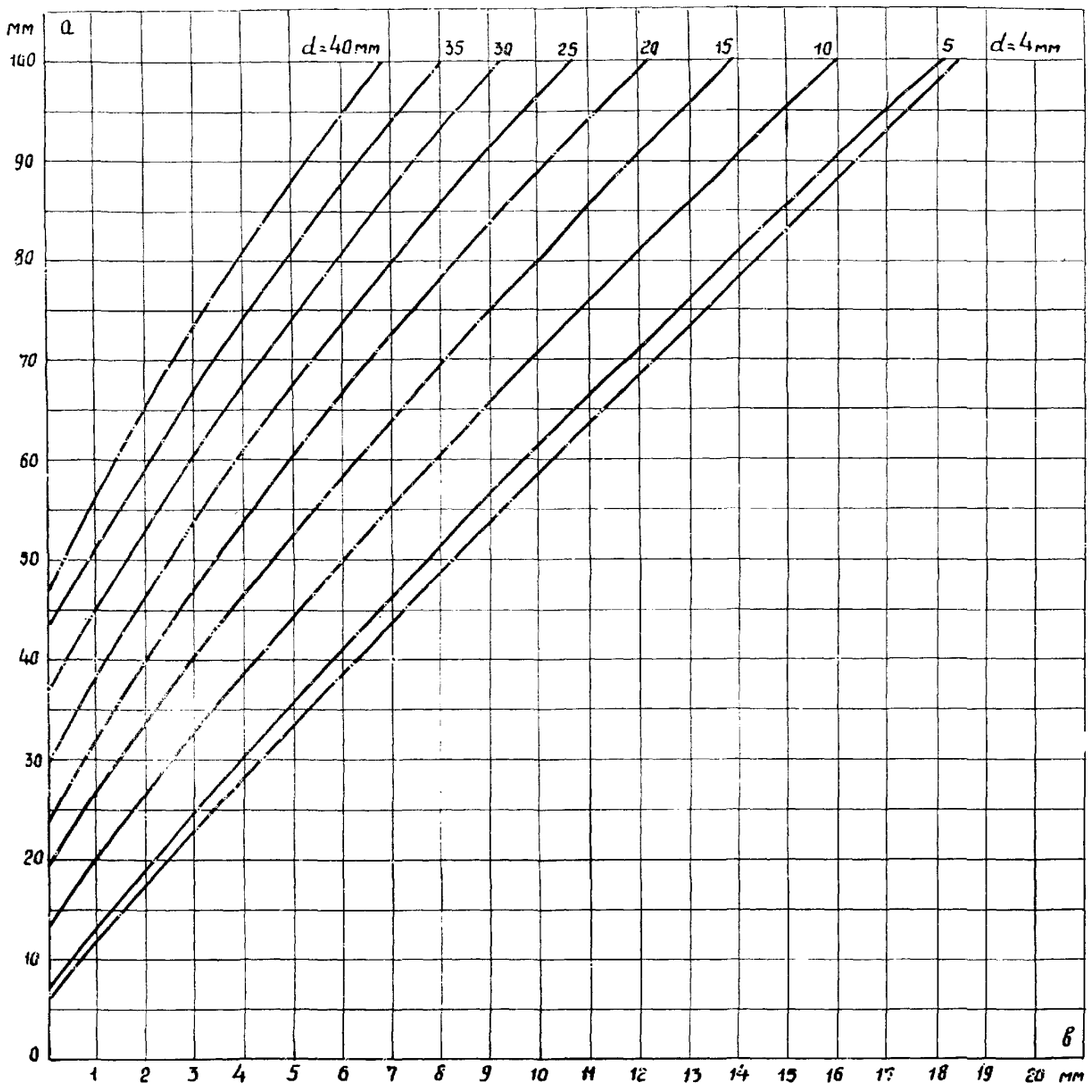


Рис.34



$\gamma = 6{,}2\ г/см^3$

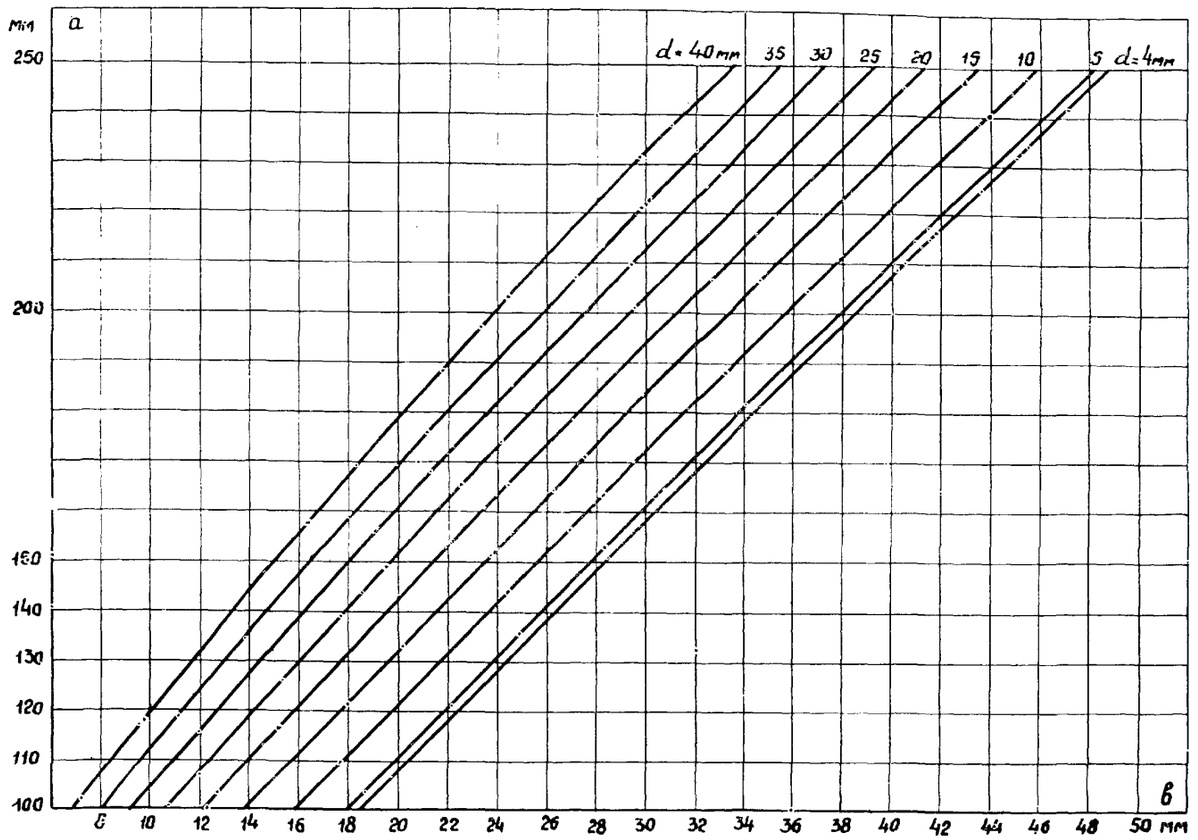
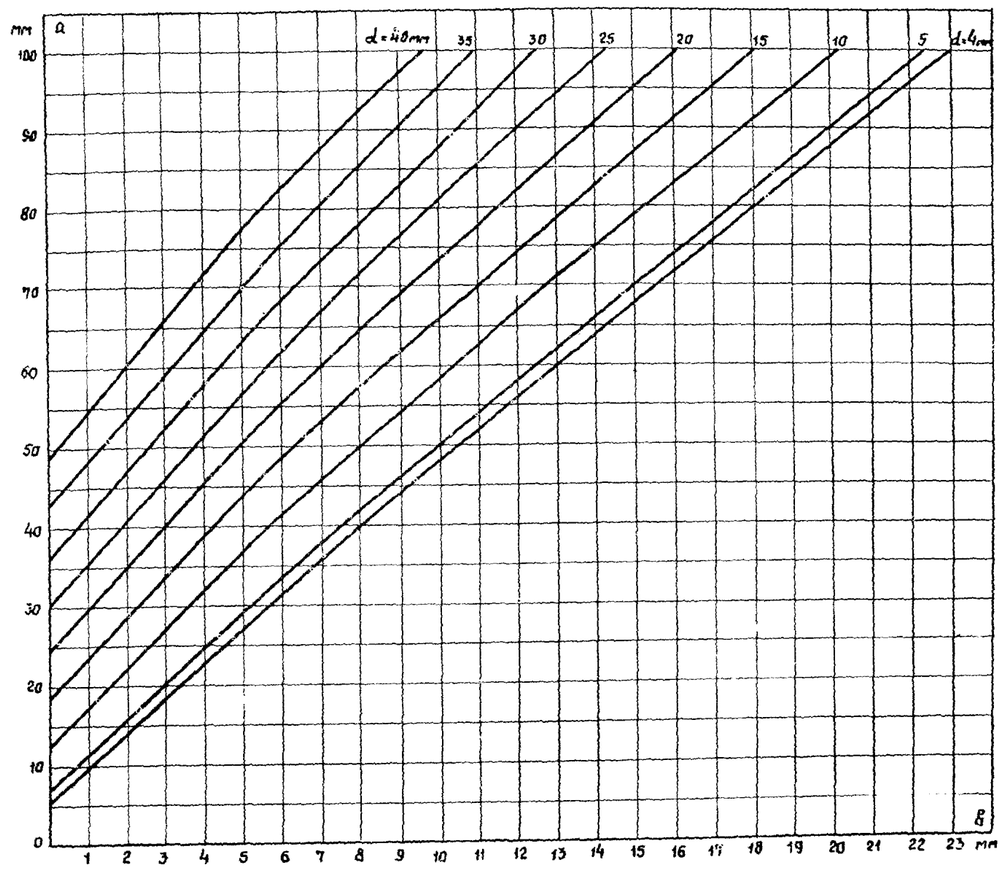


