МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ВНИПИЭНЕРГОПРОМ

ВРЕМЕННЫЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ БЕСКАНАЛЬНЫМ СПОСОБОМ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ БИТУМОПЕРЛИТА, БИТУМОКЕРАМЗИТА И БИТУМОВЕРМИКУЛИТА

Москва - 1987

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ВНИПИЭНЕРГОПРОМ

Утверждаю:
Директор института ВНИПИэнергопром
_____ З.С. Барварский
"___" _____ 1988г.

ВРЕМЕННЫЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ БЕСКАНАЛЬНЫМ СПОСОБОМ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ БИТУМОПЕРЛИТА, БИТУМОКЕРАМЗИТА И БИТУМОВЕРМИКУЛИТА

ТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ

Главный инженер
В.Н. Охотин

Начальник ОПРНТ
В.В. Игнатов

Главный специалист
И.В. Беляйкина

ВНИПИЭНЕРГОПРОМ

Главный инженер
П.Н. Кнотько

Начальник ПТО
И.И. Кузьмин

Главный специалист
М.М. Пик

Москва 1987г.

Временные указания по проектированию и строительству тепловых сетей бесканальным способом с изоляцией из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита разработаны институтами "ВНИПИэнергопром" и "Теплоэлектропроект" Минэнерго СССР при участии ВНИПИ"Теплопроект" Минмонтажспецстроя СССР и Киевского инженерно-строительного института Минвуза УССР.

При разработке Указаний за основу приняты "Указания по проектированию и строительству тепловых сетей бесканальным способом прокладки с изоляцией из битумоперлита" РСН-I76-70, утвержденные Госстроем УССР 27 мая I970 г., и "Временные указания по проектированию и строительству тепловых сетей бесканальным способом прокладки с монолитной теплоизоляционной массой на основе битумокерамзита" ВСН-Г-40-72, утвержденные Техническим управлением Миннефтегазстроя СССР 2 ноября I972 г.

При разработке Указаний использованы материалы НИИСМИ Министерства промышленности строительных материалов УССР, Киевского политехнического института Минвуза УССР, фирмы "Сиборггазстрой" Миннефтегазстроя СССР и УралНИИстройпроекта Минстройматериалов РСФСР.

Министерство энергетики и электрификации СССР

Главное управление капитального строительства

Всесоюзный государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
ВНИПИЭНЕРГОПРОМ

I. О Б Щ И Е У К А З А Н И Я

I.I. Требования настоящих указаний распространяются на проектирование и строительство бесканальных тепловых сетей диаметром Ду 25-400 мм с тепловой изоляцией из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита независимо от количества совместно прокладываемых труб при расчетных температурах теплоносителя:

- до I50°С для водяных тепловых сетей при качественном методе регулирования отпуска тепла;

- до I30°С для водяных тепловых сетей при количественном методе регулирования отпуска тепла, а также для паропроводов и конденсатопроводов.

При проектировании и строительстве **бесканальных** тепловых сетей, кроме требований настоящих Указаний должны соблюдаться требования глав СНиП по проектированию и строительству тепловых сетей, по проектированию внутреннего водопровода и канализации зданий, по технике безопасности в строительстве, а также правил пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства ГУПО МВД СССР и других нормативных материалов, утвержденных или согласованных Госстроем СССР.

I.2. Для тепловых сетей должны применяться стальные трубы с монолитной изоляцией из битумоперлита, битумокерамзита или битумовермикулита, нанесенной механизированным способом в заводских условиях. Нанесение тепловой изоляции на трубы в полигонных условиях не допускается.

I.3. Изготовление и поставка труб с монолитной тепловой изоляцией и изделий из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита (полуцилиндров и сегментов), а также железобетонных щитовых неподвижных опор с вмонтированными в них изолированными трубами должны осуществляться в соответствии с техническими условиями заводов-изготовителей, утвержденными в установленном порядке.

I.4. Конструкция изоляции труб состоит из:

- антикоррозионного покрытия - стеклоэмали ВНИСТ марок I3-III, I05-Т, 64/64 или 596; органосиликатной краски ОС-5I-03 (ТУ84-725-83) эпоксидной эмали ЭП-56 (ГОСТ-I0277-76^{X} и ТУ6-I0-I243-72); металлизационное алюминиевое (ГОСТ-7871-75) с дополнительной защитой;

- основного теплоизоляционного слоя - битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита;

- гидроизоляционного покрытия - сплошной полимерной оболочки в виде плотной пленки толщиной не менее 3 мм из полиэтилена высокого давления по ГОСТ I6337-77^{X} или вспененного полиэтилена, толщиной не менее I0 мм.

Примечания: I. Возможно применение других температуроустойчивых покрытий, прошедших специальные испытания, подтвердившие эффективность их применения для бесканальных прокладок тепловых сетей.

2. Впредь до обеспечения производства соответствующими полимерными материалами, необходимыми для создания

сплошной полимерной оболочки, допускается по согласованию с Госстроем СССР применение в качестве гидроизоляционных покрытий рулонных материалов: ленты поливинилхлоридной липкой (ПВХ-Л) по ТУ 6-I9-I03-83 или ТУ I02-320-82 в два слоя, изола по ГОСТ I0296-79 или бризола по ГОСТ I7I76-7I в два слоя по битуму марки БН 70/30 по ГОСТ 66I7-76^{X}.

I.5. Бесканальная прокладка трубопроводов с изоляцией из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита с антикоррозионным покрытием труб и гидроизоляционным покрытием в виде сплошной полимерной оболочки допускается в грунтах любой влажности.

Бесканальная прокладка трубопроводов с указанными видами тепловой изоляции и гидроизоляционными покрытиями, предусмотренными примечанием 2 к п.I4 допускается только в маловлажных грунтах (ГОСТ 25I0C-82 Грунты. Классификация).

I.6. Бесканальная прокладка тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита в набухающих, просадочных (от замачивания) П типа, вечномерзлых, пучинистых, торфяных и илистых грунтах, а также на пойменных территориях не допускается.

I.7. Гидроизоляционные покрытия должны исключать возможность увлажнения основного теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации. Нарушение монолитности слоев гидроизоляционного покрытия из рулонных материалов, а также отслоение их от основного теплоизоляционного материала не допускаются.

I.8. Формообразующий материал, используемый в технологическом процессе изоляции труб для сохранения цилиндрической формы основного теплоизоляционного слоя, может быть оставлен в конструкции только в том случае, если он не препятствует созданию монолитности

между основным теплоизоляционным слоем и гидроизоляционным покрытием, а также при применении в качестве гидроизоляционного покрытия сплошной полимерной оболочки. В противном случае формообразующий материал перед нанесением гидроизоляционного покрытия должен быть удален.

I.9. Основной теплоизоляционный слой следует изготовлять из изоляционной массы следующего состава:

- битум нефтяной строительный по ГОСТ 6617-76^{X} марки БН 70/30 (для всех типов изоляции);

- песок перлитовый вспученный по ГОСТ 10832-83 фракцией 0,15-2,5 мм с объемной насыпной массой 80-120 кг/м^3 (для битумоперлитовой изоляции);

- гравий керамзитовый по ГОСТ 9759-83 фракцией 2 - 20 мм с объемной насыпной массой 300-400 кг/м^3 и пористые добавки - дробленый пенопласт ФРП-1 по ГОСТ 22546-77^{X} фракцией 2 - 5 мм или песок перлитовый вспученный по ГОСТ 10832-83 фракцией 0,15-2,5 мм с объемной насыпной массой 80-120 кг/м^3 или вермикулит вспученный по ГОСТ 12865-67 фракцией до 10 мм (для битумокерамзитовой изоляции);

- вермикулит вспученный по ГОСТ 12865-67 фракцией до 10 мм с объемной насыпной массой 125-150 кг/м^3 (для битумовермикулитовой изоляции).

Соотношение компонентов:

- для битумоперлитовой изоляции - битум и песок перлитовый вспученный в пределах 1:7 ÷ 1:9 по объему;

- для битумокерамзитовой изоляции - битум, гравий керамзитовый и пористые добавки - 1:2,4 : 0,18 по массе;

- для битумовермикулитовой изоляции - битум и вермикулит вспученный - 1:7 по объему.

I.IO. Основные физико-механические показатели тепловой изоляции после нанесения ее на трубы должны удовлетворять требованиям, приведенным в табл.I.

Таблица I

Наименование показателей	Тип изоляции		
	битумо-перлит	битумо-керамзит	битумо-вермикулит
Объемная масса в сухом состоянии γ в кг/м^3	450-550	не более 600	не более 600
Предел прочности при температуре 20°С не менее, в МПа (кгс/см^2):			
при сжатии	0,5(5)	I(IO)	0,5(5)
при изгибе	0,2(2)	0,3(3)	0,25(2,5)
Водопоглощение при полном погружении на одни сутки не более, в %% по массе	6	8	8
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии $\lambda_{из.}^{сух.}$ при температуре +20°С не более, в Вт/м·°С(ккал/м·ч·°С)	0,I28(0,II)	0,I58(0,I35)	0,I28(0,II)
Удельное объемное электрическое сопротивление в сухом состоянии не менее, в Ом·см	$I0^{I0}$	$I0^{I0}$	$I0^{I0}$
Влажность тепловой изоляции W не более, в % по массе	3	3	3
Коэффициент грения трубы по изоляции	0,7-0,85	0,9-I,0	0,7-0,85
Коэффициент постели основания трубы К, в МПа/см (кгс/см^3)	0,I5(I,5)	I,0(I0)	0,I5(I,5)

Примечание. Перечисленные в табл.I показатели, кроме коэффициентов трения трубы по изоляции и постели основания трубы, относятся к основному теплоизоляционному слою без антикоррозионного и гидроизоляционного покрытий и должны контролироваться ОТК предприятия-поставщика изолированных труб и изделий в соответствии с техническими условиями заводов-изготовителей и включаться в сортификат поставки.

I.II. Применение для строительства тепловых сетей изолированных труб с трещинами в основном теплоизоляционном слое и с поврежденным гидроизоляционным покрытием не допускается.

I.I2. Для строительства тепловых сетей следует применять стальные трубы, удовлетворяющие требованиям "Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды", утвержденных Госгортехнадзором СССР (табл.2).

Трубы из стали марок I0,20,ВСт3сп5 и I0Г2 разрешается применять в районе с расчетной наружной температурой не ниже минус 40°С, а из стали I7ГС, I7Г1С и I7Г1С-У-в районах с расчетной наружной температурой не ниже минус 50°С и из стали марки 09Г2С в районах с расчетной наружной температурой не ниже минус 60°С.

Монтаж труб из всех марок стали следует выполнять при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20°С.

Электросварные трубы Ду≥400 мм должны применяться с двухсторонним сварным швом. Трубы должны поставляться мерной длины в соответствии с ГОСТами и техническими условиями на трубы. Концы труб должны быть подготовлены под сварку в соответствии с действующими нормами.

Толщина стенок труб должна определяться расчетом в зависимости от параметров теплоносителя и материала труб.

Таблица 2

Трубы для тепловых сетей бесканальной прокладки

Условный проход Ду мм	ГОСТ или ТУ на трубы и их характеристика	Предельные параметры теплоносителя: температура, °С	Предельные параметры теплоносителя: условное давление МПа(кгс/см²)	Марка стали, ГОСТ или ТУ	Необходимые дополнительные испытания
I	2	3	4	5	6
I5-400	ГОСТ I0705-80 Трубы электросварные прямошовные термически обработанные группы В	I50	I,6(I6)	I0,20 ГОСТ I050-74[XX] ВСт3сп5 ГОСТ 380-7I[X]	Испытание на загиб по ГОСТ 3728-78
50-400	ТУI4-3-I90-82 Трубы бесшовные горячедеформированные	I50	2,5(25)	I0,20 ГОСТ I050-74[XX]	Не требуется
50-400	ТУI4-3-II28-82 Трубы бесшовные горячедеформированные	I50	2,5(25)	09Г2С ГОСТ I9282-73[X]	Испытание на загиб по ГОСТ 3728-78
50-400	ГОСТ 550-75[X] Трубы бесшовные термически обработанные, горячедеформированные группы Б	I50	2,5(25)	20 ГОСТ I050-74[XX] I0Г2 ГОСТ 4543-7I[X]	При заказе труб из стали I0Г2 оговаривать необходимость выполнения на трубном заводе контроля металла труб на ударную вязкость при температуре минус 40°С по п.2.4 ГОСТ 550-75[X]

I	2	3	4	5	6
I5-45	ГОСТ 8733-74[X] Трубы бесшовные термически обработанные, группы В	I50	2,5(25)	I0,20 ГОСТ I050-74[XX]	Испытание на загиб по ГОСТ 3728-78 с подтверждением сертификатами предела текучести
200-400	ТУI4-3-377-75[X] Трубы электросварные прямошовные, термически обработанные	II5	I,6(I6)	I0,20 ТУI4-I-3579-83	Испытание на загиб по ГОСТ 3728-78
25-I50	ГОСТ 3262-75[X] Трубы стальные водогазопроводные, оцинкованные	70	I,0(I0)	I0, 20	Не требуется

I.I3. Для изоляции монтажных сварных стыков труб, участков неизолированных труб, примыкающих к щитовым неподвижным опорам, и др., должна применяться поставляемая заводами-изготовителями изолированных труб горячая битумоперлитовая, битумокерамзитовая или битумовермикулитовая масса, засыпаемая в специальные металлические формы с уплотнением до получения объемной массы изоляции, равной 500-600 кг/м^3. Допускается применение готовых изделий из указанных материалов (полуцилиндров, сегментов), поставляемых заводами.

Гидроизоляционное покрытие тепловой изоляции указанных участков трубопроводов должно осуществляться тем же материалом, который использован для гидроизоляционного покрытия изолированных труб заводской поставки. При этом для труб с полимерной оболочкой гидроизоляция осуществляется муфтой из того же полимерного материала или листовым полимером, соединяемых с гидроизоляционной оболочкой трубопровода сваркой контактным нагревом. Гидроизоляция стыков может осуществляться также с помощью термоусадочных муфт.

Полимерные материалы для гидроизоляции должны поставляться в комплекте с изолированными трубами.

2. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

2.I. Проектирование бесканальных тепловых сетей должно производиться с применением типовых конструкций и деталей.

2.2. Изолированные трубы укладываются в траншею на естественное основание.

При прокладке тепловых сетей ниже максимального уровня стояния грунтовых вод, в насыщенных водой грунтах, а также в глинистых и суглинистых грунтах должен предусматриваться попутный дренаж,

при этом изолированные трубы укладываются на подушку из среднезернистого песка толщиной не менее I00 мм.

2.3. Толщина основного слоя теплоизоляционной конструкции определяется по нормам тепловых потерь. Исходя из требований унификации и индустриализации работ, рекомендуется толщину основного слоя теплоизоляционной конструкции для двухтрубных водяных тепловых сетей принимать, для подающего и обратного трубопроводов одинаковой по табл.3, составленной из условия, что суммарные среднегодовые потери подающим и обратным трубопроводами не превышают суммарных нормативных потерь тепла.

Ввиду отсутствия нормативных потерь тепла для паровых сетей при бесканальной прокладке, толщина основного слоя теплоизоляционной конструкции для этих сетей должна определяться технико-экономическим расчетом.

Для конденсатопроводов толщины основного слоя теплоизоляционной конструкции принимаются как для водяных тепловых сетей со среднегодовой температурой теплоносителя 90°С, а для сетей горячего водоснабжения - 65°С.

Методика определения потерь тепла, толщины основного слоя теплоизоляционной конструкции и температурного поля грунта в зоне прокладки трубопроводов, а также методика определения коэффициента теплопроводности основного слоя теплоизоляционной конструкции приведены в приложениях I и 2.

2.4. Заглубление верха конструкции изоляции от поверхности земли или дорожного покрытия должно быть не менее 0,7 м и не более 2,5 м.