Рис.35



$\gamma = 0{,}3$ г/см³

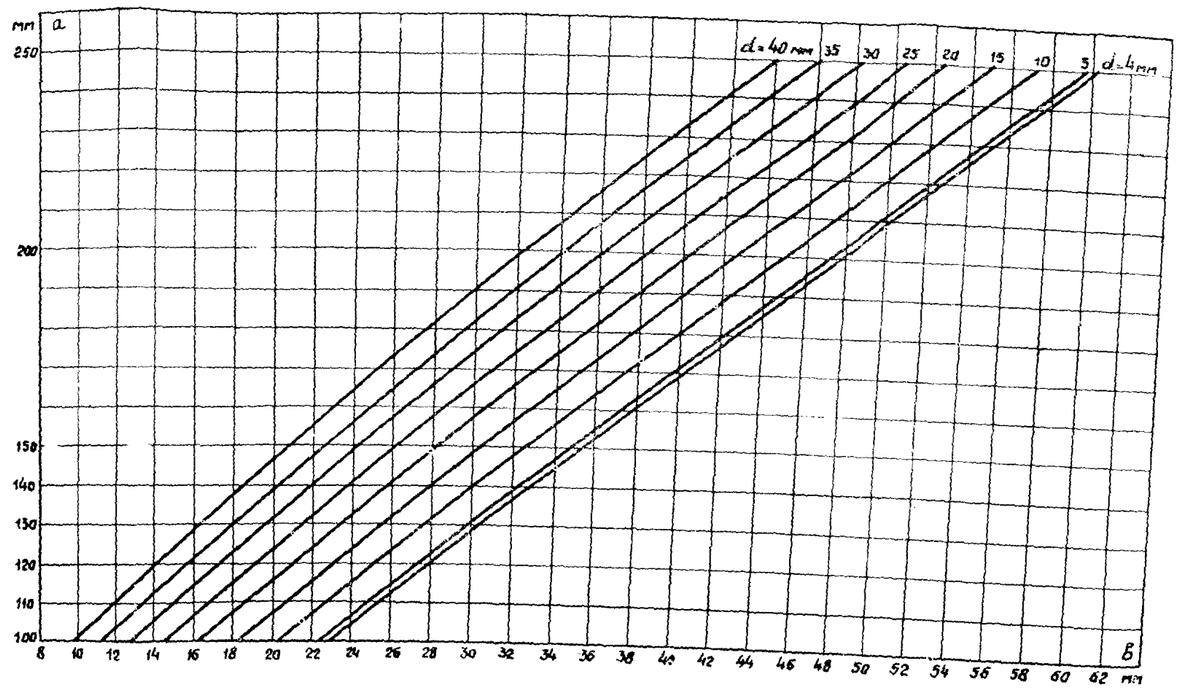


Рис.36

$\gamma = 0{,}42\ г/см^3$

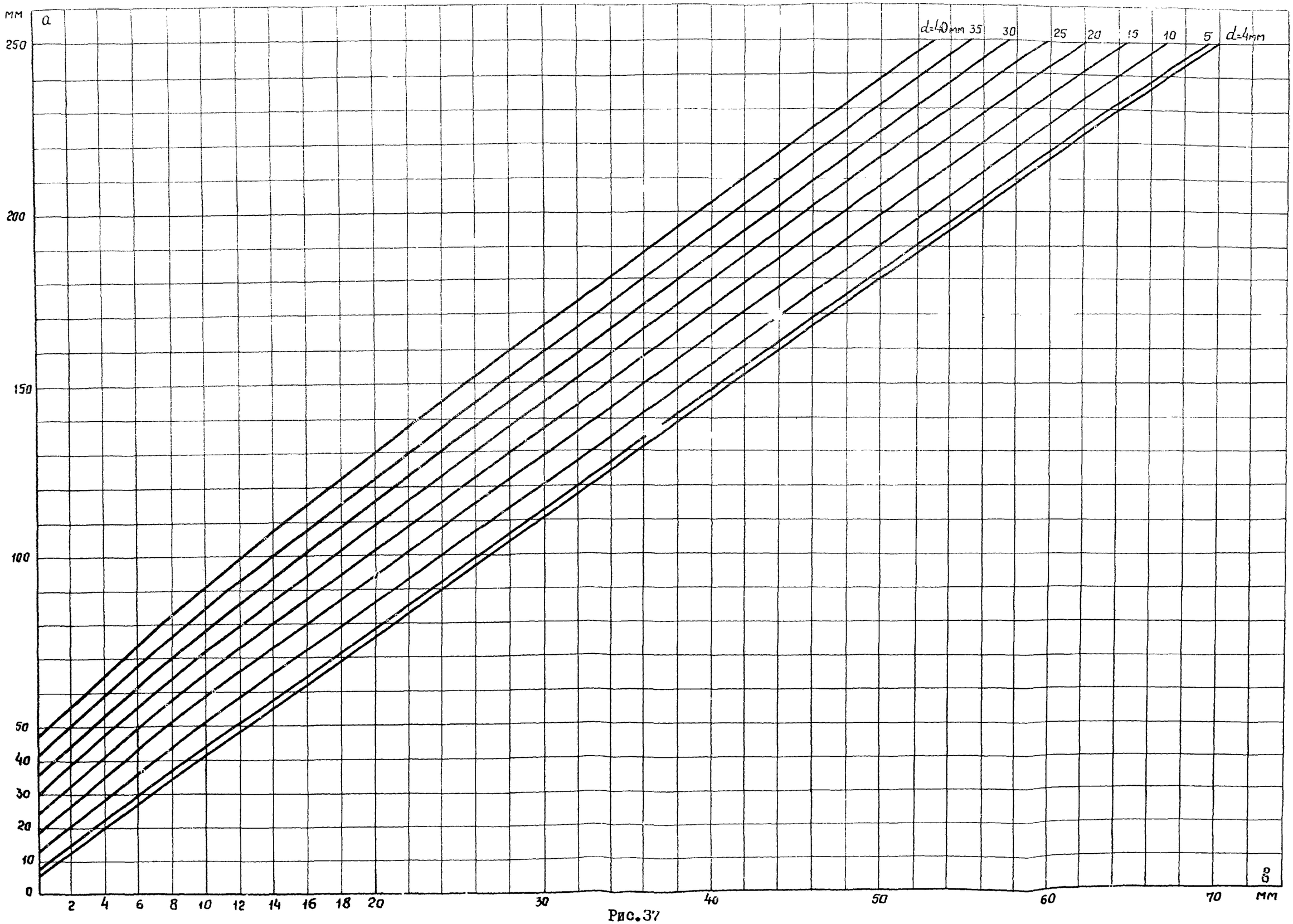


Рис.37

$\gamma = 0{,}5$ г/см^3

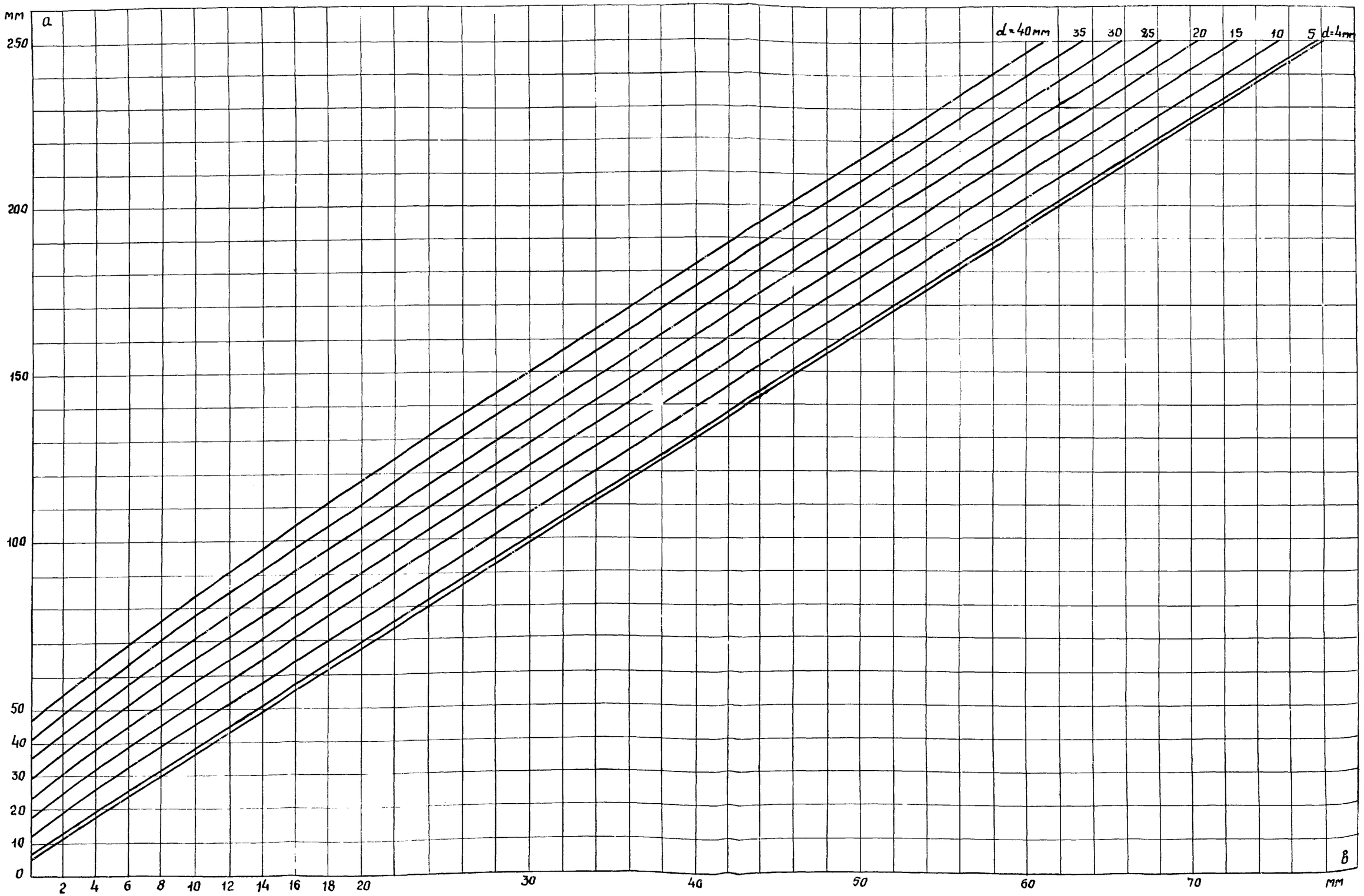


Рис.38

$\gamma = 0,6$ г/см^3

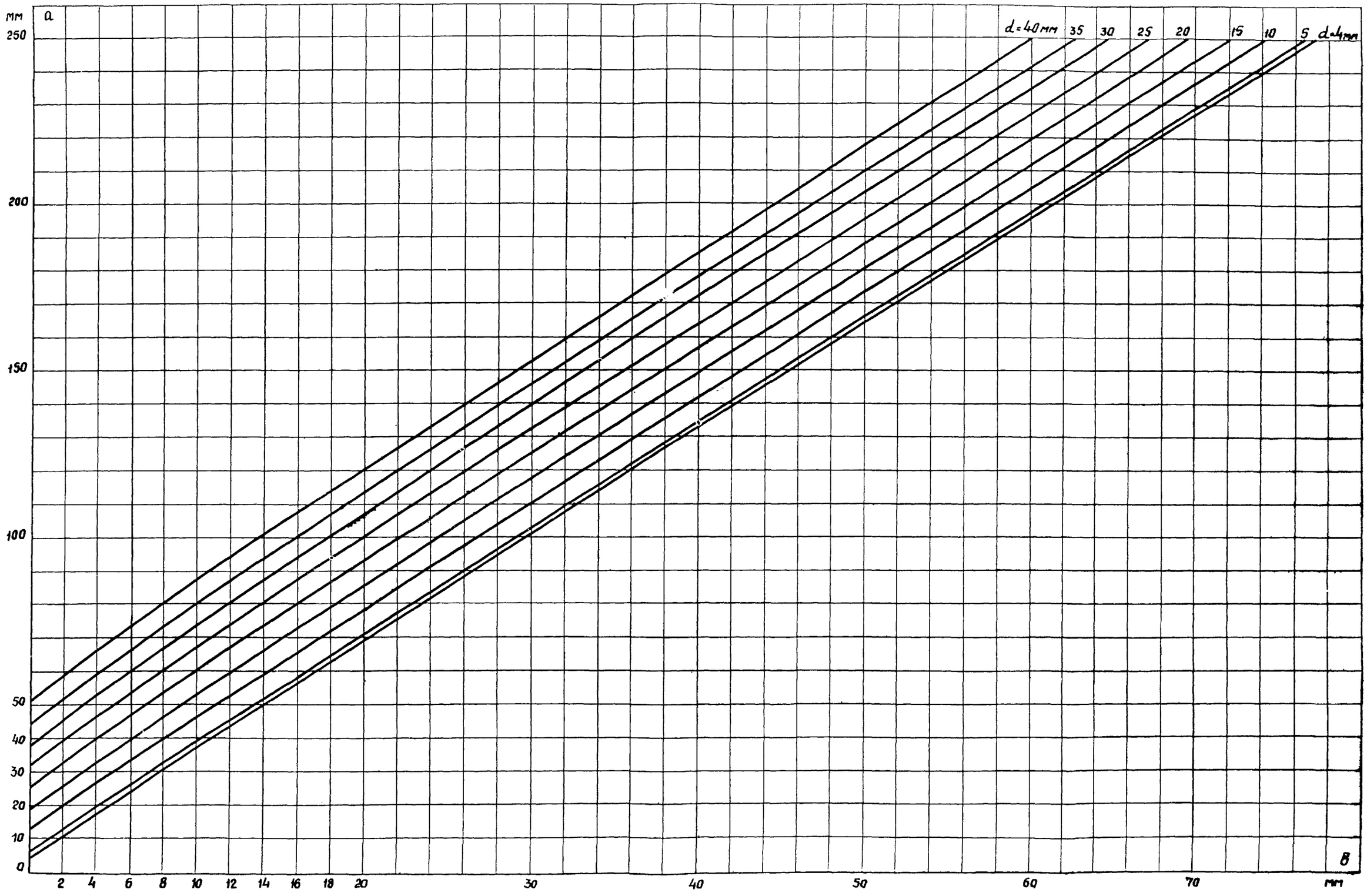


Рис.39

$\gamma = 0{,}75$ г/см³

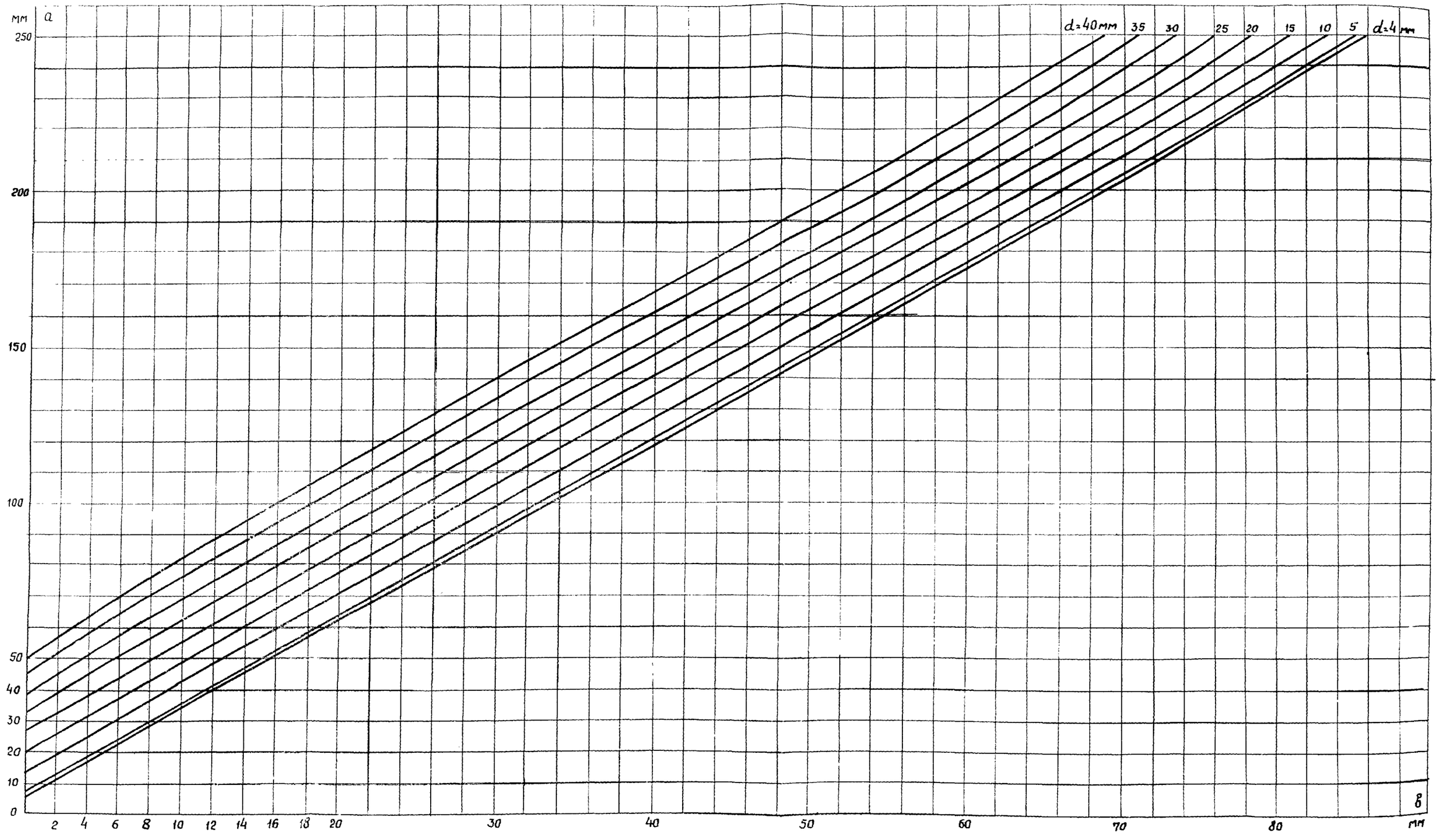