Примечание. На вводе тепловой сети в здание в непроезжей части допускается уменьшение величины заглубления до 0,5 м.

Таблица 3

Условный проход труб, Ду мм	Толщины основного слоя теплоизоляционной конструкции в мм при среднегодовой температуре воды в подающем и обратном трубопроводах $t_п^{ср.год}$, $t_о^{ср.год}$ и максимальной расчетной $t_п^р$, $t_о^р$			
	$t_п^{ср.год}$ =90°С $t_о^{ср.год}$ =50°С	$t_п^р$ =I50°С $t_о^р$ = 70°С	$t_п^{ср.год}$ =65°С $t_о^{ср.год}$ =50°С	$t_п^р$ =95°С $t_о^р$ =70°С
	битумоперлит и битумовермикулит	битумокерамзит	битумоперлит и битумовермикулит	битумокерамзит
I	2	3	4	5
25	50	60	40	50
32	50	60	40	50
40	50	60	40	50
50	60	70	50	60
65	60	70	50	60
80	60	70	50	60
I00	70	70	60	60
I25	70	80	60	70
I50	80	90	70	70
200	80	90	70	80
250	80	90	70	80

- I4 -

Продолжение таблицы 3

I	2	3	4	5
300	80	90	70	80
350	80	90	70	80
400	80	90	70	80

Примечание. Таблица составлена для температуры грунта 5°С и числа часов работы трубопровода 8400 час. в год

2.5. Компенсация тепловых удлинений трубопроводов должна осуществляться преимущественно осевыми компенсаторами (сильфонными или сальниковыми), а углы поворота замертвляться.

Проектирование и строительство тепловых сетей с применением сильфонных компенсаторов должно осуществляться в соответствии с "Временными указаниями по применению осевых неразгруженных сильфонных (волнистых) компенсаторов для тепловых сетей", утвержденных Минэнерго СССР и Госстроем СССР в I983 г. (приложение 6).

Целесообразность применения гибких компенсаторов и использование углов поворота трассы для компенсации тепловых удлинений трубопроводов следует обосновывать.

2.6. Гибкие компенсаторы должны прокладываться в нишах, а трубопроводы на углах поворота трассы, используемых для компенсации тепловых удлинений,- в каналах. Из каналов и ниш должен предусматриваться отвод воды.

Способ отвода воды из низших точек каналов и ниш следует разрабатывать в каждом конкертном проекте, посредством устройства самотечных дренажных выпусков в ливневую канализацию или в колодцы попутного дренажа. В случаях отсутствия возможности отвода воды в ливневую канализацию или в колодцы попутного дренажа, выпуск воды из каналов и ниш производится в специальные дренажные колодцы, из которых вода должна откачиваться периодически.

2.7. Расчет трубопроводов на компенсацию тепловых удлинений, а также определение минимальных длин канальных участков, примыкающих к П-образным компенсаторам и углам поворота трассы, производится по формулам, номограммам и таблицам, приведенным в приложениях 3 и 4. При этом вылет компенсаторов должен определяться с учетом их предварительной растяжки, а углы поворота - рассчитываться без учета предварительной растяжки.

2.8. Метод определения горизонтальных осевых и боковых нагрузок на неподвижные опоры трубопроводов приведен в приложении 5,6 и10. Для уменьшения нагрузок на неподвижные опоры, устанавливаемые на прямолинейных участках трассы, рекомендуется принимать симметричные схемы компенсации.

На прямолинейных бесканальных участках трубопроводов с гибкими компенсаторами в грунтах равномерной плотности при полном равенстве сил, действующих с каждой стороны намечаемой неподвижной опоры, и отсутствии ответвлений допускается неподвижные опоры не устанавливать.

2.9. Расстояния от неподвижных опор до камер, а также до каналов, примыкающих к нишам гибких компенсаторов и углам поворота трассы (предельные длины бесканальных участков), исходя из условий прочности трубопровода, должны приниматься не более величин, указанных в таблице 4.

2.I0. В пределах каналов, ниш и камер должны применяться трубы с подвесной изоляцией. Подвесная изоляция должна приниматься по типовым конструкциям Минмонтажспецстроя СССР "Изоляция трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов".

2.II. Конструкция узлов перехода бесканальной прокладки на канальную, а также узлов прохода трубопроводов через стенки камер, фундаменты зданий и др. должны выполняться герметичными и допускать осадку, поперечное, продольное и осевое перемещение трубопроводов.

2.I2. Для защиты трубопроводов тепловых сетей от коррозии должны соблюдаться также требования "Инструкции по защите тепловых сетей от электрохимической коррозии", утвержденной Минэнерго СССР и Минжилкомхозом РСФСР и согласованной Госстроем СССР.

Таблица 4

Условный проход трубы	Толщина стенки трубы	Предельные длины бесканальных участков $\ell_{\delta max}$ в м при толщине основного слоя теплоизоляционной конструкции $\delta_{из}$ в мм									
Ду в мм	δ в мм	для битумоперлита и битумовермикулита					для битумокерамзита				
		40	50	60	70	80	50	60	70	80	90
25	3	I5	I5	I5	I5	-	I0	I0	I0	I0	-
32	3	I5	I5	I5	I5	-	I0	I0	I0	I0	-
40	3	I5	I5	I5	I5	-	I5	I5	I0	I0	-
50	3	-	20	20	I5	-		I5	I5	I0	-
65	3	-	20	20	20	-		20	I5	I5	-
80	3	-	25	20	20	20		20	20	20	I5
80	3,5	-	30	25	25	20		25	20	20	I5
I00	4	-	-	30	30	25		30	25	25	20
I25	4	-	-	35	35	30		-	30	30	25
I50	4,5	-	-	-	40	40		-	40	35	30
200	6	-	-	-	45	40				35	30
250	6	-	-	-	45	45				40	40
250	7	-	-	-	55	50				45	45
300	6	-	-	-	50	50				45	40
300	8	-	-	-	65	65				60	55
350	6	-	-	-	60	60				55	55
350	9	-	-	-	80	75				70	65
400	6	-	-	-	55	50				50	45
400	7	-	-	-	65	60				55	55
400	9	-	-	-	80	80				70	70

Примечания: I. При толщине стенки трубы δ', отличной от величины, указанной в графе 2 таблицы, предельная длина бесканального участка $\ell'_{\delta max}$ определяется по формуле:

$$\ell'_{\delta max} = \ell_{\delta max} \frac{\delta'}{\delta}, м$$

2. Для трубопроводов с осевыми компенсаторами (сильфонными и сальниковыми), предельные длины бесканальных участков, приведенные в таблице, могут быть увеличены в два раза за счет установки компенсаторов в середине участка между неподвижными опорами. Во всех случаях расстояния между неподвижными опорами должны проверяться по компенсирующей способности компенсаторов.

3. УКАЗАНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

3.1. Погрузка, разгрузка и перевозка изолированных труб и изделий из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита должны осуществляться специально приспособленными транспортными средствами (специальными автомашинами, железнодорожными вагонами и др.) и механизмами, обеспечивающими сохранность изоляции от повреждения.

Погрузку, разгрузку и перемещение изолированных труб следует осуществлять механизмами, снабженными:

- траверсой или многоветвевыми стропами в сочетании с мягкими "полотенцами", которые охватывают трубу по изоляции;

- клещевым захватом, охватывающим трубу по периметру.

Тип механизмов и способ погрузки и разгрузки выбираются в зависимости от длины и диаметра трубы.

Изделия из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита (полуцилиндры, сегменты) должны транспортироваться в контейнерах в вертикальном положении.

3.2. Изолированные трубы должны храниться на ровной площадке. Допускается укладка труб в несколько рядов при максимальной высоте штабеля не более 2 м для битумоперлитовой и битумовермикулитовой изоляции и не более 3 м - для битумокерамзитовой изоляции

Для предотвращения повреждения и слипания изоляции в штабеле должны предусматриваться стойки и прокладки. Должны быть приняты меры против непосредственного попадания на изолированные трубы солнечных лучей.

Трубы разного диаметра и предназначенные для работы на разные параметры теплоносителя должны храниться отдельно.

3.3. Изделия из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита должны храниться уложенными в штабели высотой не более 120 см в вертикальном положении по размерам и маркам. Не допускается их увлажнение и непосредственное попадание на них солнечных лучей.

3.4. Рытье траншей для трубопроводов и котлованов для камер производится экскаватором. Грунт не добирается до проектной отметки на 10 см. Последующий добор должен производиться вручную непосредственно перед укладкой труб без нарушения естественной структуры грунта в основании траншеи.

Укладка трубопроводов разрешается после проверки соответствия отметок основания траншеи проекту; результаты проверки фиксируются актами.

3.5. В тех случаях, когда траншея в отдельных местах отрыта на излишнюю, по сравнению с проектом, глубину, следует произвести подсыпку местным грунтом с доведением его до естественной плотности пневматическими или ручными трамбовками.

3.6. Перед укладкой в траншею все трубы и детали трубопроводов должны быть разложены вдоль трашеи.

3.7. После раскладки (перед укладкой в траншею) трубы проверяют визуально на сохранность тепловой изоляции и гидроизоляционного покрытия.

Повреждения тепловой изоляции должны быть устранены битумом марки БН-70/30, горячей массой тепловой изоляции или соответствующими готовыми изоляционными изделиями из битумоперлита, битумокерамзита или битумовермикулита на битуме.

Повреждения полимерной оболочки устраняют листовым полимером на сварке, а повреждения покрытия из рулонных материалов соответствующими рулонными материалами (см.примечание 2 к п.1.4).

3.8. Укладка труб в траншеи производится трубоукладчиками, снабженными траверсой и приспособлениями с "полотенцами" или мягкими клещевыми захватами. Захваты ("полотенца") должны быть установлены друг от друга на расстоянии, обеспечивающем сохранность изоляции и исключающем образование на ней трещин из-за прогиба изолированных труб. Освобождение труб от захватов и подъемных приспособлений разрешается только после закрепления труб подбивкой грунта.

Строповка трубопроводов тросом, а также сбрасывание труб и изделий в траншею, волочение их по грунту не допускается.

3.9. Сварка труб и контроль сварных соединений должны производиться непосредственно в траншее в соответствии с действующими нормами и правилами. Рекомендуется применение автоматической сварки. Поворот и волочение труб в процессе сварки запрещается.

Сварка труб в плети на бровке траншеи или над траншеей допускается только при обеспечении строительства механизмами и устройствами, исключающими прогиб трубопроводов и повреждения изоляционной конструкции в процессе сварки и опускания плети в траншею.

3.10. Гидравлическое испытание смонтированных трубопроводов должно производиться в соответствии с действующими правилами и осуществляться в два приема: предварительное и окончательное. Предварительное гидравлическое испытание (опрессовка) производится по отдельным участкам до установки запорной арматуры, осевых компенсаторов, растяжки П-образных компенсаторов и перед нанесением изоляции на монтажные сварные стыки.

Окончательное гидравлическое испытание должно производиться после полного завершения строительно-монтажных работ и засыпки траншеи.

3.II. До опрессовки смонтированных (сваренных) участков трубопровода следует производить их присыпку местным сухим грунтом на высоту не менее половины диаметра трубопровода, оставляя неприсыпанными только монтажные стыки. Присыпку производят вручную с послойным уплотнением одновременно с двух сторон трубопровода при высоте каждого слоя не более 200 мм. При этом особое внимание должно быть обращено на тщательное уплотнение грунта с обеих сторон каждого из параллельно проложенных трубопроводов, обеспечивающее плотное ложе по всему пириметру засыпаемых трубопроводов.

3.I2. После опрессовки отдельных участков трубопровода и устранения выявленных дффектов устанавливается запорная арматура и осевые компенсаторы, наносится антикоррозионное покрытие (аналогичное покрытию самой трубы) и тепловая изоляция на сварные стыки, заканчивается монтаж строительных конструкций (каналов, ниш, камер и др.) и производится засыпка траншей за исключением участков, примыкающих к стыкам, используемым для растяжки П-образных компенсаторов. При этом, в первую очередь, следует произвести засыпку и тщательное уплотнение грунта в приямках под сварными соединениями труб.

Засыпка должна производится сухим местным грунтом без крупных включений в сухую траншею.

3.I3. Засыпку траншеи до высоты не менее I00 мм над верхом изолированной трубы следует производить вручную с послойным уплотнением по всей ширине траншеи, а последующую засыпку, как правило, бульдозером с послойным уплотнением пневматическими трамбовками.

Толщина каждого слоя утрамбовываемого грунта не должна превышать 200 мм. При трамбовании первых двух слоев грунта, перекрывающего трубы, следует исключить удары трамбовки непосредственно над трубами.

3.I4. Осевые компенсаторы должны устанавливаться строго по оси трубопровода без перекоса. Монтажная длина компенсатора должна корректироваться в зависимости от температуры наружного воздуха во время монтажа.

3.I5. Монтажные сварные стыки и свободные от изоляции концы труб перед нанесением антикоррозионного покрытия и тепловой изоляции должны быть тщательно очищены и при необходимости, обезжирены (см."Инструкцию по защите тепловых сетей от электрохимической коррозии").

Тепловая изоляция стыков должна плотно прилегать к трубе и к торцевым поверхностям заводской изоляции. Все швы изоляции должны заделываться горячим битумом.

3.I6. Предварительная растяжка П-образных компенсаторов должна производиться после засыпки бесканальных участков трубопроводов и закрепления неподвижных опор. Растяжка компенсатора должна производиться одновременно и равномерно с двух сторон за концы трубопроводов на расстоянии не менее $5/\beta$ от канального участка, примыкающего к нише компенсатора, (приложение 4).

Величина растяжки принимается по проекту и корректируется в зависимости от температуры наружного воздуха, при которой производится сварка замыкающих стыков. Растяжку рекомендуется выполнять инвентарными стяжными устройствами. Качество замыкающих сварных стыков проверяется физическими методами контроля.

3.I7. Засыпка участков, примыкающих к стыковочным концам труб, используемым для предварительной растяжки П-образных компенсаторов, производится аналогично указаниям, приведенным в п.п. 3.I2 и 3.I3.

3.I8. Окончательное выравнивание и уплотнение поверхности грунта производится бульдозером и самоходными катками.

3.I9. При производстве работ в зимнее время монтаж трубопроводов на промерзших грунтах не допускается.

3.20. В случае, если в основании траншеи окажется разжиженный поверхностный слой грунта, его следует удалить, заменив сухим грунтом или искусственным основанием.

3.2I. Эксплуатационные организации должны осуществлять поэтапный надзор за строительством тепловых сетей, прокладываемых бесканальным способом, и приемку в эксплуатацию законченных объектов.

Приложение I

М Е Т О Д И К А

определения потерь тепла, толщины основного слоя теплоизоляционной конструкции и температурного поля грунта в зоне действующих трубопроводов

Принятые обозначения:

$t_н^{ср.год}$ – средняя за год температура наружного воздуха в ^oC;

$t_н$ – температура наружного воздуха в ^oC;

t – температура теплоносителя в ^oC;

$t^{ср.год\,р}$ – то же, расчетная среднегодовая в ^oC;

$t_{гр}$ – температура грунта в естественном состоянии на глубине заложения оси трубопровода в ^oC;

$t_{гр}^{г}$ – то же, расчетная среднегодовая в ^oC;

$t_{гр}^{xy}$ – температура грунта в точке с координатами x,y в зоне действующего трубопровода в ^oC;

$Д_н$ – наружный диаметр трубы в м;

$Д_{из}$ – наружный диаметр основного слоя теплоизоляционной конструкции в м;

$б_{из}$ – толщина основного слоя теплоизоляционной конструкции (битумоперлита, битумокерамзита, битумовермикулита) в м;

h – средняя глубина заложения оси трубопровода на расчетном участке в м;

b – расстояние между осями трубопровода при двухтрубной прокладке по горизонтали в м;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности основного слоя теплоизоляционной конструкции в вт/ (м.°С) [ккал/(м.ч.°С)];

$\lambda_{гр}$ – коэффициент теплопроводности грунта в естественном состоянии в Вт/(м°С) [ккал/(м.ч.°С)];

q – потеря тепла изолированным трубопроводом в Вт/м [ккал/м.ч];

$q_н^р$ – расчетная норма тепловых потерь в Вт/м [ккал/(м.ч)], определяемая по "Нормам тепловых потерь при бесканальной прокладке тепловых сетей";

$R_{из}$ – термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции в (м.°С)/Вт [(м.ч.°С)/ккал], определяется по формуле:

$$R_{из} = \frac{\ln \frac{D_{из}}{D_н}}{2\pi \cdot \lambda_{из}} \qquad (1)$$

$R_{гр}$ – термическое сопротивление грунта (м.°С)/Вт [(м.ч.°С)/ккал], определяется по формуле:

$$R_{гр} = \frac{\ln \frac{4h}{D_{из}}}{2\pi \cdot \lambda_{гр}} ; \qquad (2)$$

R – термическое сопротивление, учитывающее взаимное влияние двух трубопроводов в (м.°С)/Вт [(м.ч.°С)/ккал], определяется по формуле:

$$R = \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{b}\right)^2}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}} ; \qquad (3)$$

x,y – координаты точки в зоне действующего трубопровода, для которой определяется температура грунта, при этом x – расстояние по горизонтали от этой точки до вертикальной оси трубопровода с наибольшей температурой теплоносителя, а y – расстояние по вертикали от этой точки до поверхности земли в м.

При двухтрубных тепловых сетях к принятым обозначениям вводятся индексы: для подающего трубопровода "п", для обратного "о".

I. Потери тепла по заданной толщине основного слоя теплоизоляционной конструкции q_y в Вт/м [ккал/(м.ч)] определяются по формулам:

а) при однотрубных тепловых сетях

$$q = \frac{t - t_{гр}}{R_{из} + R_{гр}} \quad ; \qquad (4)$$

б) при двухтрубных тепловых сетях:

для подающего трубопровода

$$q_п = \frac{(t_п - t_{гр})\cdot(R_{из.о} + R_{гр}) - (t_о - t_{гр})R}{(R_{из.п} + R_{гр})(R_{из.о} + R_{гр}) - R^2} \; ; \qquad (5)$$

для обратного трубопровода

$$q_о = \frac{(t_о - t_{гр})(R_{из.п} + R_{гр}) - (t_п - t_{гр})\cdot R}{(R_{из.о} + R_{гр})(R_{из.п} + R_{гр}) - R^2} \; ; \qquad (6)$$

Среднегодовые потери тепла должны быть равны или меньше расчетных норм тепловых потерь $q_н^р$.

При одинаковых толщинах основного слоя теплоизоляционной конструкции подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей суммарные среднегодовые потери тепла ($q_п + q_о$) должны быть равны или меньше суммарных расчетных норм тепловых потерь $(q^р_{н.п} + q^р_{н.о})$.

2. Толщина основного слоя теплоизоляционной конструкции $б_из$ в м, определяемая по нормам тепловых потерь высчитывается по формуле:

$$б_{из} = \frac{D_н}{2} \cdot \left(\frac{D_{из}}{D_н} - 1\right); \qquad (7)$$

при этом отношение $\frac{D_{из}}{D_н}$ определяется из выражений:

а) при однотрубных тепловых сетях

$$\ln \frac{D_{из}}{D_н} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из} \cdot \lambda_{гр}}{\lambda_{гр} - \lambda_{из}} \cdot \left(\frac{t^{ср.год\,р} - t^р_{гр}}{q^р_н} - \frac{\ln \frac{4h}{D_н}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}}\right); \qquad (8)$$

б) при двухтрубных тепловых сетях и различных толщинах основного слоя теплоизоляционной конструкции для подающего трубопровода

$$\ln \frac{D_{из.п}}{D_{н.п}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из.п} \lambda_{гр}}{\lambda_{гр} - \lambda_{из.п}} \left(\frac{t_п^{ср.год\,р} - t^р_{гр} - q^р_{н.о} \cdot R}{q^р_{н.п}} - \frac{\ln \frac{4h}{D_{н.п}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}}\right); \qquad (9)$$

для обратного трубопровода

$$\ln\frac{D_{из\,о}}{D_{н.о}} = \frac{2\pi\cdot\lambda_{из\,о}\cdot\lambda_{гр}}{\lambda_{гр}-\lambda_{из\,о}}\left(\frac{t_0^{ср.год.р}-t_{гр}^{р}-q_{н.п}^{р}\cdot R}{q_{н.о}^{р}}-\frac{\ln\frac{4h}{D_{н.о}}}{2\pi\lambda_{гр}}\right). \quad (10)$$

Толщина основного слоя теплоизоляционной конструкции, определяемая из условия равенства толщин для подающего и обратного трубопроводов, определяется по формуле:

$$\ln D_{из} = \frac{\lambda_{из}\cdot\lambda_{гр}}{\lambda_{гр}-\lambda_{из}}\left[\frac{2\pi}{q_{ч.п}^{р}+q_{т.о}^{р}}\left(t_0^{ср.год.р}+t_0^{ср.год.р}-2t_{ч}^{р}\right)+\frac{1}{\lambda_{из}}\ln D_{н}-\right.$$

$$\left.-\frac{1}{\lambda_{гр}}\ln 4h\sqrt{1+\left(\frac{2h}{b}\right)^2}\right]; \quad (11)$$

3. Температура грунта $t_{гр}^{xy}$ в ^{o}C в точке с координатами x,y в зоне действующих трубопроводов определяется по формулам:

а) при однотрубных тепловых сетях

$$t_{гр}^{xy} = t_{ч}+\frac{q}{2\pi\cdot\lambda_{гр}}\ln\sqrt{\frac{x^2+(y+h)^2}{x^2+(y-h)^2}}; \quad (12)$$

б) при двухтрубных тепловых сетях

$$t_{гр}^{xy} = t_{ч}+\frac{q_п}{2\pi\cdot\lambda_{гр}}\ln\sqrt{\frac{x^2+(y+h)^2}{x^2+(y-h)^2}}+\frac{q_о}{2\pi\cdot\lambda_{гр}}\ln\sqrt{\frac{(x-\ell)^2+(y+h)^2}{(x-\ell)^2+(y-h)^2}}$$

Примечания: I. При заглублении трубопровода от поверхности грунта до поверхности теплоизоляционной конструкции 0,7 м и менее в формулах (4) ÷ (6) и (8) ÷ (I3), вместо температур грунта $t_{гр}$ и $t'_{гр}$, проставляется соответственно температура наружного воздуха $t_н$ и $t_н^{гр.год.}$

2. При определении потерь тепла по заданной толщине основного слоя теплоизоляционной конструкции (формулы 4÷6) и при определении температуры грунта в зоне действующего трубопровода (формулы I2,I3) коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}$ определяется с учетом увлажнения в процессе эксплуатации по формулам и графикам, приведенным в прил.2. При определении толщины основного слоя теплоизоляционной конструкции по нормам тепловых потерь (формулы 7÷II) коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}$ принимается в сухом состоянии в соответствии с табл.I настоящей Инструкции.

3. Коэффициент теплопроводности грунта $\lambda_{гр}$ в зависимости от его влажности принимается в пределах I.I63÷2.9 Вт/(м.°С) [I÷2,5 ккал/(м.ч.°С)], при этом для грунтов средней влажности $\lambda_{гр}$ может быть принят равным 2,326 Вт/(м.°С) [2 ккал/(м.ч.°С)].

4. Термическое сопротивление гидрозащитного покрытия теплоизоляционной конструкции в расчетах не учитывается.

5. Температуры теплоносителя и окружающей среды в расчетах должны приниматься в соответствии с указаниями главы СНиП на проектирование тепловых сетей (СНиП 2.04.07-86)

Приложение 2

МЕТОДИКА

определения коэффициента теплопроводности основного слоя теплоизоляционной конструкции.

Коэффициент теплопроводности основного слоя теплоизоляционной конструкции (битумоперлита, битумокерамзита, битумовермикулита) в Вт/ (м.°С) [ккал/(м.ч. °С)] в зависимости от егообъемной массы и влажности и от температуры теплоносителя определяется по формулам:

для битумоперлита

$$\lambda_{из} = 0.0559 + 25\,10^{-4}\cdot(\gamma - 280) + 2.00\,10^{-4}(t_{ср} - 20) + [0,00190 + 0.5117\cdot10^{-4}\cdot(t_{ср} - 20)]\cdot W \quad ; \quad (1)$$

$$\left\{ \lambda_{из} = 0.0515 + 2.15\,10^{-4}\cdot(\gamma - 280) + 1.72\,10^{-4}(t_{ср} - 20) + [0.00163 + 0.44\,10^{-4}\cdot(t_{ср} - 20)]\cdot W \right\};$$

для битумокерамзита

$$\lambda_{из} = 0.0577 + 2.37\cdot10^{-4}\cdot(\gamma - 350) + 2.00\cdot10^{-4}(t_{ср} - 20) + [0.00190 + 0.5117\cdot10^{-4}\cdot(t_{ср} - 20)]\cdot W \quad ; \quad (2)$$

$$\left\{ \lambda_{из} = 0.084 + 2.04\,10^{-4}\cdot(\gamma - 350) + 1.72\cdot10^{-4}(t_{ср} - 20) + [0.00163 + 0.44\cdot10^{-4}\cdot(t_{ср} - 20)]\cdot W \right\};$$

для битумовермикулита

$$\lambda_{из} = 0.0791 + 1.63\,10^{-4}\cdot(\gamma - 320) + 2.33\,10^{-4}(t_{ср} - 20) + [0.00190 + 0,5117\cdot10^{-4}\cdot(t_{ср} - 20)]\cdot W \quad ; \quad (3)$$

$$\left\{ \lambda_{из} = 0.068 + 1.4\,10^{-4}\cdot(\gamma - 320) + 2.00\cdot10^{-4}(t_{ср} - 20) + [0.00163 + 0,44\cdot10^{-4}\cdot(t_{ср} - 20)]\cdot W \right\};$$

где γ – объемная масса основного слоя теплоизоляционной конструкции в сухом состоянии в кг/м3;

$t_{ср.}$ – средняя температура основного слоя теплоизоляционной конструкции в °С определяется по формуле

$$t_{ср} = \frac{t + t_{из}}{2} \quad ; \quad (4)$$

$t_{из}$ – температура на поверхности основного слоя теплоизоляционной конструкция в °С; для определения коэффициента теплопроводности ($t_{из}$) допускается определять из выражения

$$t_{из} = 0,5\,t \quad ;$$

t – температура теплоносителя в °С;

W – влажность изоляции (по массе) в %.

Коэффициент теплопроводности основного слоя теплоизоляционной конструкции в зависимости от его объемной массы в сухом состоянии при температуре + 20°С может быть определен по графику на рис. I, а значения величин, характеризующих увеличение коэффициента в зависимости от температуры теплоносителя $\Delta\lambda^{t}_{из}$ и влажности изоляции $\Delta\lambda^{w}_{из}$, могут быть определены по графикам на рис. 2 и 3.

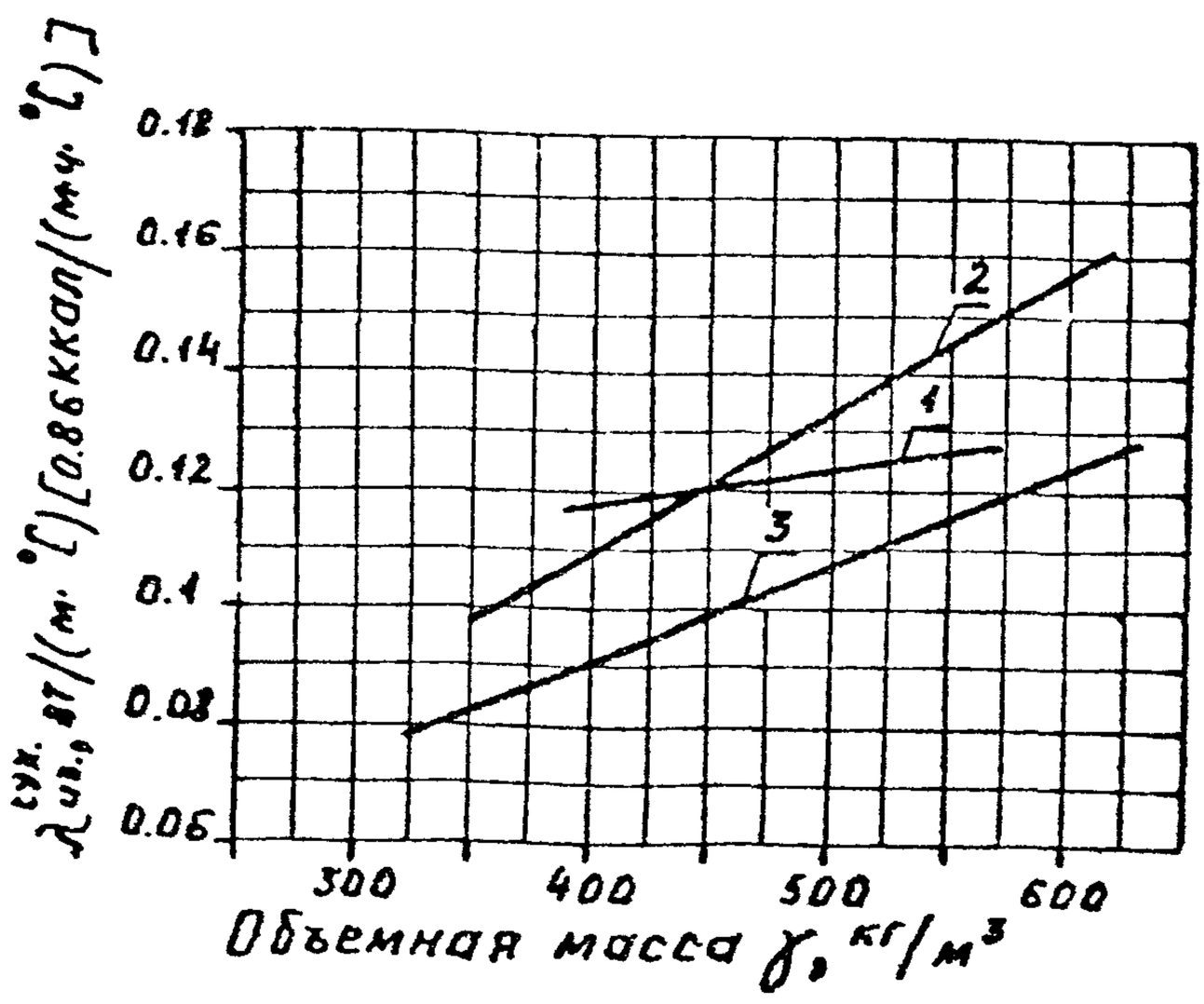


Рис. I. График зависимости коэффициента теплопроводности от объемной массы в сухом состоянии при температуре +20°С

I – для битумоперлита $\lambda^{сух.}_{из.} = 0{,}0599 + 2{,}5 \cdot 10^{-4}(\gamma - 280)$; [0,0515+2,15·10⁻⁴(γ-280)]

2 – для битумокерамзита $\lambda^{сух.}_{из.} = 0{,}0977 + 2{,}37 \cdot 10^{-4}(\gamma - 350)$; [0,084+2,04·10⁻⁴(γ-350)]

3 – для битумовермикулита $\lambda^{сух.}_{из} = 0{,}0791 + 1{,}63 \cdot 10^{-4}(\gamma - 320)$; [0,068+1,4·10⁻⁴(γ-320)]