Рис.40

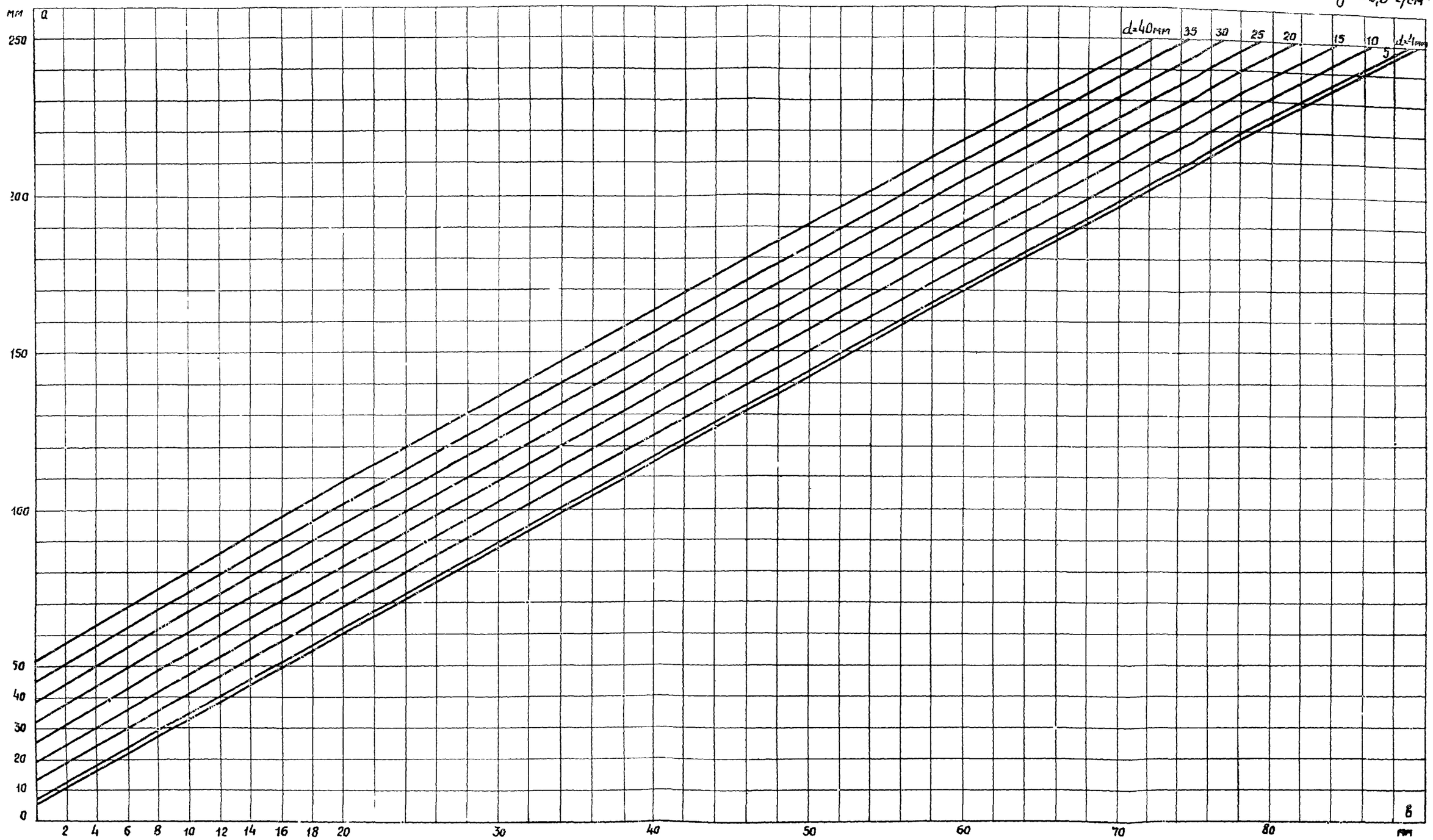

γ = 0,8 г/см³
мм
Q
d=40мм
35
30
25
20
15
10
d=5мм
5
250
200
150
100
50
40
30
20
10
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
30
40
50
60
70
80
δ
мм

Рис.4I

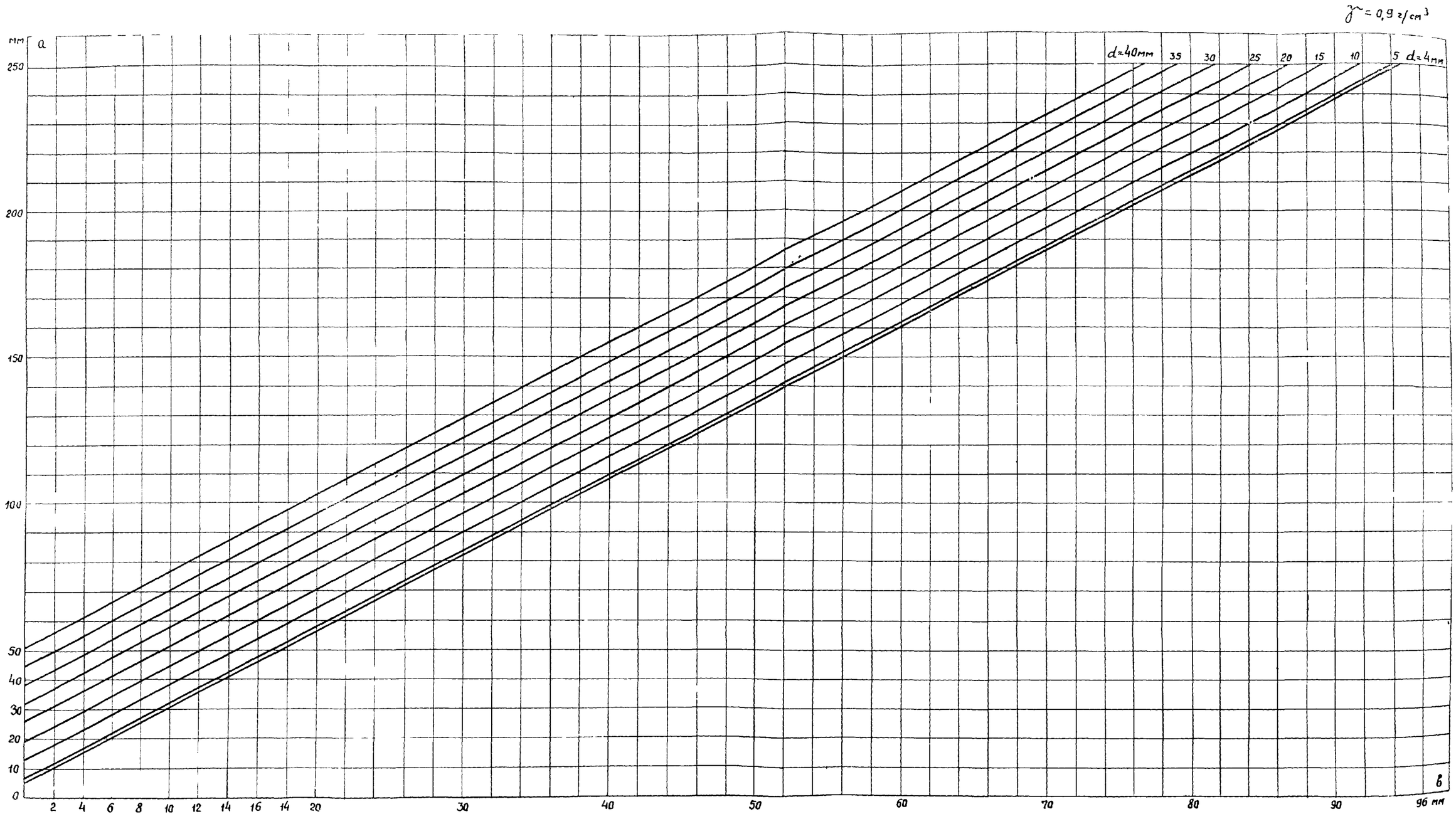
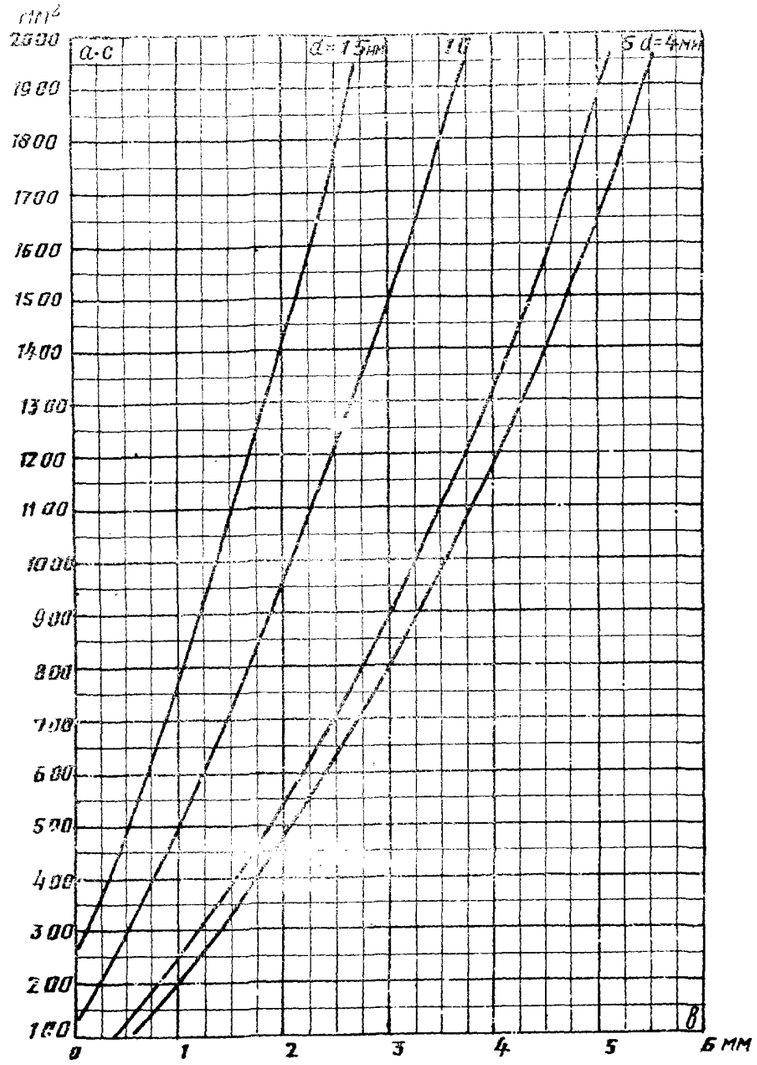
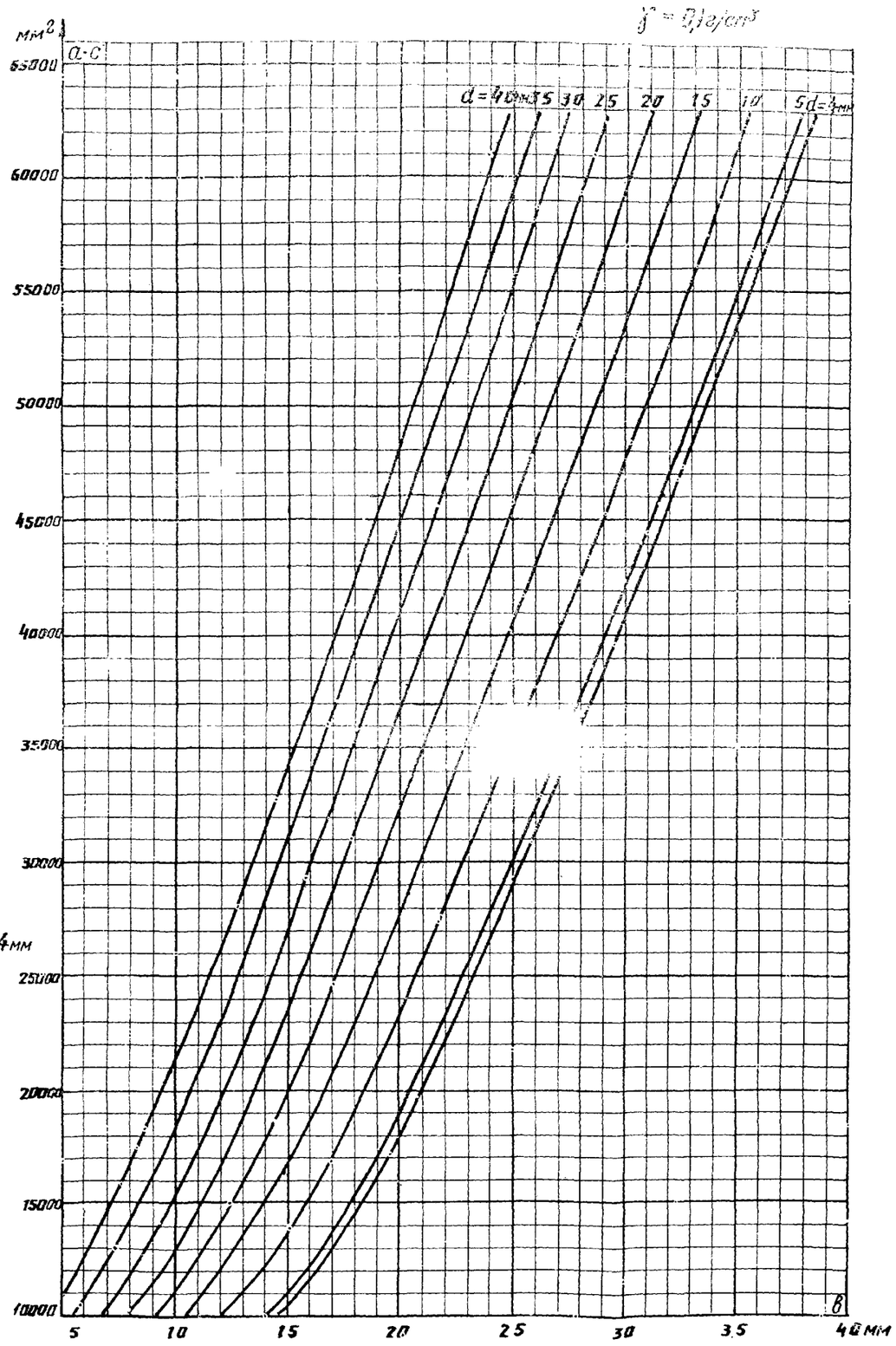