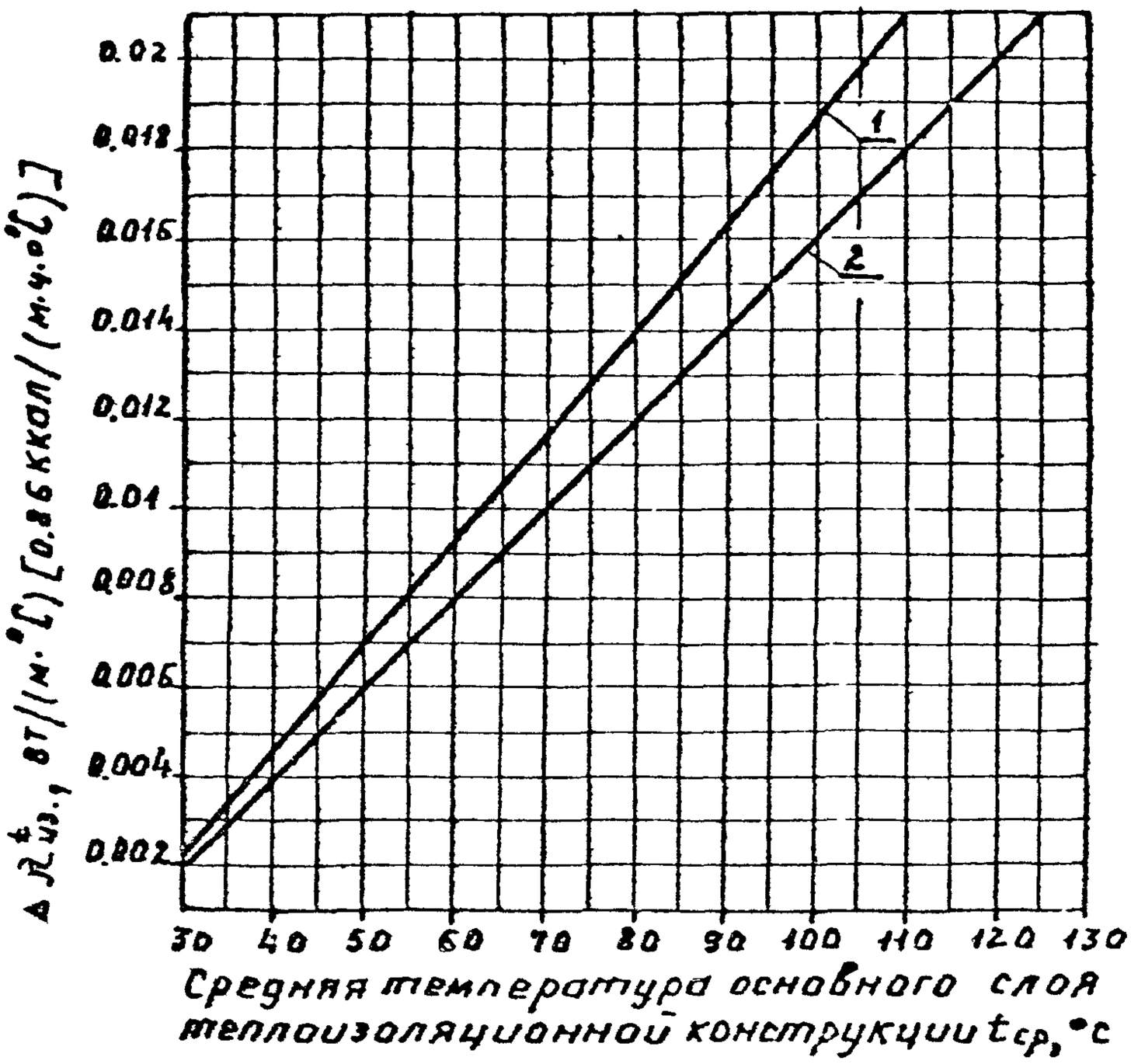


Рис. 2. График для определения величины $\Delta\lambda^{t}_{из.}$

I – для битумовермикулита $\Delta\lambda^{t}_{из.}=2{,}33\,10^{-4}(t_{ср}-20)$; $[2{,}0\cdot10^{-4}(t_{ср}-20)]$

2 – для битумоперлита и битумокерамзита $\Delta\lambda^{t}_{из.}=2{,}0\cdot10^{-4}(t_{ср}-20)$; $[1{,}72\cdot10^{-4}(t_{ср}-20)]$

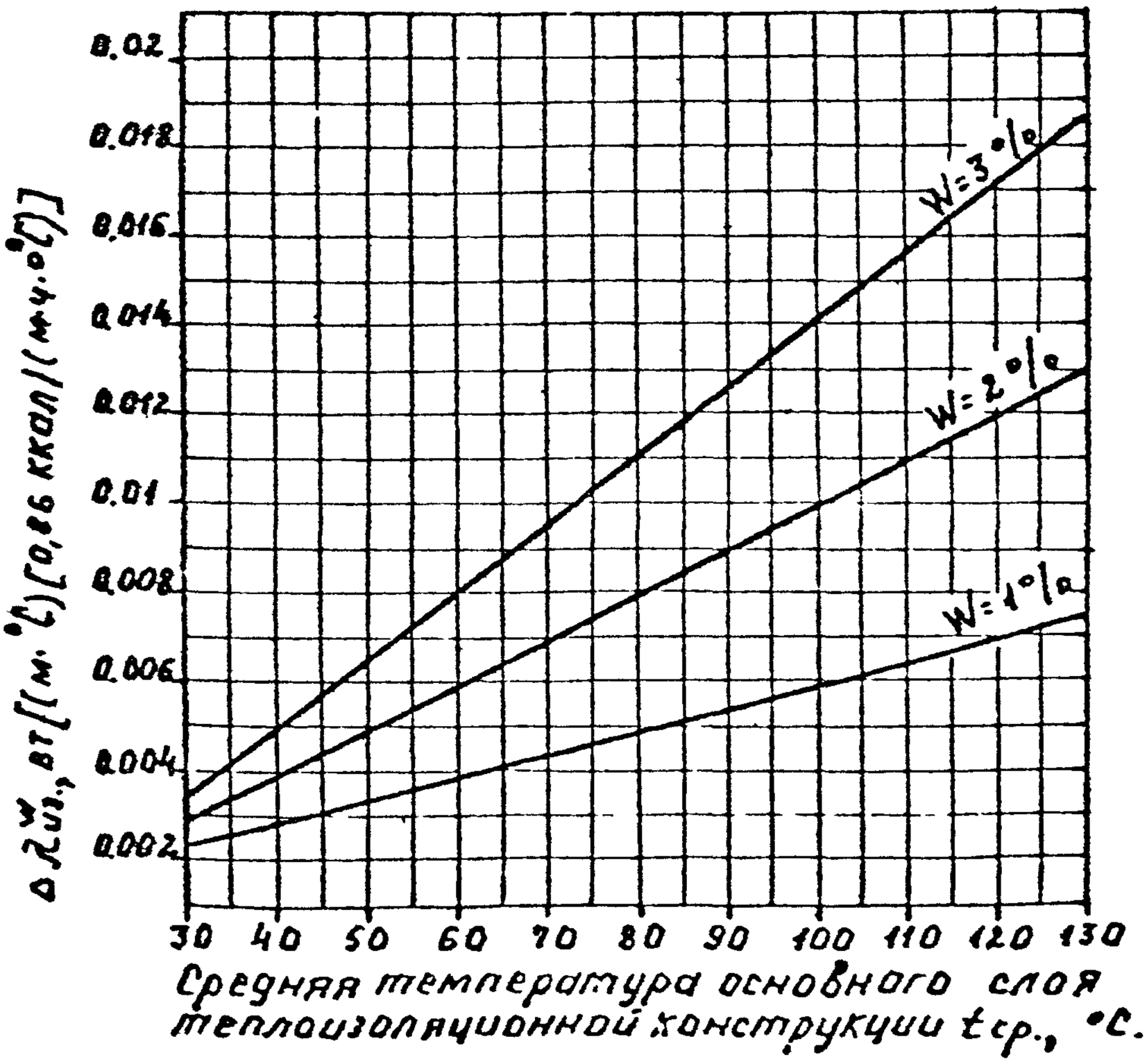


Рис. 3. График для определения величины $\Delta \lambda^{W}_{из.}$

$$\Delta \lambda^{W}_{из.} = [0{,}0019 + 0{,}5117 \cdot 10^{-4}(t_{ср} - 20)]W;$$

$$\Delta \lambda^{W}_{из} = [0{,}00163 + 0{,}44 \cdot 10^{-4}(t_{ср} - 20)]W$$

Приложение 3.

РАСЧЕТ
трубопроводов на компенсацию тепловых удлинений

Принятые обозначения:

L - расстояние между неподвижными опорами в см;

L_1, L_2 - расстояние от неподвижной опоры до угла поворота трассы в см;

$l_{б1}, l_{б2}$ - длины бесканальных участков трубопровода (расстояние от неподвижных опор до начала канальных участков) в см;

l - длина канального участка, примыкающего к П-образному компенсатору в см;

l_1, l_2 - длины канальных участков на углах поворота трассы в см;

l', l_1', l_2' - длины условных расчетных участков в см;

H - вылет компенсатора в см;

B - створ компенсатора в см;

r - радиус гнутья отводов в см;

$D_н$ - наружный диаметр трубы в см;

δ - толщина стенки трубы в см;

J - момент инерции поперечного сечения трубы в $см^4$;

W - момент сопротивления поперечного сечения трубы в $см^3$;

E - модуль упругости трубной стали МПа (кгс/см2);

σ - допускаемое изгибающее компенсационное напряжение, определяемое расчетом трубопровода на прочность МПа (кгс/см2);

K - коэффициент постели основания трубы МПа/см (кгс/см3) (см. табл. I);

P - силы упругой деформации Н(кгс);

β - расчетная характеристика конструкции на упругом основании

в I/см, определяется по формуле:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D_н}{4 \cdot E \cdot J}} \quad ; \qquad (I)$$

значения величин I/β и $5/\beta$ см. приложение 4;

Δ- расчетное тепловое удлинение участков трубопровода в см;

t - температура теплоносителя при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления в ^{o}C;

$t_{р.с}$ - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления в ^{o}C;

Δt - расчетный перепад температур, принимаемый как разность между рабочей температурой теплоносителя t и расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления $t_{р.о}$ в ^{o}C;

α - средний коэффициент линейного расширения трубной стали при нагреве от 0 до t ^{o}C в $I/^{o}C$;

C, m - соответственно коэффициенты повышения гибкости и концентрации напряжений для отводов (см. приложение 4);

$a_1, a_2, a'_1 a'_2$ - расчетные коэффициенты.

I. Основные расчетные формулы

Исходные условия

Формулы для расчета трубопроводов на компенсацию тепловых удлинений выведены, исходя из следующих условий:

- участки трубопроводов, включая П-образные компенсаторы, прокладываемые в каналах, рассматриваются как свободные рамы;

- участки трубопровода, находящиеся непосредственно в грунте (бесканальные участки), рассматриваются как бесконечно длинные балки на упругом винклеровском основании, поэтому длины участков трубопровода от неподвижной опоры до начала канального участка (рис. I, 2, 3) должны удовлетворять условиям:

$$l_{б_1} \geqslant \frac{5}{\beta}\ ;\quad l_{б_2} \geqslant \frac{5}{\beta}\ ;$$

значения $5/\beta$ приведены в приложении 4;

– общая длина канальных участков должна быть минимальной.

Формулы для расчета П-образных компенсаторов (рис. I)

Вылет компенсатора H в см определяется:

– для компенсатора с гнутыми гладкими отводами (рис. Iа) из выражения (с учетом гибкости отводов)

$$\Delta = \frac{\sigma}{0{,}5\ E\ D_н \cdot m}\left\{H(B-2\cdot z)+\frac{(H-2\cdot z)^3}{3\cdot H}+\frac{c\cdot z}{H}\left[2\cdot\pi\cdot z^2+B\cdot z(H-2z)+\pi\cdot(H-2z)^2\right]\right\}\ ; \quad (2)$$

– для компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами (рис. Iб) при заданном соотношении $\frac{B}{H}$ по формуле (без учета гибкости отводов):

$$H = \sqrt{\frac{3\cdot\Delta\cdot E\cdot D_н}{2\cdot(3\cdot B/H+1)\cdot\sigma}} \quad (3)$$

Выражения (2) и (3) справедливы при условии, что длины канального участка l в см примыкающего к компенсатору, не менее величин, определяемых из формул:

– для компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$$l \geqslant \frac{B}{2}-\frac{1}{\beta}-z\ ; \quad (4)$$

– для компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

$$l \geqslant \frac{B}{2}-\frac{1}{\beta} \quad (5)$$

Расчетное тепловое удлинение участка трубопровода в см определяется по формуле:

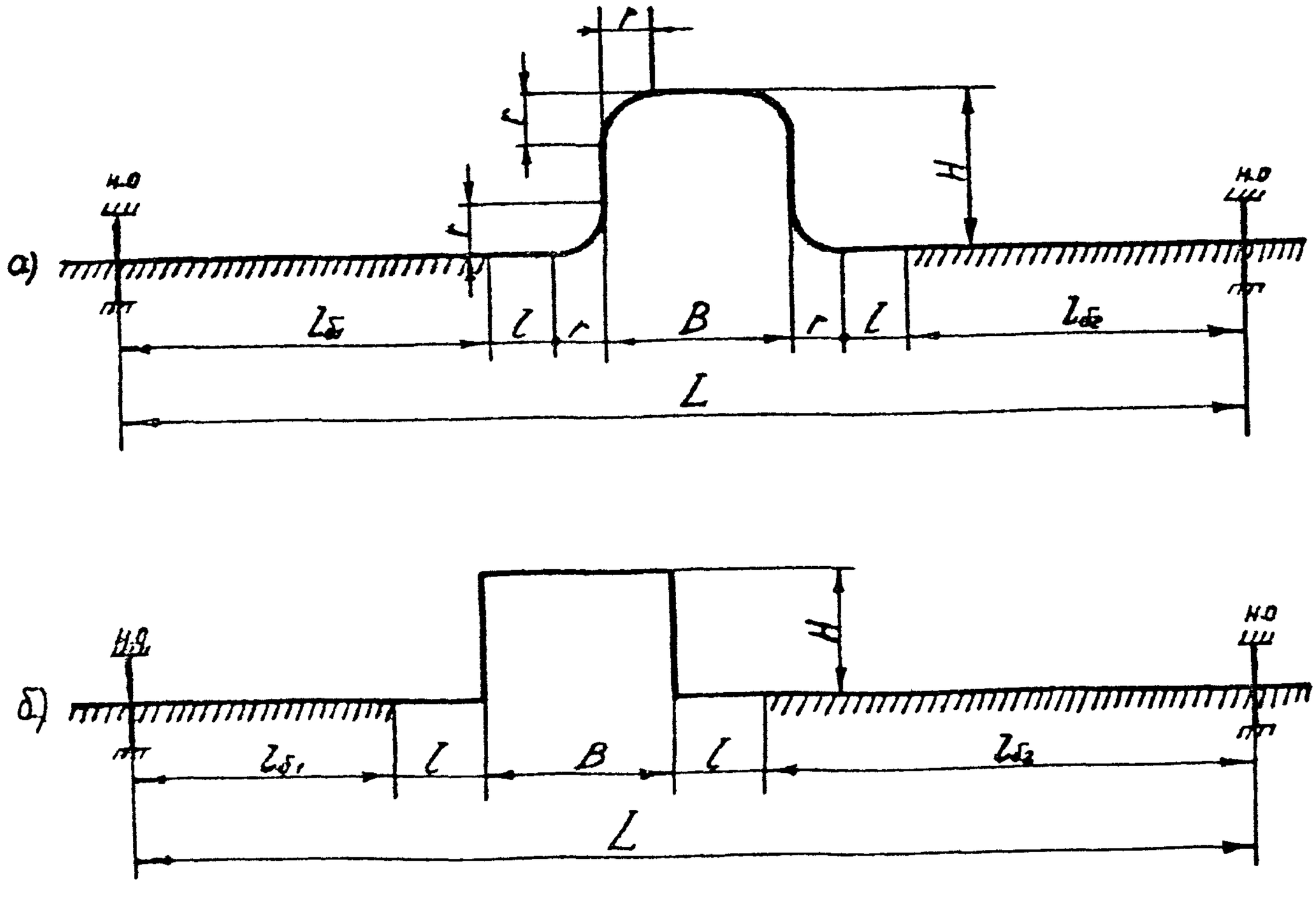


Рис.I. Расчетная схема участка трубопровода с П-образным компенсатором

а) с гнутыми гладкими отводами;

б) со сварными отводами

$$\Delta = 0{,}5 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot L \ , \qquad (6)$$

где 0,5 – коэффициент, учитывающий предварительную растяжку компенсатора в размере 50% полного теплового удлинения участка трубопровода; при отсутствии предварительной растяжки коэффициент 0,5 в формулу (6) не вводится.

Сила упругой деформации $P_в$ Н (кгс) определяется по формуле:

$$P = \frac{200\sigma \cdot W}{H} \ ; \ \left(P = \frac{2\sigma \cdot W}{H}\right)$$

Формулы для расчета Г-образных участков трубопроводов (без учета гибкости отводов)

(рис. 2)

Длины канальных участков l_1 и l_2 в см на углах поворота трассы определяются по формулам:

$$l_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot \Delta_2 \cdot E \cdot D_н}{\sigma}} - \frac{1}{\beta} \ ; \qquad (8)$$

$$l_2 = \sqrt{\frac{3\,\Delta_1 \cdot E \cdot D_н}{\sigma}} - \frac{1}{\beta} \qquad (9)$$

При равных длинах канальных участков:

$$l_1 = l_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right) E \cdot D_н}{\sigma}} - \frac{1}{\beta} \qquad (10)$$

Значения расчетных тепловых удлинений Δ 1 и Δ 2 в см в формулах (8) — (10) определяются по формулам:

$$\Delta_1 = \alpha \cdot \Delta t \cdot L_1 \ ; \qquad (11)$$

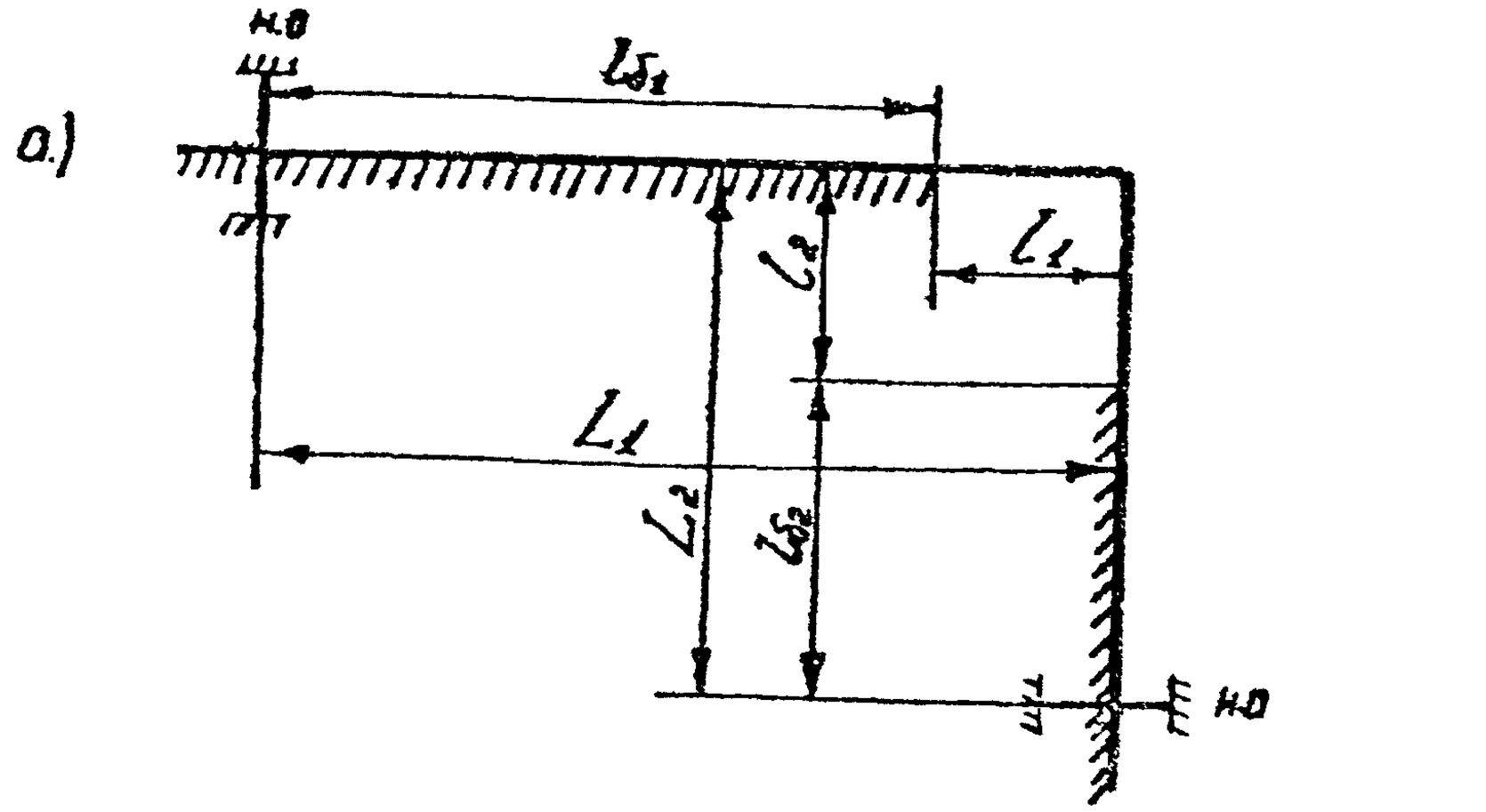


Рис. 2. Расчетная схема Г-образного участка трубопровода
а) поворот трассы под углом 90°;
б) поворот трассы под углом $90^{\circ}+\varphi$

$$\Delta_2 = \alpha \cdot \Delta t \cdot l_2 \; ; \qquad (12)$$

– для поворота трассы под углом $90^\circ + \varphi$ (рис. 2б)

$$\Delta_1 = a_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot l_1 \; ; \qquad (13)$$

$$\Delta_2 = a_2 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot l_2 \; , \qquad (14)$$

где:

$$a_1 = \frac{1 + \frac{l_2}{l_1} \cdot \sin\varphi}{\cos\varphi} \; ; \qquad (15)$$

$$a_2 = \frac{1 + \frac{l_1}{l_2} \cdot \sin\varphi}{\cos\varphi} \qquad (16)$$

Силы упругой деформации P_I и P_2 в Н (кгс) определяются по формулам:

– для поворота трассы под углом 90° (рис. 2а)

$$P_1 = \frac{200 \cdot \sigma \cdot W}{l_1'} \; ; \qquad \left[P_1 = \frac{2 \cdot \sigma \cdot W}{l_1'} \right] ; \qquad (17)$$

$$P_2 = \frac{200 \cdot \sigma \cdot W}{l_2'} \; ; \qquad \left[P_2 = \frac{2 \cdot \sigma \cdot W}{l_2'} \right] , \qquad (18)$$

где l_1', l_2' в см определяются по формулам:

$$l_1' = l_1 + \frac{1}{\beta} \; ; \qquad (19)$$

$$l_2' = l_2 + \frac{1}{\beta} \; , \qquad (20)$$

– для углов поворота трассы под углом $90^\circ + \varphi$ (рис. 2б)

$$P_1 = a_1' \cdot \frac{200 \cdot \sigma \cdot W}{l_1'} \; ; \qquad \left[P_1 = a_1' \frac{2 \cdot \sigma \cdot W}{l_1'} \right] ; \qquad (21)$$

$$P_2 = a_2' \frac{200 \cdot \sigma \cdot W}{l_1'} \; ; \qquad \left[P_2 = a_2' \frac{2 \cdot \sigma \cdot W}{l_1'} \right] . \qquad (22)$$

где a_1', a_2' определяются по формулам:

$$a_1' = \frac{1 + (l_1/l_2') \cdot \sin\varphi}{\cos\varphi} \; ; \qquad (23)$$

$$a_2' = \frac{1 + (l_1'/l_2') \cdot \sin\varphi}{\cos\varphi} \qquad (24)$$

Минимальное значение суммы длин канальных участков $l_1 + l_2$ получается при определении их по формулам (8) и (9).

Формулы для расчета Z-образных участков трубопровода

(без учета гибкости отводов)

(рис. 3)

Длины канальных участков l_1 в см в зависимости от длины участка l_2 в см определяются по формулам:

при $$l_2 \leq \sqrt{\frac{3 \cdot \Delta_3 \, E \cdot D_H}{\sigma}} \qquad (25)$$

$$l_1 = \frac{3 \cdot E \alpha \cdot \Delta t \cdot L \cdot D_H - l_2^2 \cdot \sigma}{3 l_2 \cdot \sigma} + \sqrt{\left(\frac{3 \cdot E \alpha \cdot \Delta t \cdot L \cdot D_H - l_2^2 \cdot \sigma}{3 l_2 \cdot \sigma}\right)^2 + \frac{3 E \alpha \cdot \Delta t \cdot l_2 D_H}{2 \sigma}} - \frac{1}{\beta} \; ; \qquad (26)$$

при

$$l_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot \Delta \cdot E \cdot D_H}{\sigma}} \qquad (27)$$

$$l_1 = \sqrt{\frac{3 \, E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot D_H l_2}{2 \cdot \sigma}} - \frac{1}{\beta} \; ; \qquad (28)$$

при $$l_2 > \sqrt{\frac{3 \cdot \Delta \cdot E \cdot D_H}{\sigma}} \qquad (29)$$

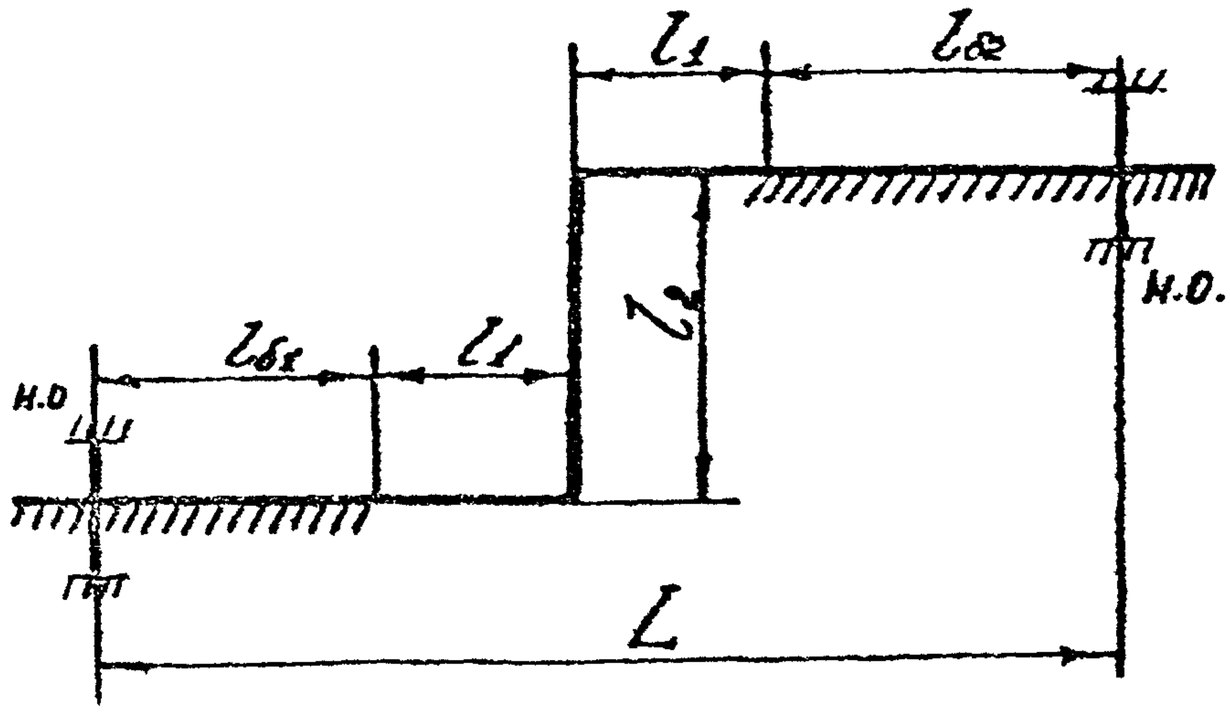


Рис. 3. Расчетная схема Z -образного участка трубопровода

Z -образный участок рассчитывается как два Г-образных, исходя из того, что средняя часть участка l_2 может быть проложена бесканально.

Расчетное тепловое удлинение Δ_3 в см определяется по формуле:

$$\Delta_3 = \alpha \cdot \Delta t \cdot l \qquad (30)$$

Силы упругой деформации P1 и P2 в Н (кгс) определяются по формулам:

$$P_1 = \frac{200 \div 3 \cdot W}{l_2} \quad ; \left(P_1 = \frac{2 \cdot 3\, W}{l_2}\right); \qquad (31)$$

$$P_2 = \frac{200 \cdot 3 \cdot W}{l_1'} \quad ; \quad \left(P_2 = \frac{2 \cdot 3 \cdot W}{l_1'}\right), \qquad (32)$$

где l_1' определяется по формуле (19).

Минимальное значение суммы длин канальных участков $l_2 + 2l_1$ получается при определении их по формулам (27) и (28)

2. Номограммы для расчета и примеры расчета

Исходные условия

Для упрощения практических расчетов трубопроводов на компенсацию тепловых удлинений составлены номограммы, при построении которых принято:

- допускаемое изгибающее компенсационное напряжение $\sigma = 107{,}87$ МПа (1100 кгс/см2);

- модуль упругости трубной стали $E = 1{,}961 \cdot 10^5$ МПа ($2 \cdot 10^6$ кгс/см2);

- средний коэффициент линейного расширения трубной стали

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \ 1/^{\circ}C .$$

В случае, если по расчету трубопровода на прочность величина допускаемых изгибающих компенсационных напряжений σ' получается меньше или больше принятой для пользования номограммами величину расчетного теплового удлинения, определенную по формулам 6, 11, 12, 13, 14 и 30, пересчитать по формула:

$$\Delta' = \Delta \frac{107.87}{\sigma'} \ ; \left(\Delta' = \Delta = \frac{1100}{\sigma'} \right) \qquad (33)$$

Номограммы для расчета П-образных компенсаторов с гнутыми гладкими отводами (рис. 4 - 14).

Пример 1. Дано: $D_н = 32$ мм; $\delta = 3$мм; $r = 0{,}15$ м;

$L = 40$ м; $\Delta t = 200^{\circ}C$;

$\sigma = 107.87$ МПа ($1100 \cdot$ кгс/см^2).