γ = 0,9 г/см³
мм
а
250
200
150
100
50
40
30
20
10
0
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5
d=4мм
2
4
6
8
10
12
14
16
14
20
30
40
50
60
70
80
90
96 мм
б

Рис.42


мм²
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
1
2
3
4
5
6 мм
а·с
d=15мм
10
5 d=4мм
в


γ = 7,9г/см³
мм²
65000
60000
55000
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
а·с
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5 d=4мм
5
10
15
20
25
30
35
40 мм
в

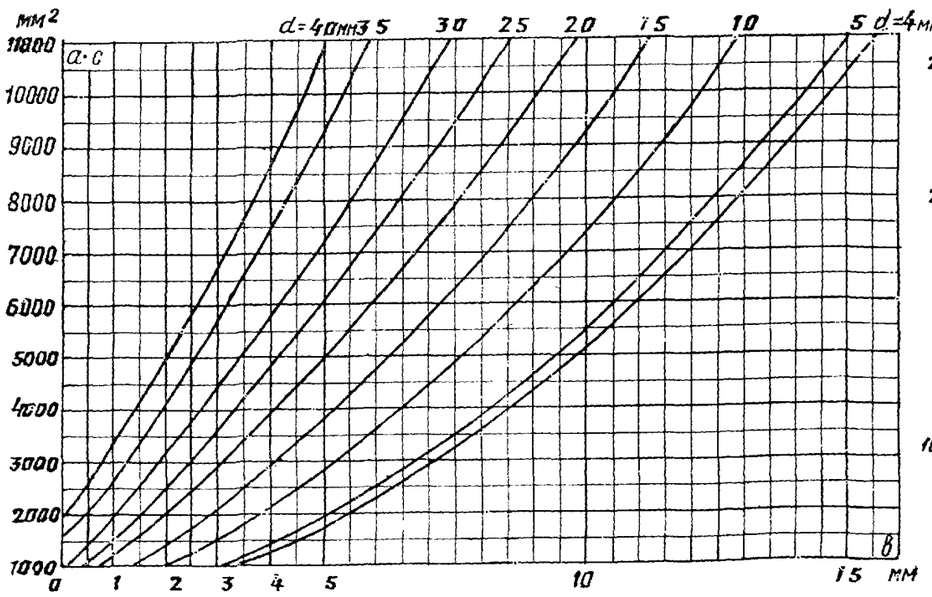
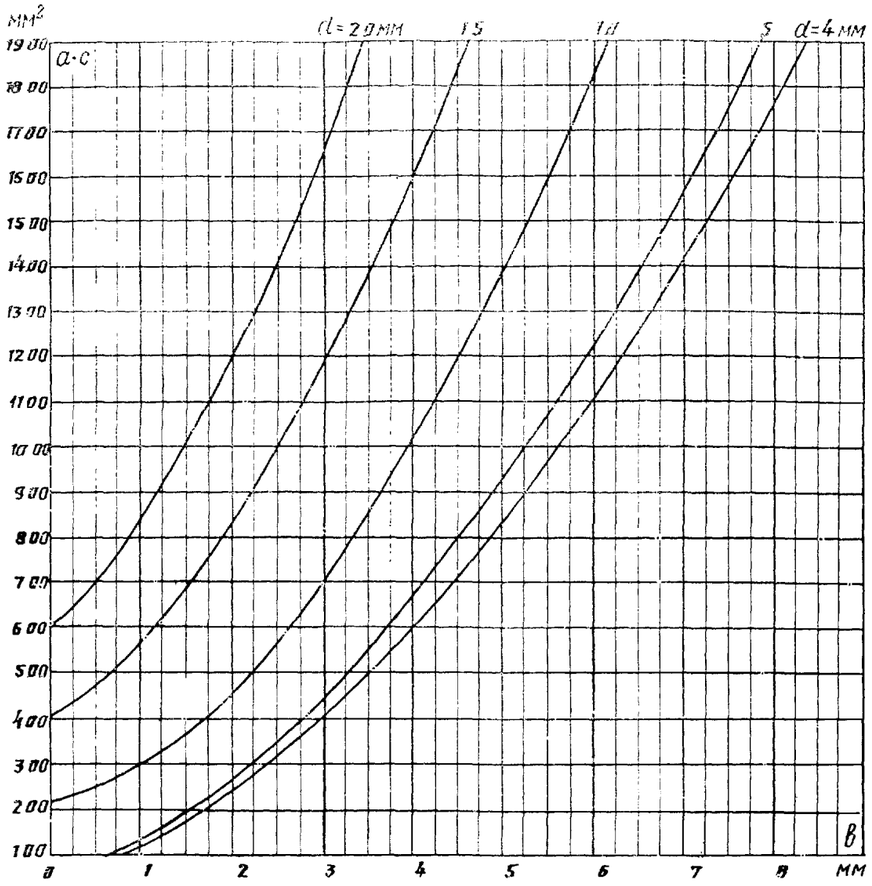
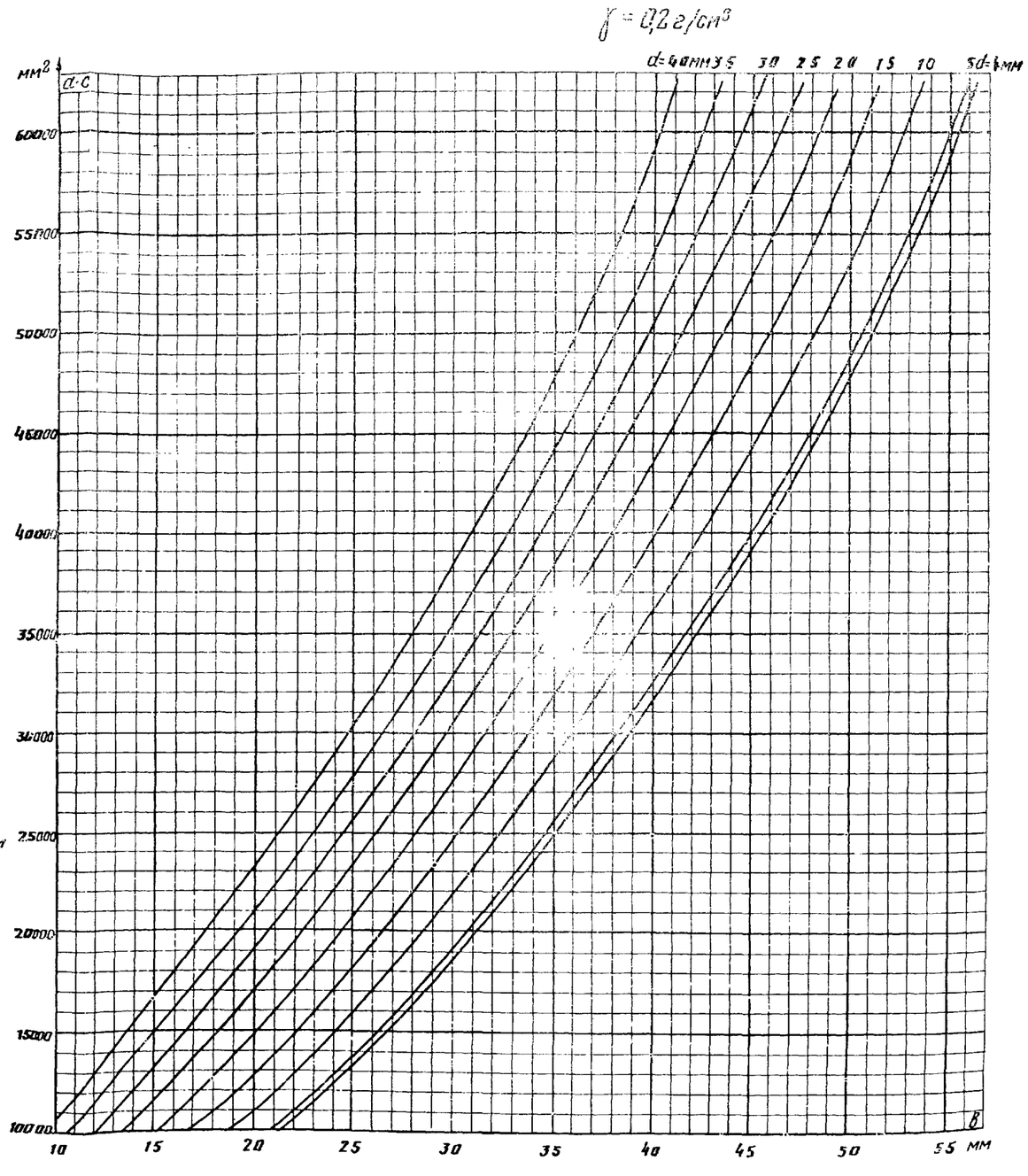

мм²
11800
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1
2
3
4
5
10
15 мм
а·с
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5 d=4мм
в

Рис.43


мм²
d = 20 мм
15
10
5
d = 4 мм
а·с
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
1
2
3
4
5
6
7
8
мм
в


γ = 0,2 г/см³
мм²
d = 40 мм
35
30
25
20
15
10
5
d = 4 мм
а·с
60000
55000
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
мм
в

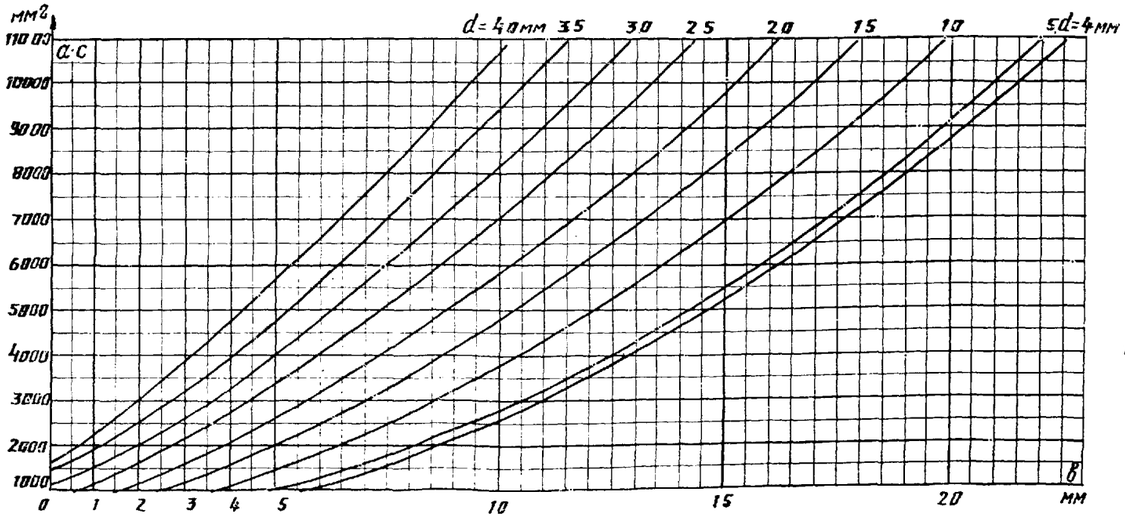
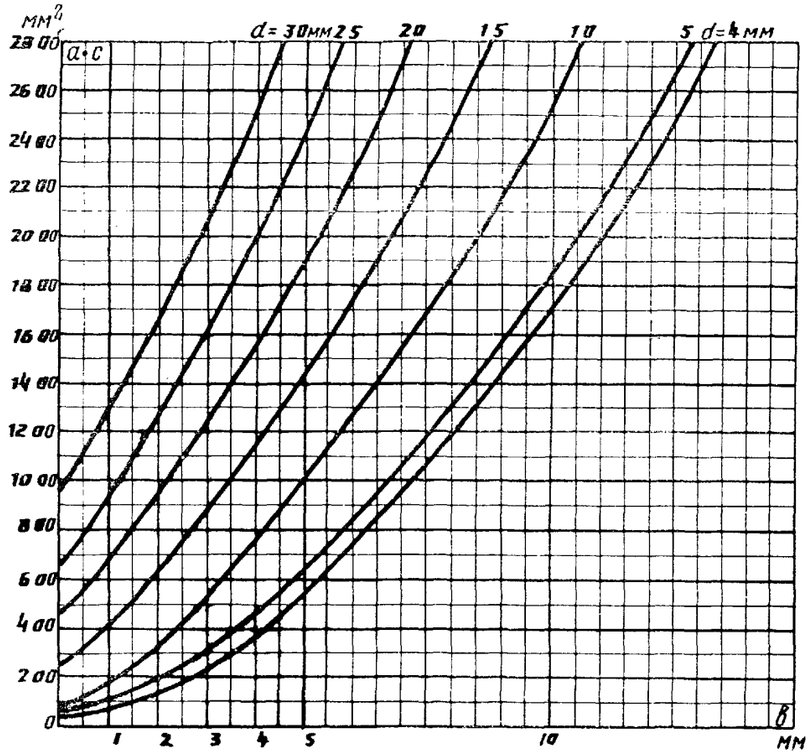
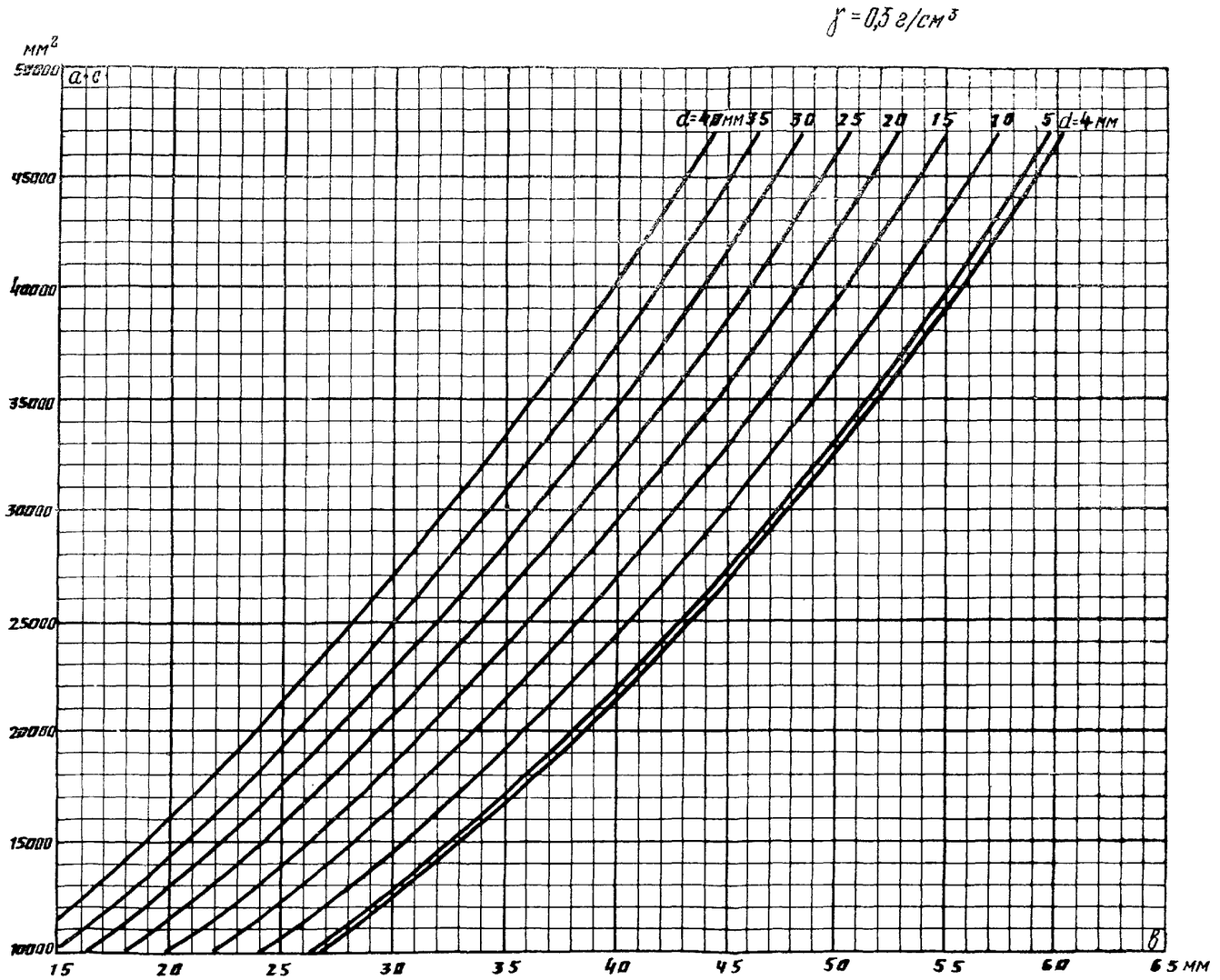

мм²
d = 40 мм
35
30
25
20
15
10
5
d = 4 мм
а·с
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1
2
3
4
5
10
15
20
мм
в

Рис. 44


мм²
a+c
d= 30мм 25 20 15 10 5 d=4мм
28 00
26 00
24 00
22 00
20 00
18 00
16 00
14 00
12 00
10 00
8 00
6 00
4 00
2 00
0
1 2 3 4 5 10
в
мм


γ = 0,5 г/см³
мм²
a+c
d= 40мм 35 30 25 20 15 10 5 d=4мм
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 мм
в

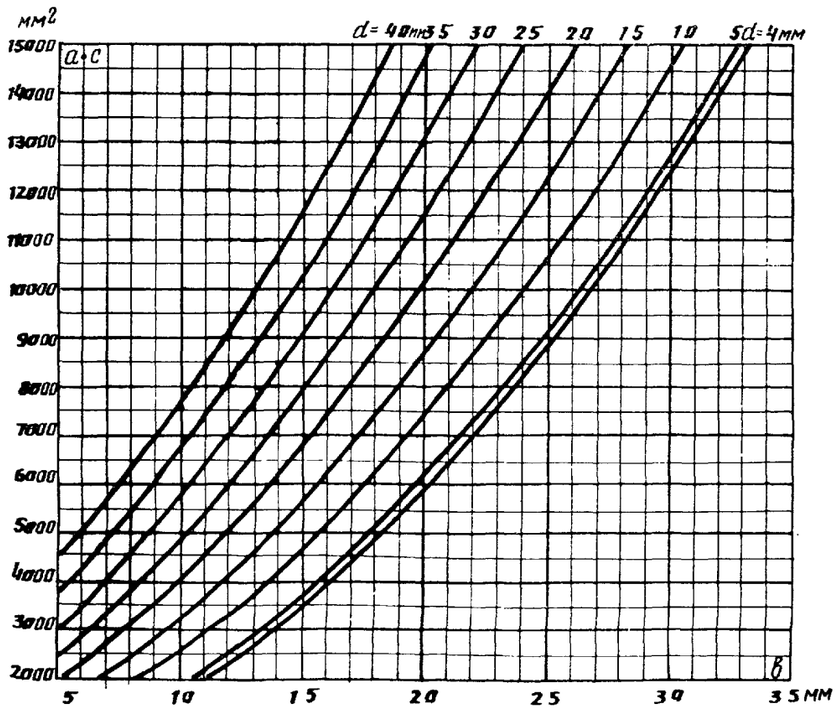
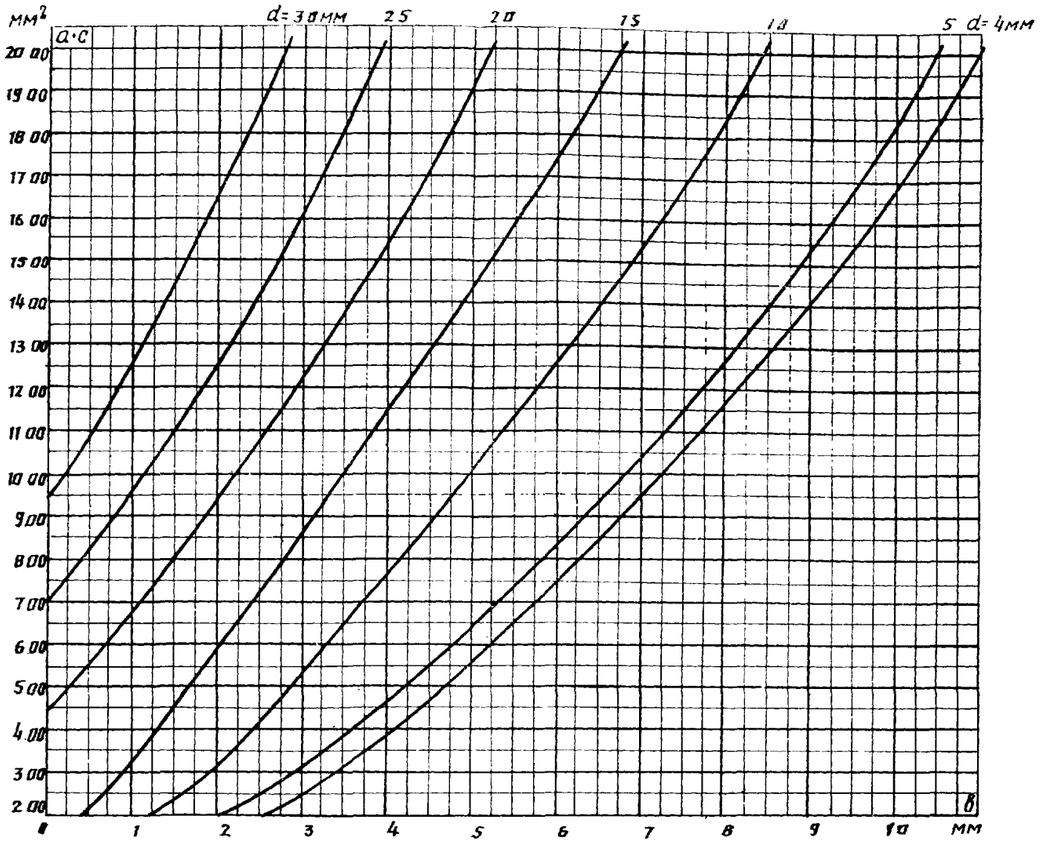
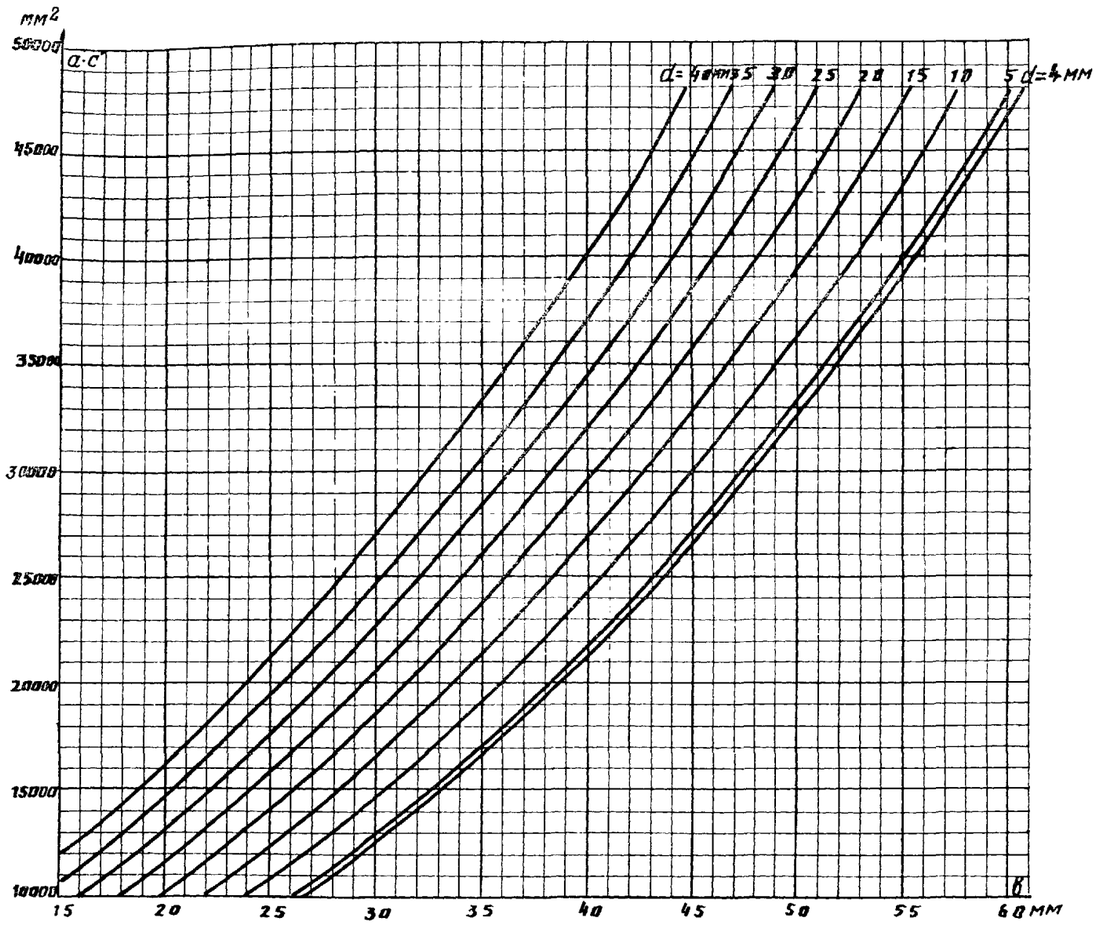