Решение по рис. 4:

а). Определяем расчетное тепловое удлинение с учетом предварительной растяжки компенсатора по формуле (6):

$$\Delta = 0{,}5 \cdot \alpha \Delta t L = 0{,}5 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \ 40 \cdot 10^3 = 48 \text{мм}.$$

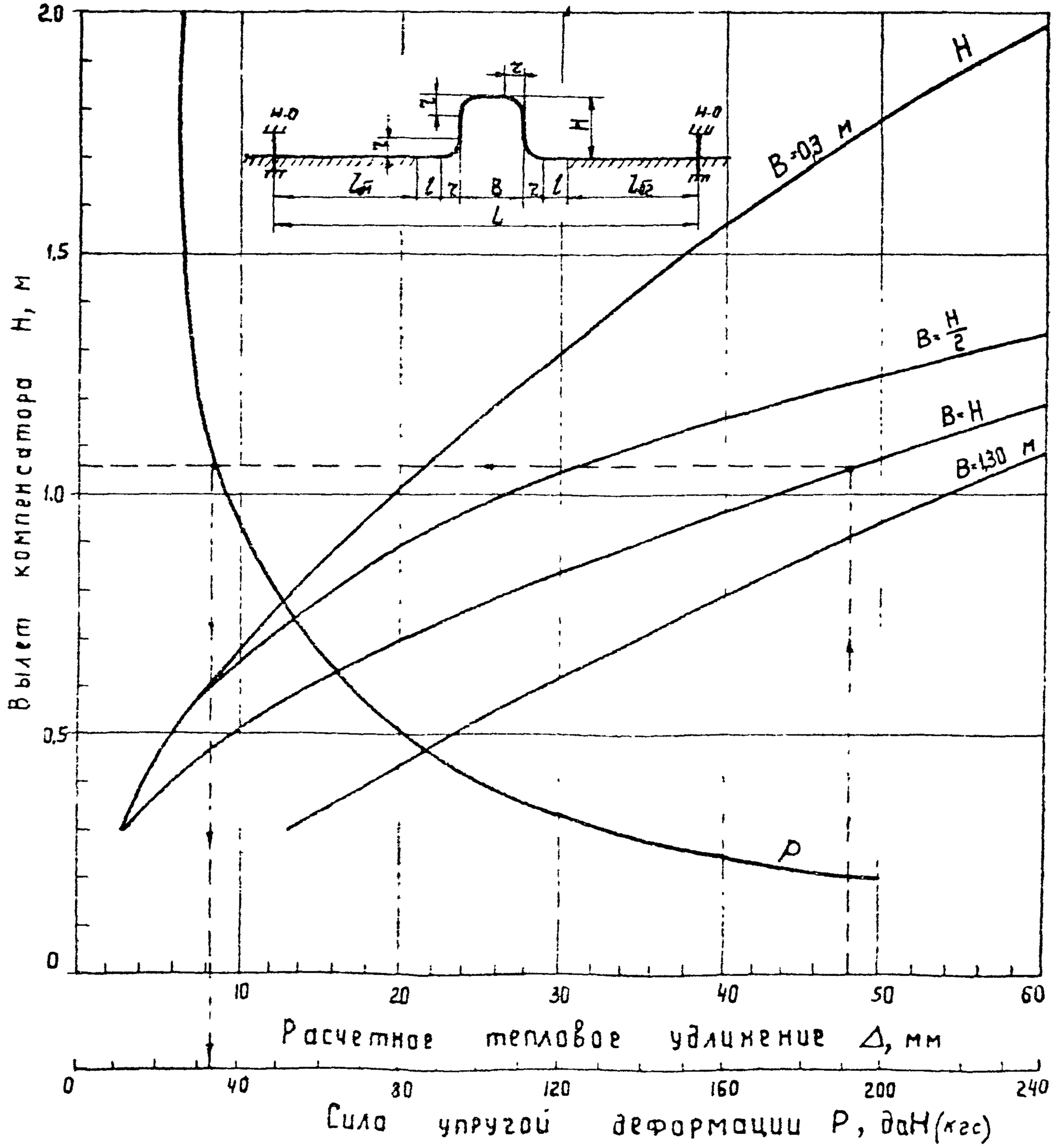


Рис. 4. Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = 32 мм; S = 3 мм; R = 0,15 м

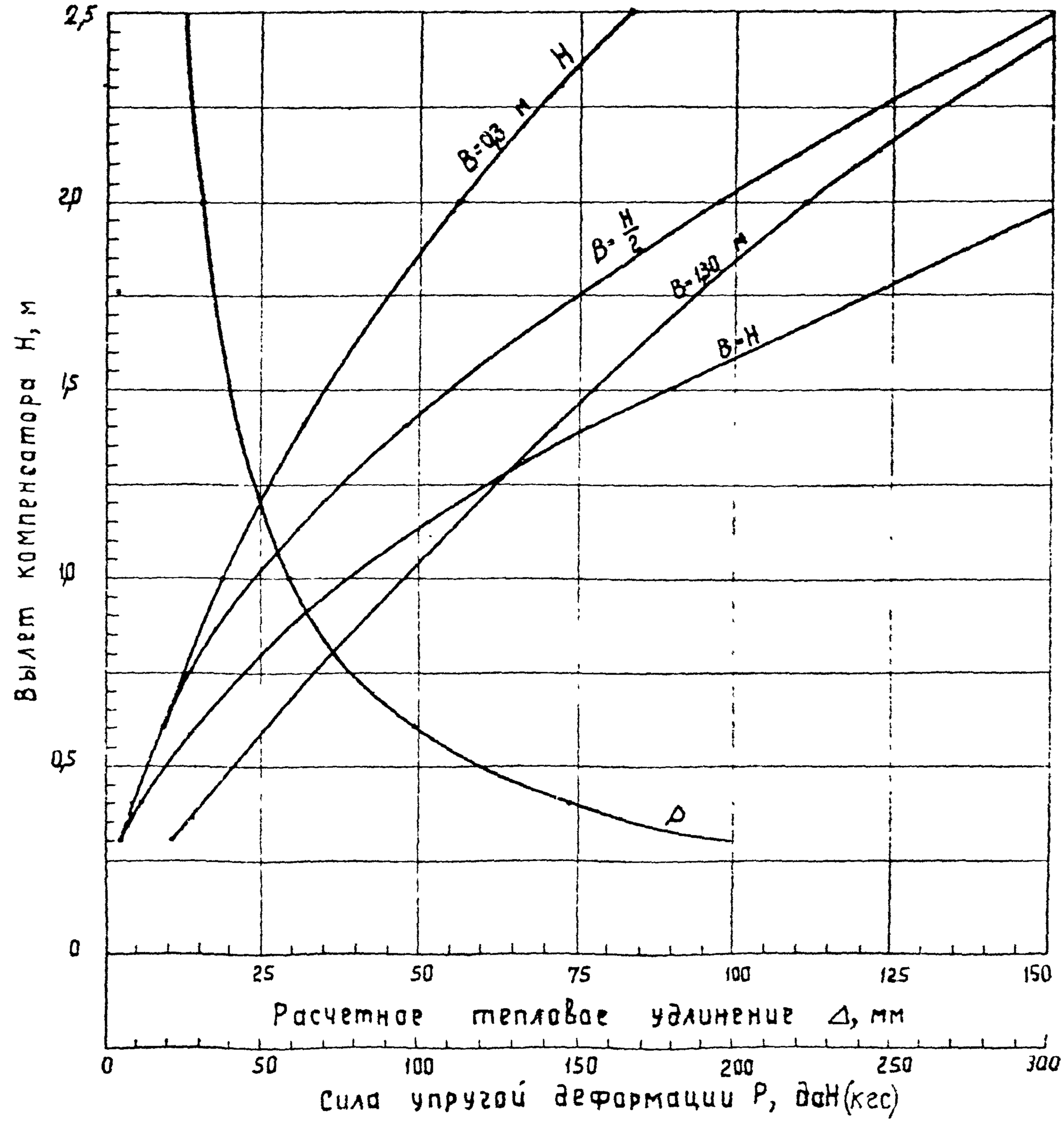


Рис.5. Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = 38 мм, δ = 3 мм, R = 0,15 м

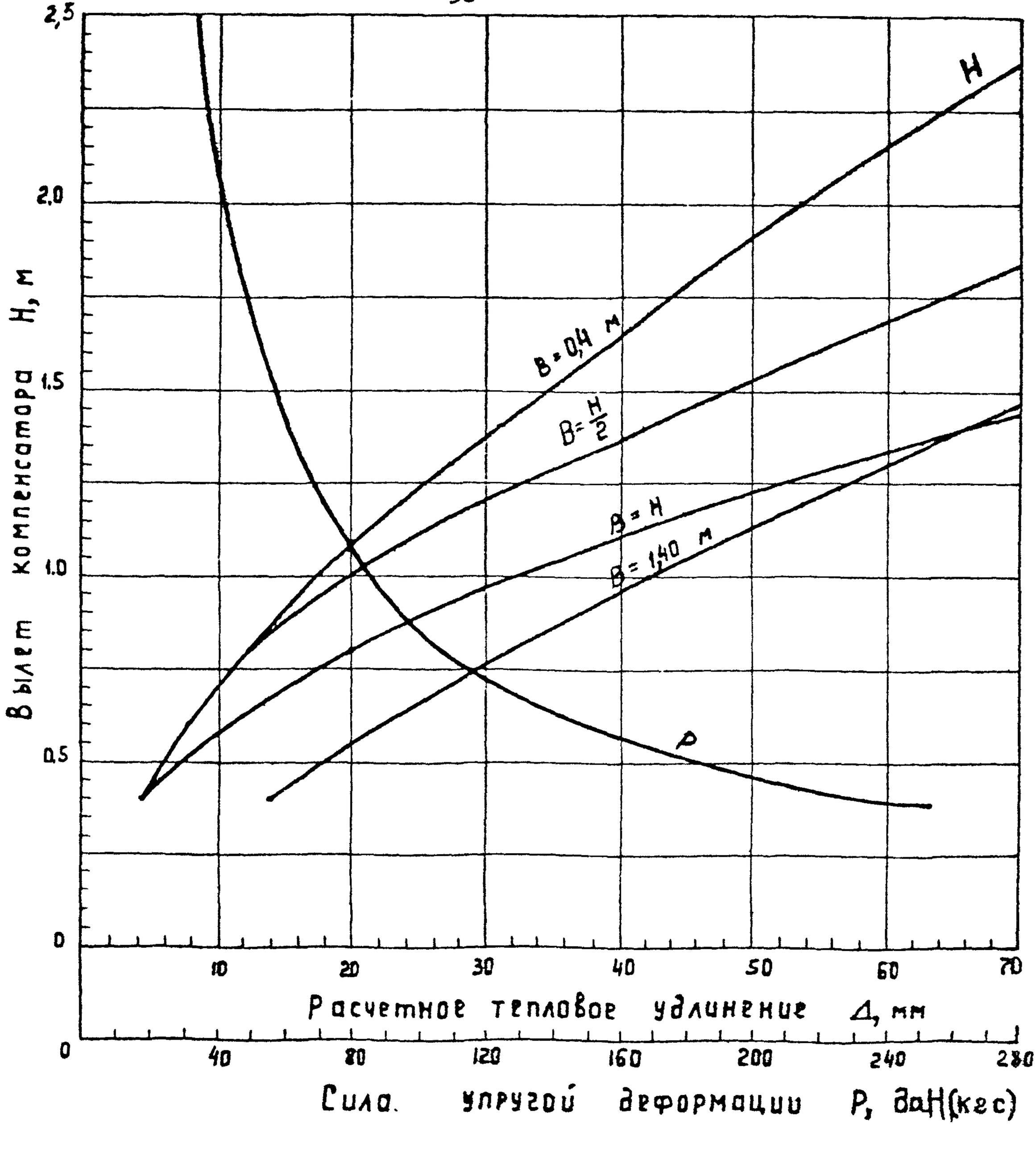


Рис.6 Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = 45 мм, δ = 3 мм, r = 0,2 м

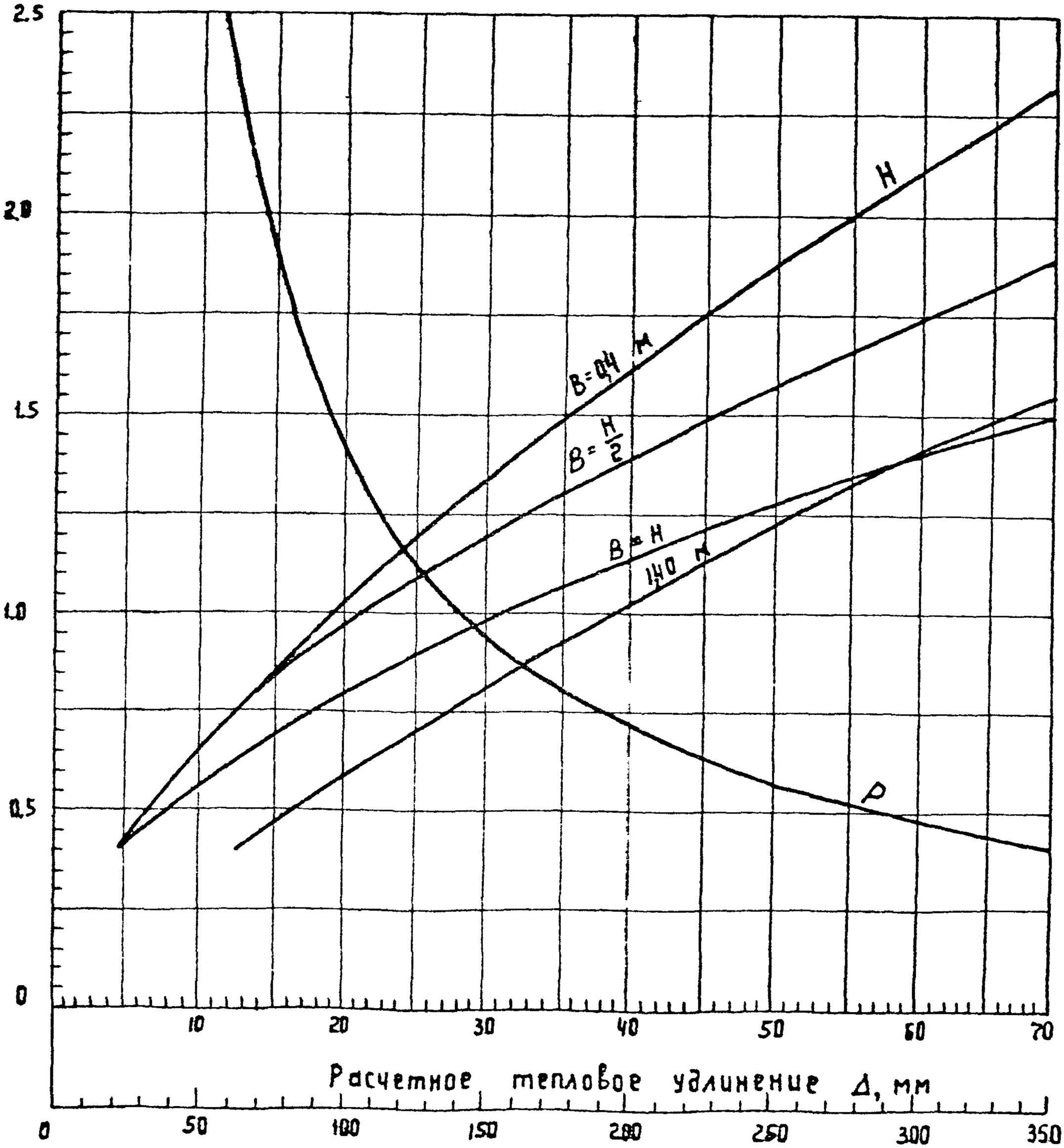


Рис.7. Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = 57 мм, δ = 3 мм, r = 0,2 м