мм²
a+c
d= 40мм 35 30 25 20 15 10 5 d=4мм
15000
14000
13000
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
5 10 15 20 25 30 35 мм
в

Рис.45


мм²
а·с
d = 30 мм
25
20
15
10
5 d = 4 мм
20 00
19 00
18 00
17 00
16 00
15 00
14 00
13 00
12 00
11 00
10 00
9 00
8 00
7 00
6 00
5 00
4 00
3 00
2 00
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
мм
б


γ = 0,4 г/см³
мм²
а·с
d = 40 мм
35
30
25
20
15
10
5 d = 4 мм
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60 мм
б

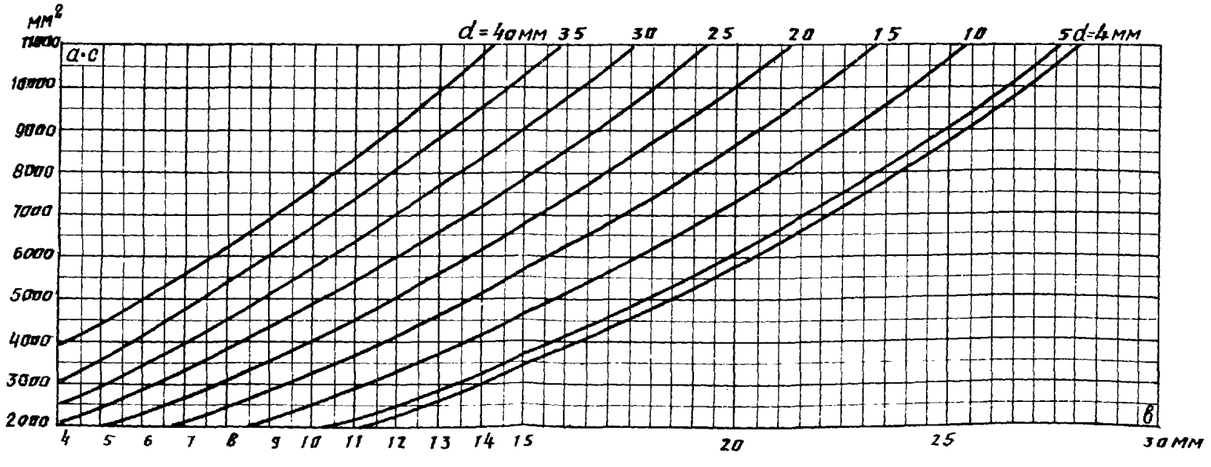
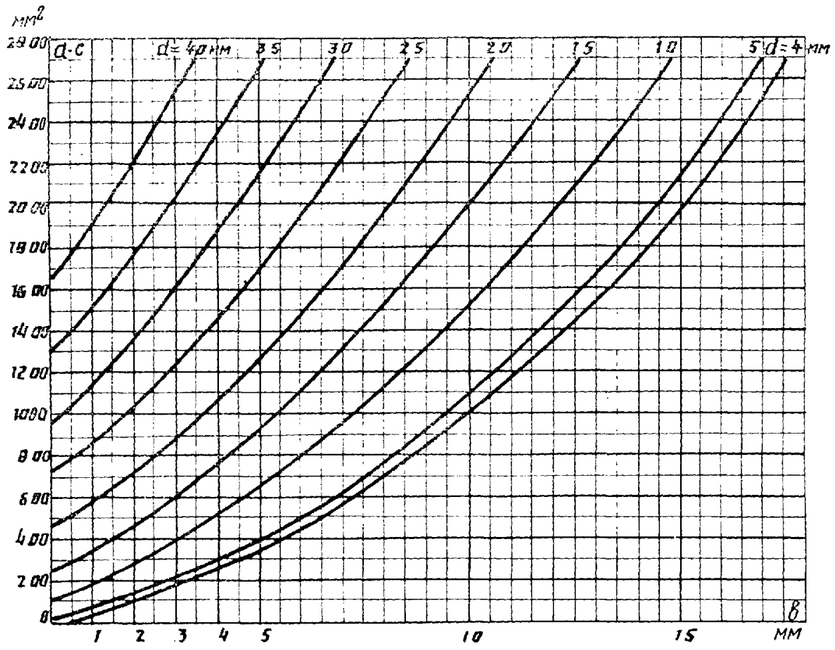
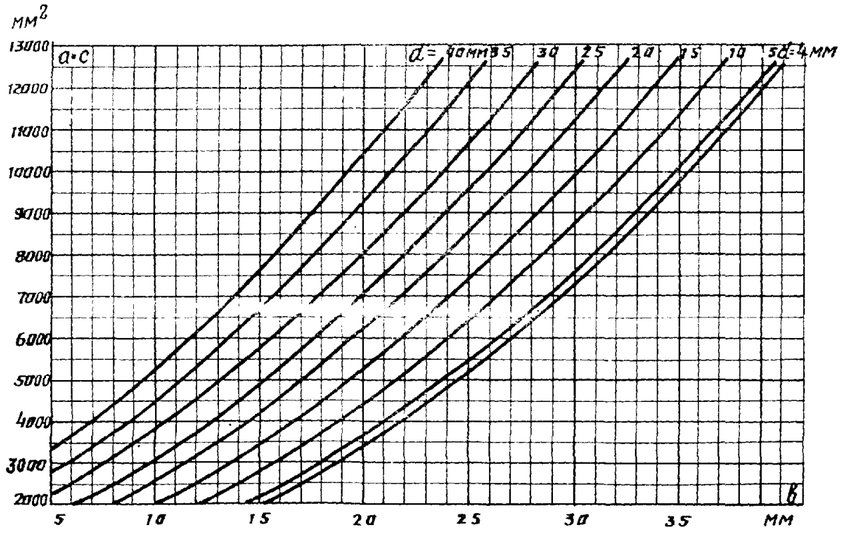

мм²
а·с
d = 40 мм
35
30
25
20
15
10
5 d = 4 мм
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
20
25
30 мм
б

Рис. 46





$\gamma = 0{,}5\ г/см^3$

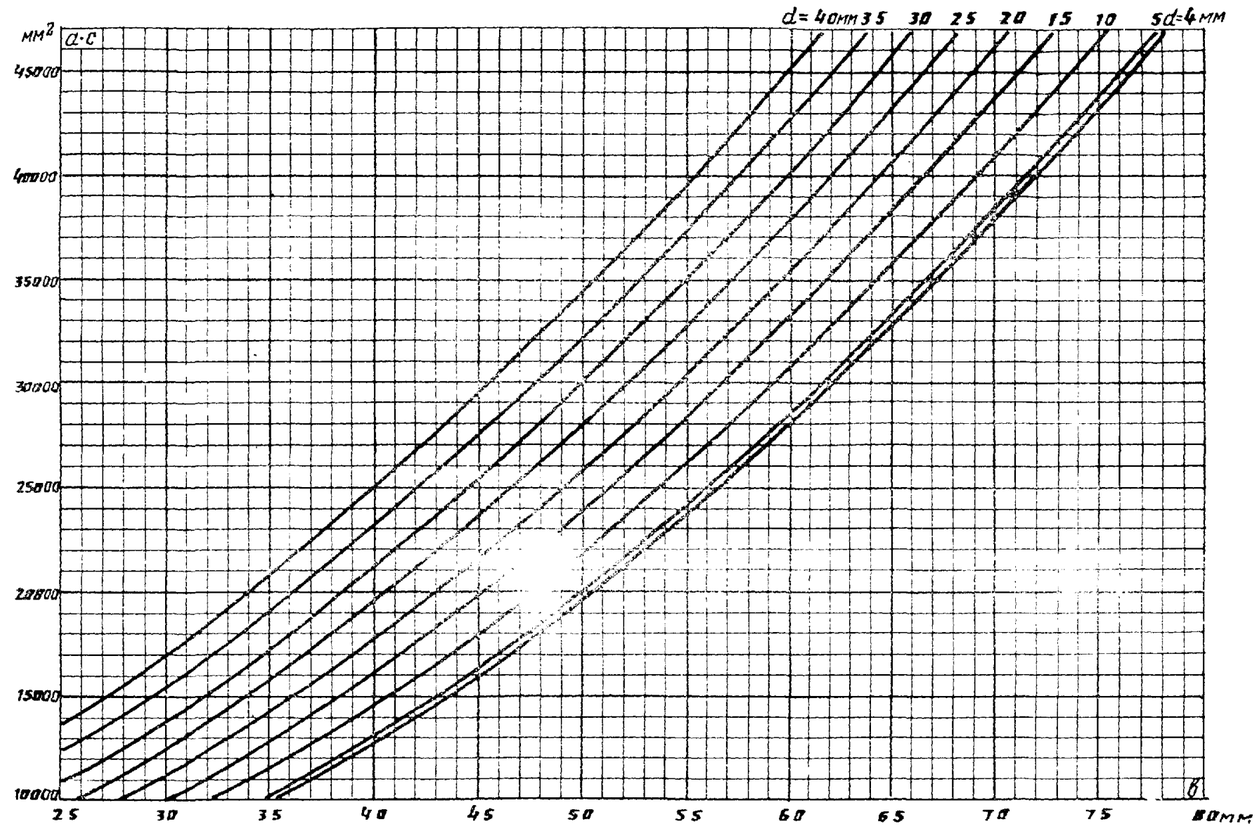
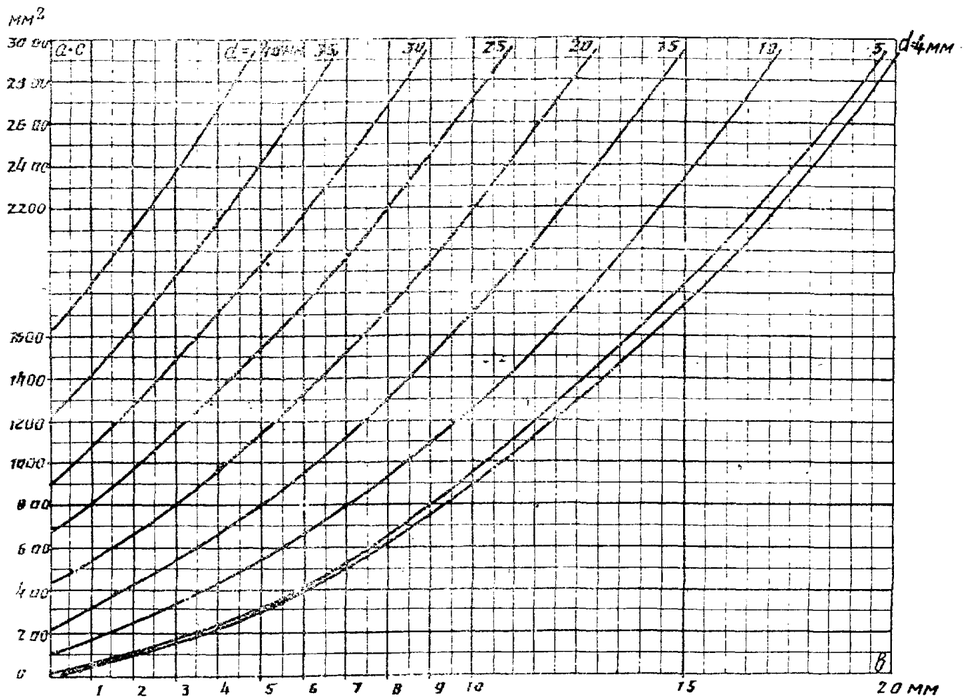
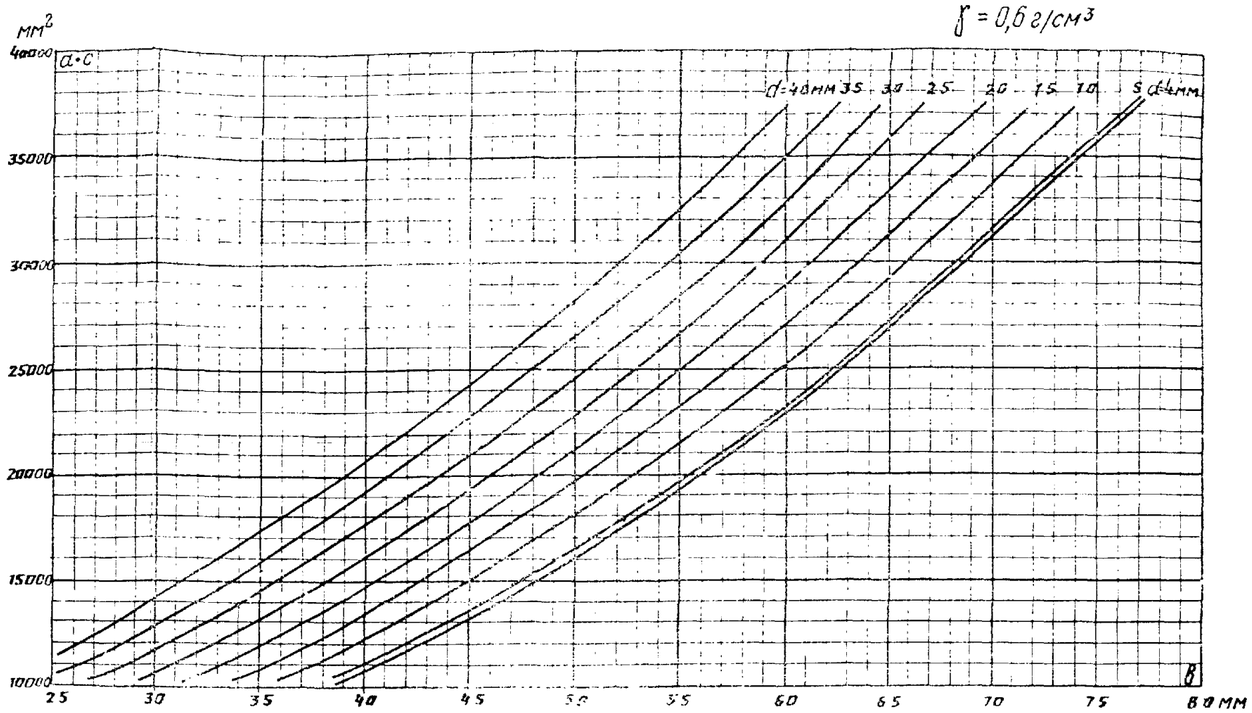


Рис.47


мм²
а·с
d=40мм 35 30 25 20 15 10 5 d=4мм
в
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 мм


γ = 0,6 г/см³
мм²
а·с
d=40мм 35 30 25 20 15 10 5 d=4мм
35000
30000
25000
20000
15000
10000
в
25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 мм

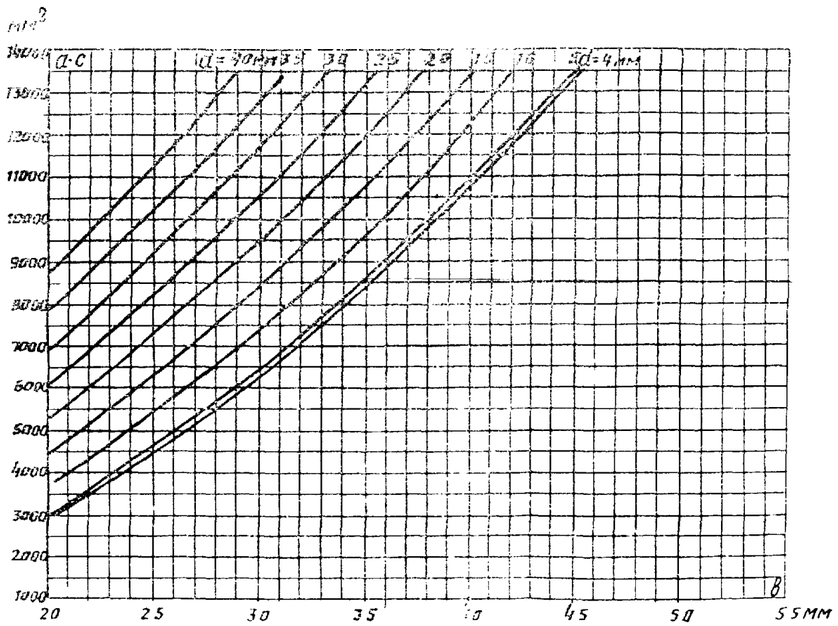

мм²
а·с
d=40мм 35 30 25 20 15 10 5 d=4мм
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
в
20 25 30 35 40 45 50 55мм

Рис.48

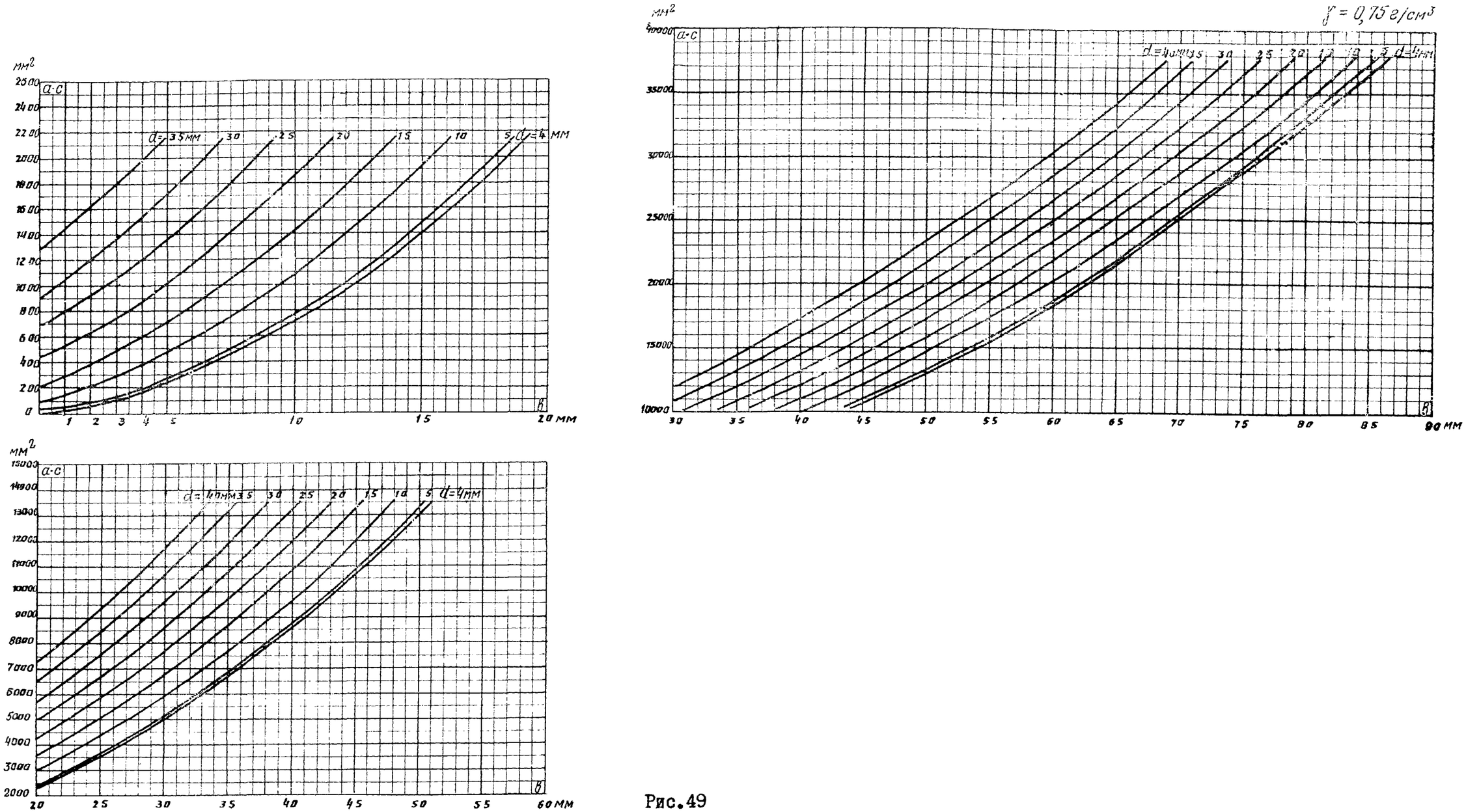
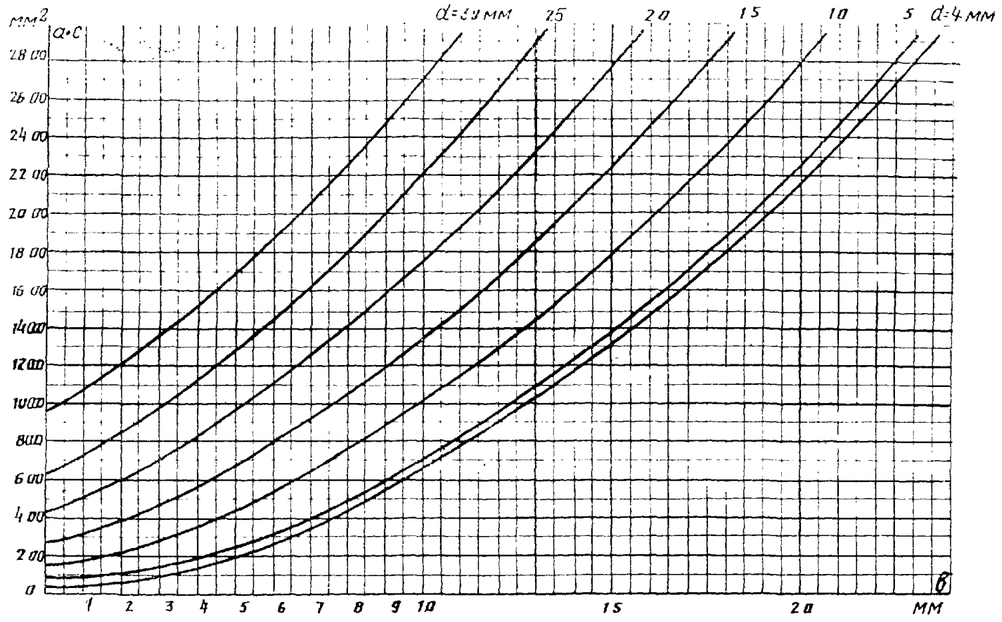
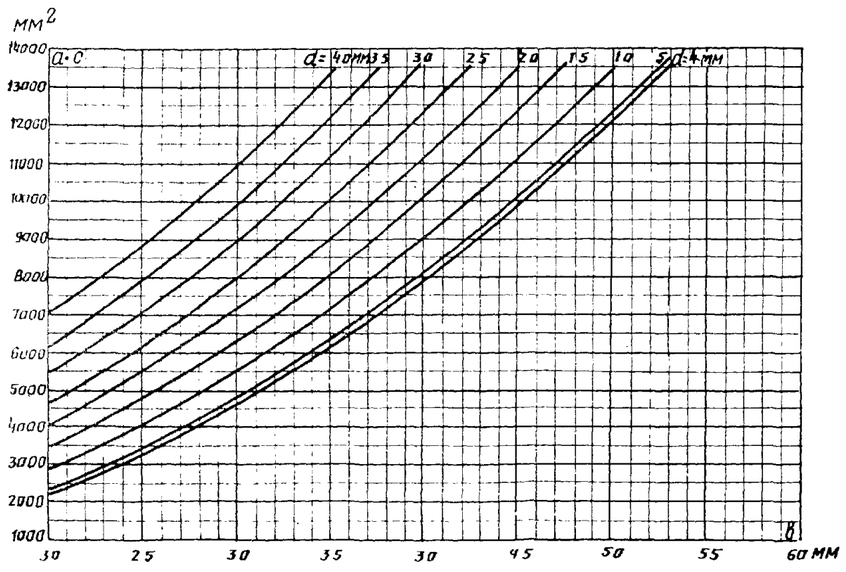