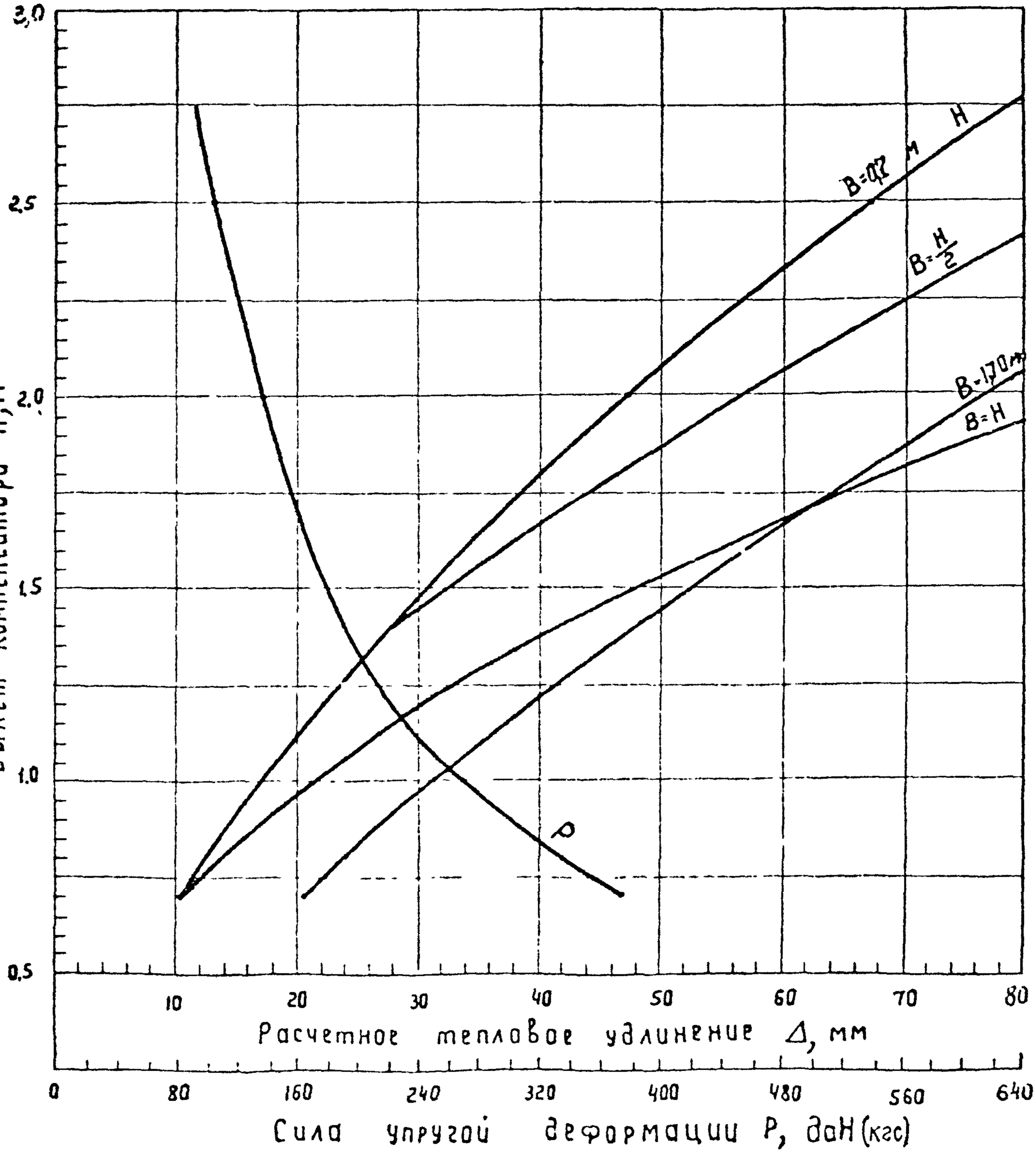


Рис.8. Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = 76 мм, δ = 3 мм, R = 0,35 м

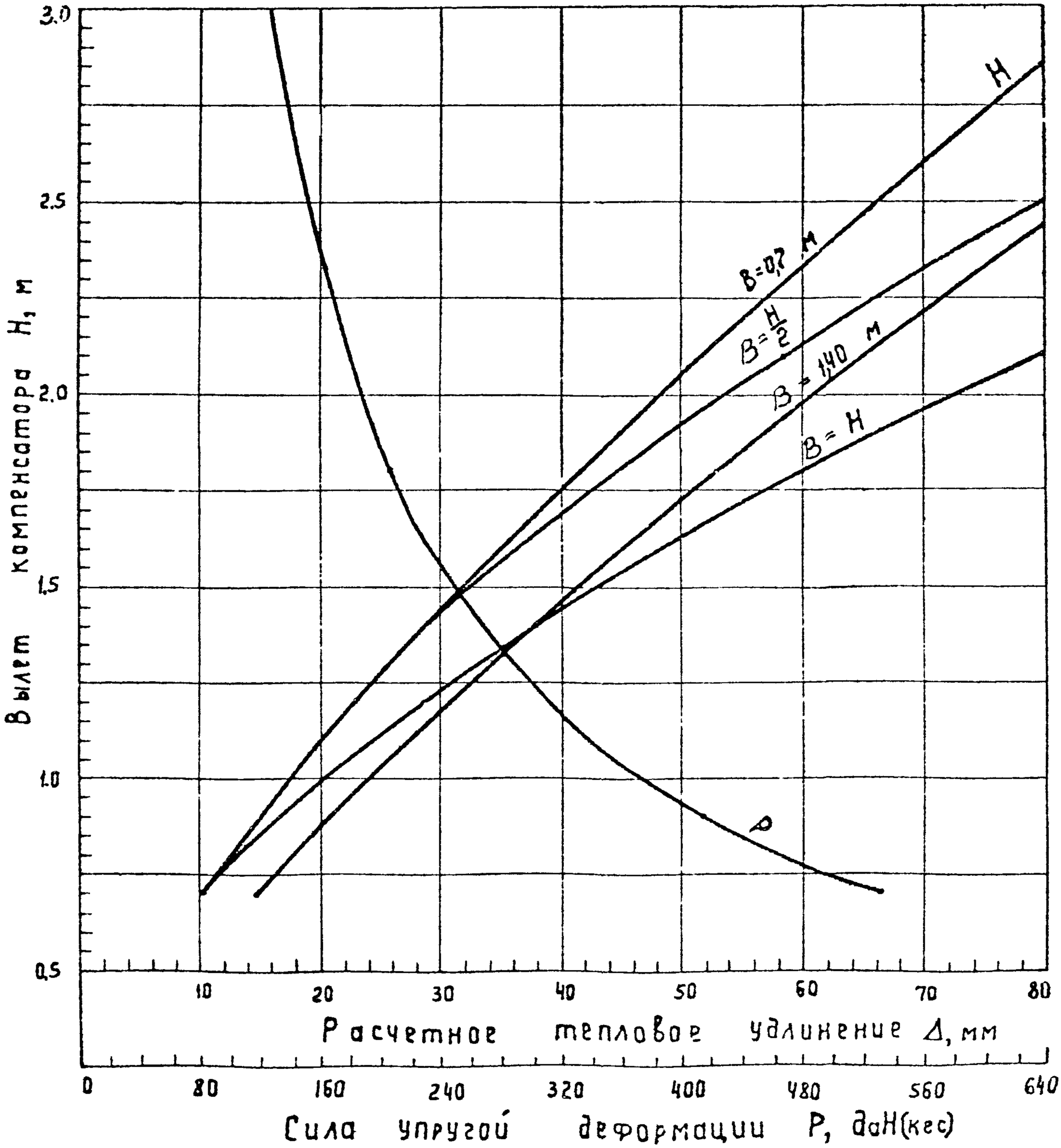


Рис.9. Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

D_H = 89 мм, δ = 3 мм, Z = 0,35

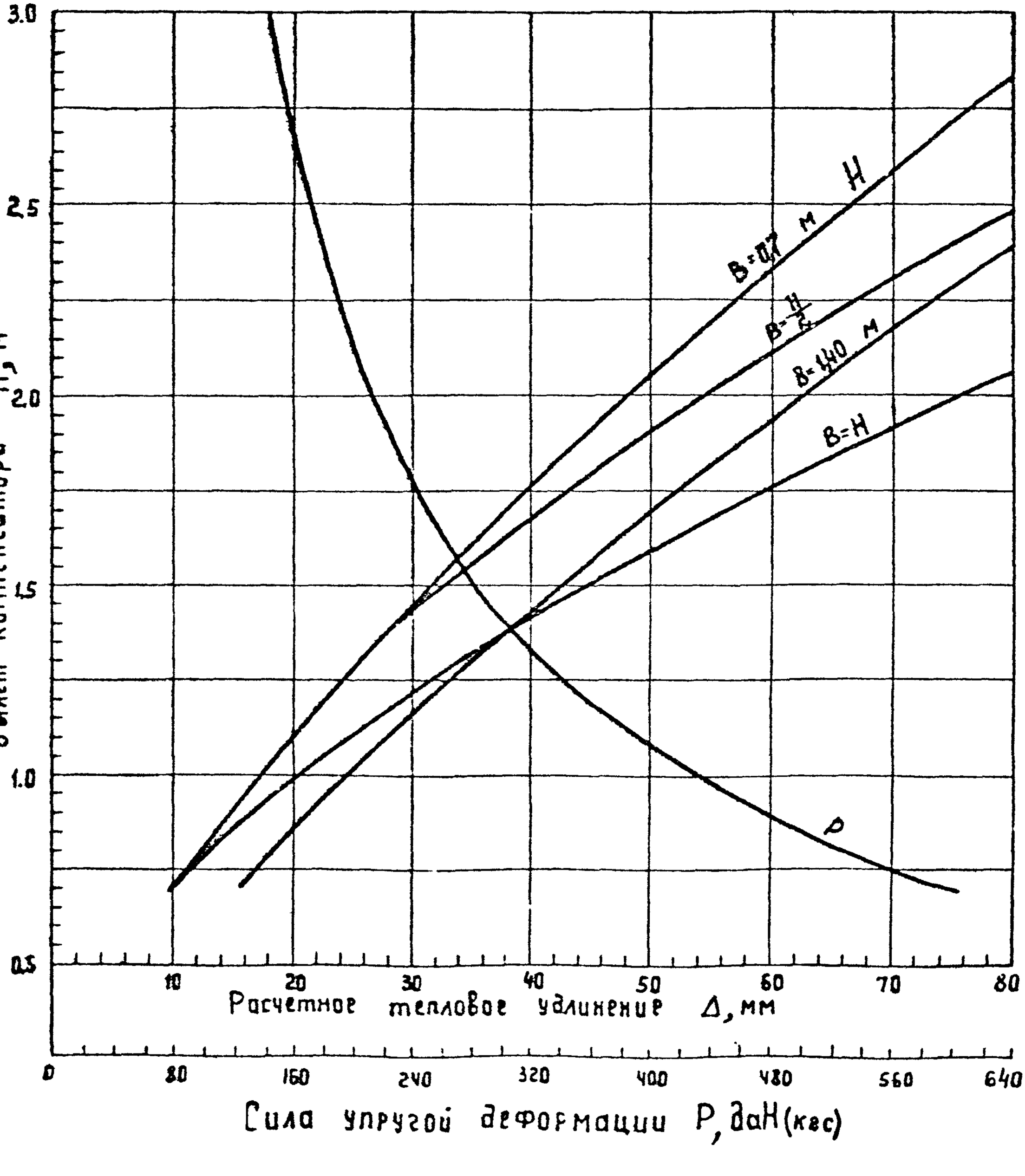


Рис.10.Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = 89 мм, δ = 3,5 мм, R = 0,35 м