мм²
а·с
d=35мм
30
25
20
15
10
5
d=4мм
в
мм²
а·с
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5
d=4мм
в
мм²
а·с
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5
d=4мм
в
γ = 0,75 г/см³
мм²
а·с
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5
d=4мм
в

Рис.49


мм²
а·с
d=5 мм
25
20
15
10
5
d=4 мм
28 00
26 00
24 00
22 00
20 00
18 00
16 00
14000
12000
10000
8000
6 00
4 00
2 00
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
15
20
мм
б


мм²
а·с
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5
d=4мм
14000
13000
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
25
30
35
40
45
50
55
60 мм
б

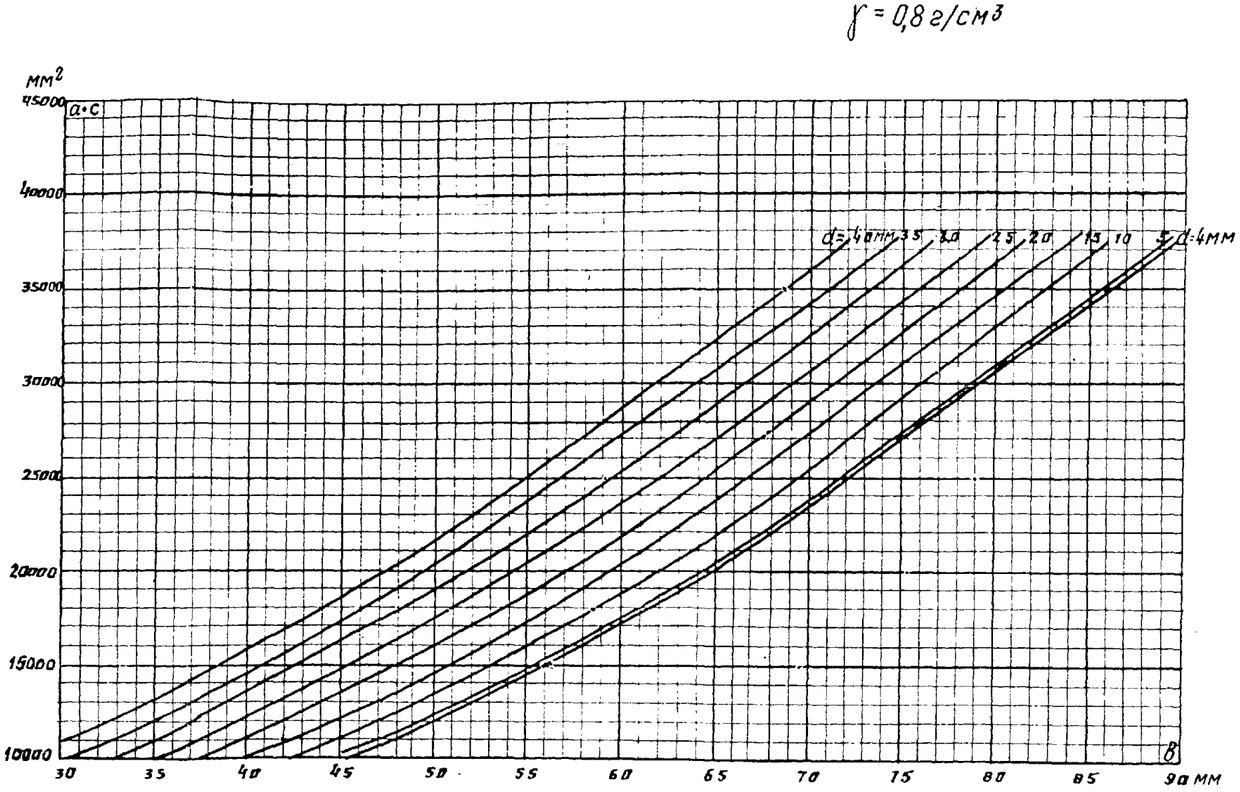
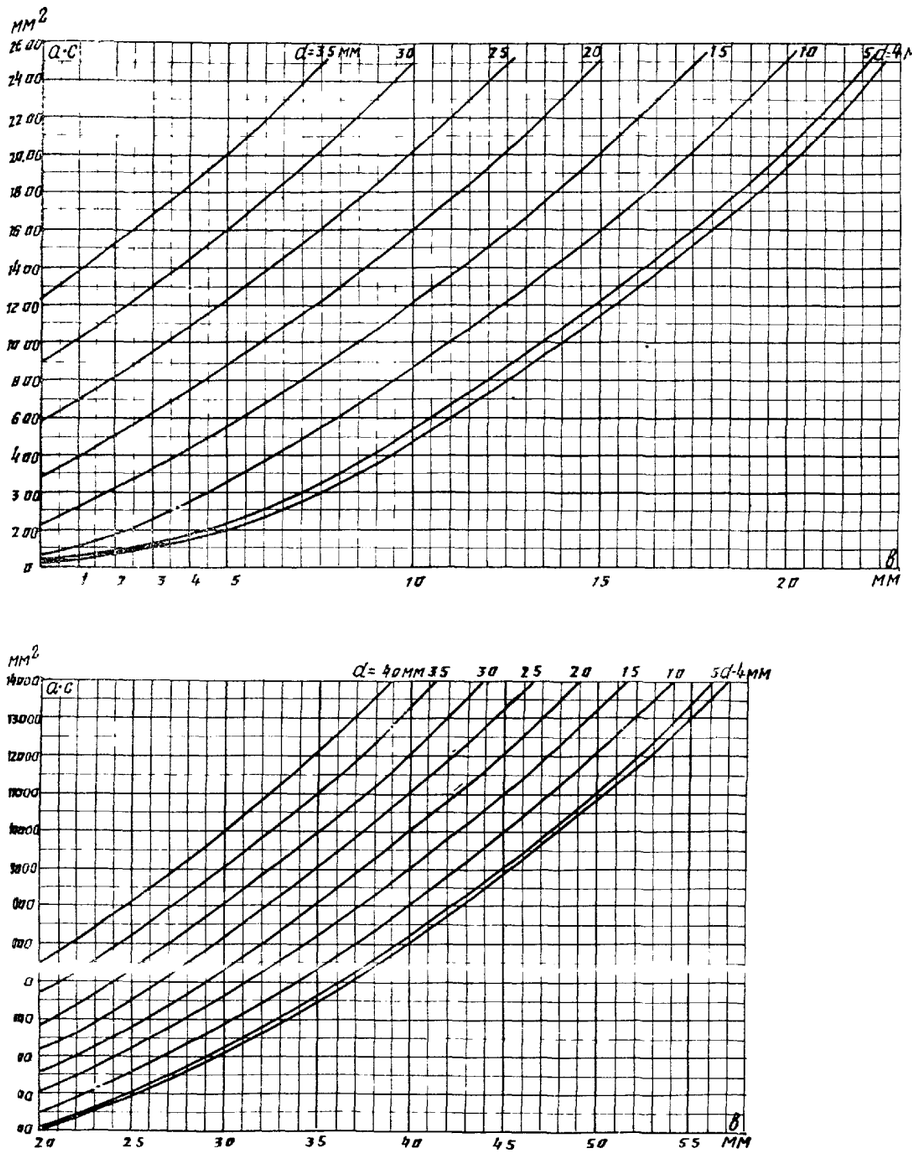

γ = 0,8 г/см³
мм²
а·с
d=40мм
35
30
25
20
15
10
5
d=4мм
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90 мм
б

Рис.50



$\gamma = 0{,}9\,г/см^3$

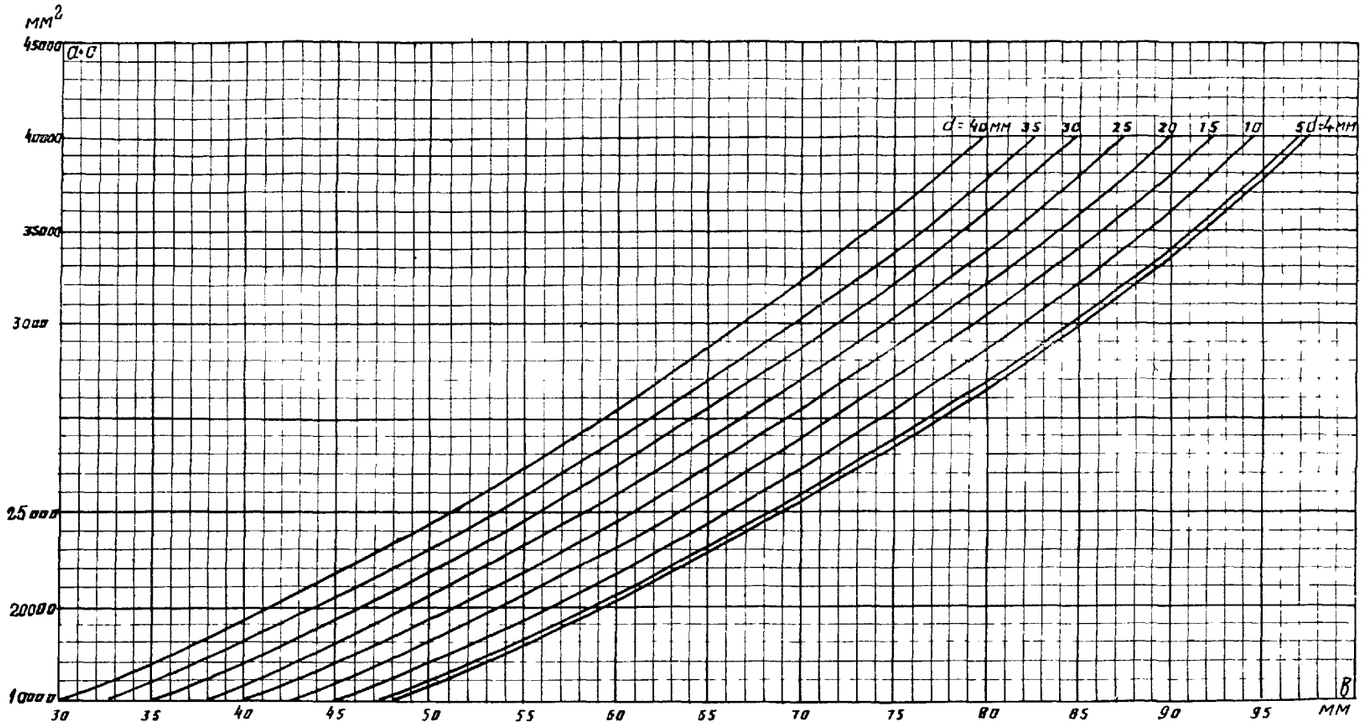


Рис.5I

gost.e-ecolog.ru