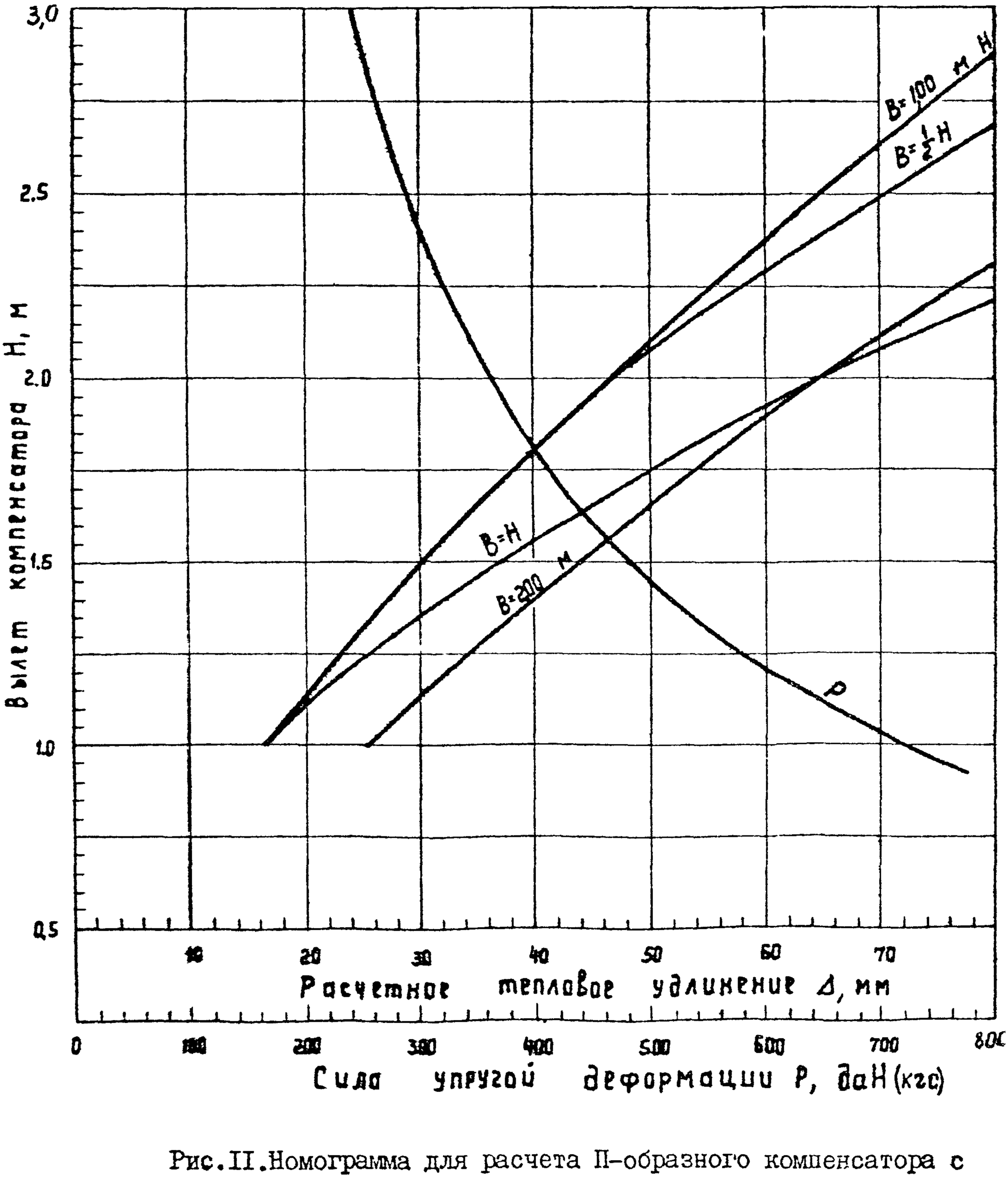


Рис.II.Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

D_H = 108 мм, δ = 4 мм, r = 0,5 м

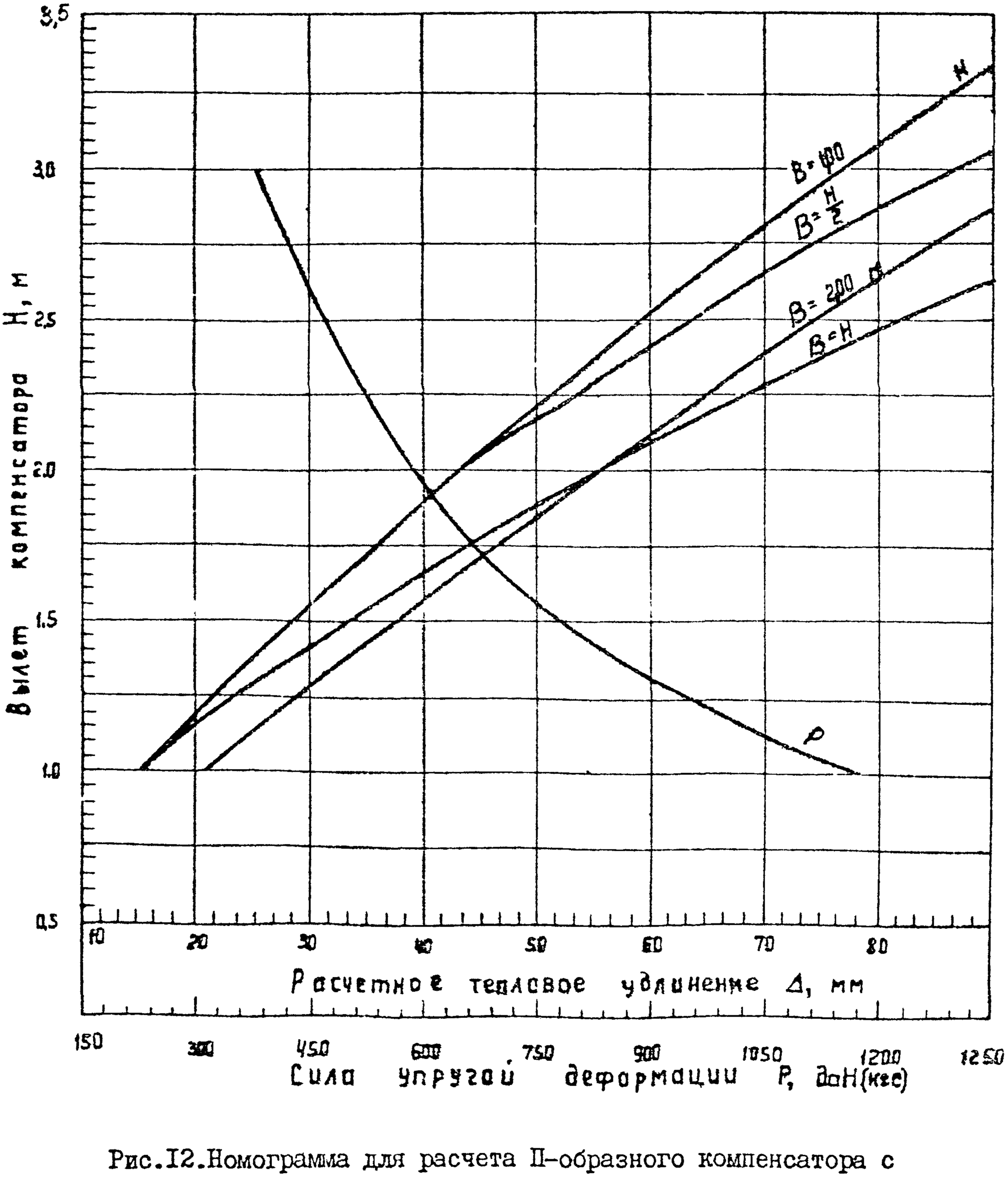


Рис.I2.Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = I33 мм, δ = 4 мм, ρ = 0,5 м

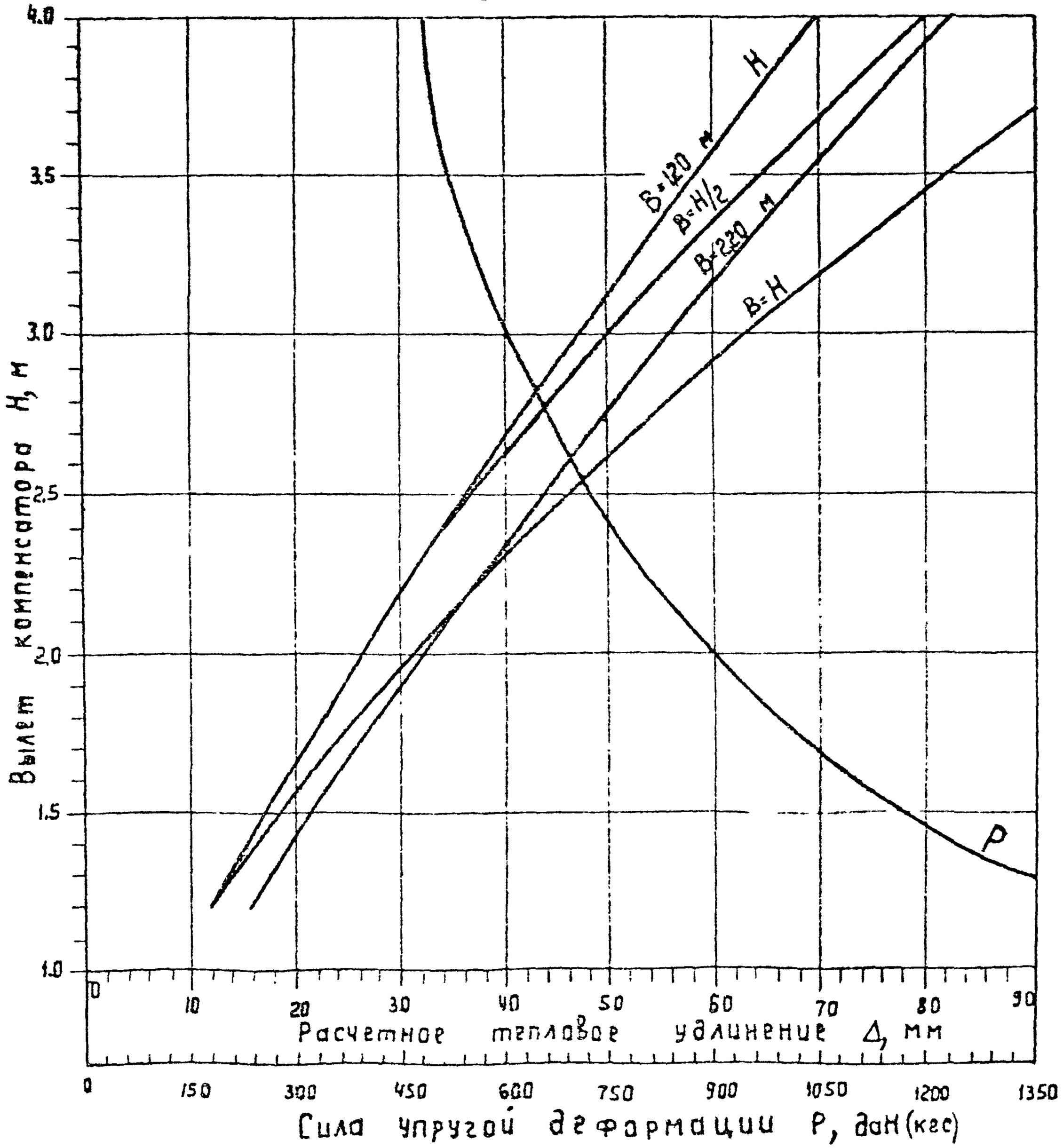


Рис.I3.Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

$D_н$ = I59 мм, δ = 4,5 мм, R = 0,6 м

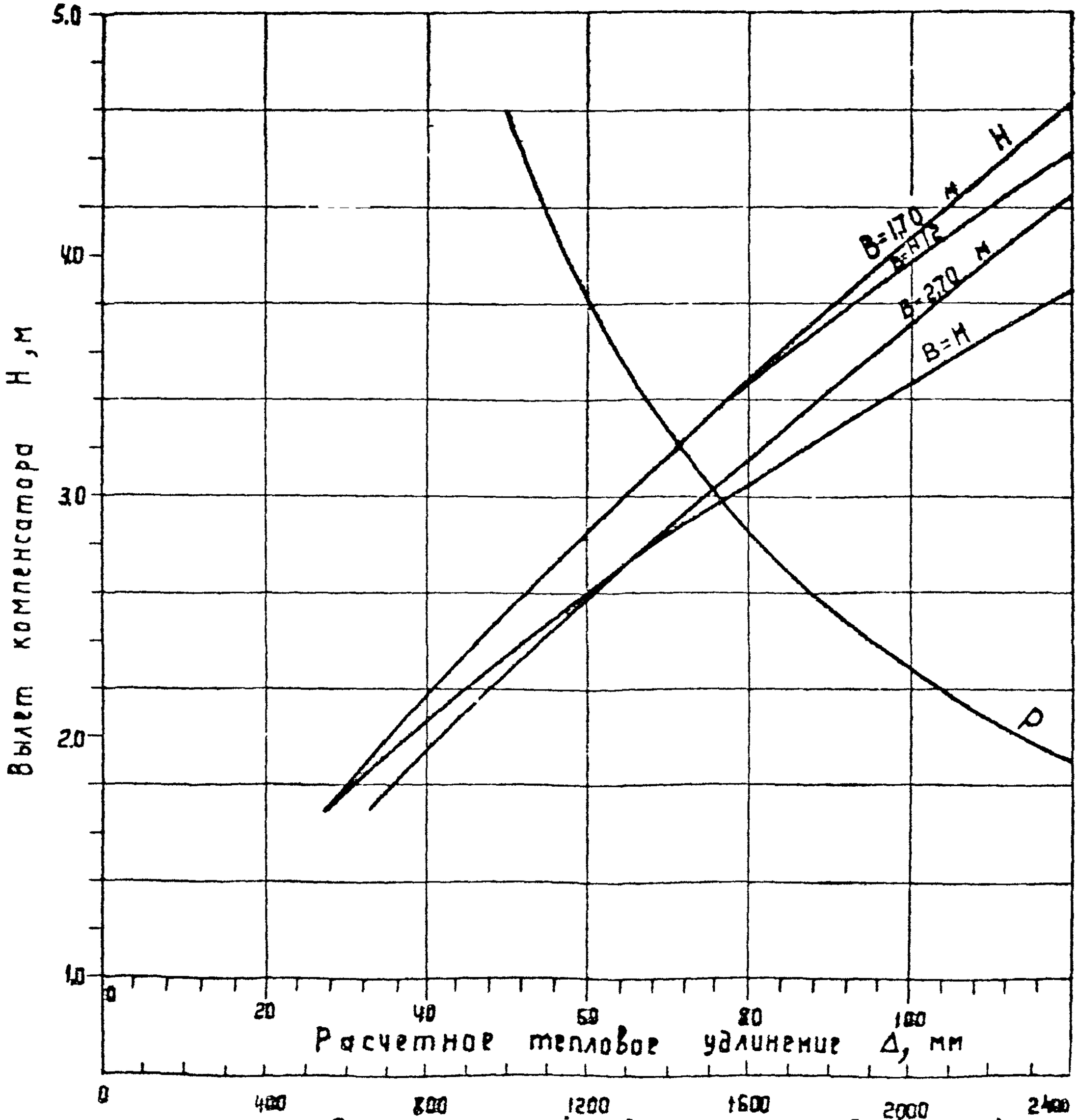


Рис.I4. Номограмма для расчета П-образного компенсатора с гнутыми гладкими отводами

D_H = 219 мм, δ = 6 мм, R = 0,85 м

б). Принимаем B = H и по соответствующей кривой при Δ = 48 мм находим:

H = I,06 м;

следовательно B = H=I,06 м.

в). По кривой P находим силу упругой деформации, соответствующую значению H = I,06 м, P = 330 Н (33 кгс),

г). Длины примыкающих к компенсатору канальных участков определяем по формуле (4):

- для тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита и битумовермикулита $l = \frac{B}{2} - \frac{1}{\beta} - \gamma = \frac{1,06}{2} - 0,48 - 0,15 = -0,10$ м ≈ 0;

- то же, с изоляцией битумокерамзита

$l = \frac{B}{2} - \frac{1}{\beta} - \gamma = \frac{1,06}{2} - 0,3 - 0,15 = 0,08$ м.

Учитывая, что полученные значения для всех типов изоляции оказались в пределах габаритов типовых конструкций ниш для П-образных компенсаторов, устройство дополнительных канальных участков не требуется.

Номограммы для расчета П-образных компенсаторов со сварными или крутоизогнутыми отводами (рис. I5-26)

Пример. 2. Дано: $D_н$ = 108 мм; δ = 4 мм; L = 50 м;
Δt = 180°C; σ = 107.87 МПа (1100 кгс/см^2).

Решение по рис. I9:

а). Определяем расчетное тепловое удлинение с учетом предварительной растяжки компенсатора по формуле (6):

$$\Delta = 0.5 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot L = 0.5 \cdot 12\,10^{-6} \cdot 180 \quad 50 \cdot 10^{3} = 54 \text{ мм}.$$

б). Принимаем $B = \frac{H}{2}$ и по соответствующей кривой при Δ = 54 мм находим:

H = 2,53 м ;

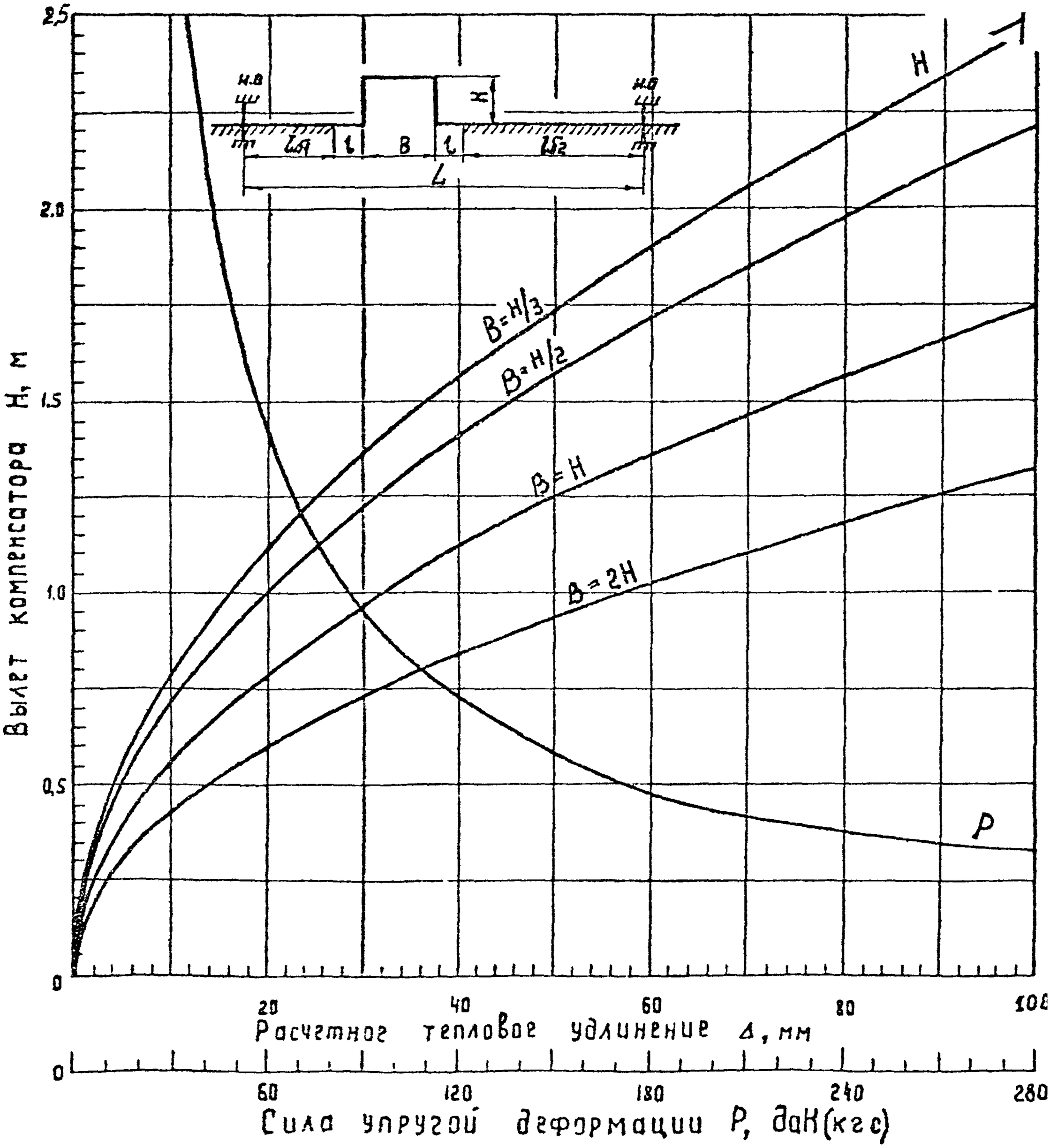


Рис.I5. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами D_H = 45 мм, δ = 3 мм

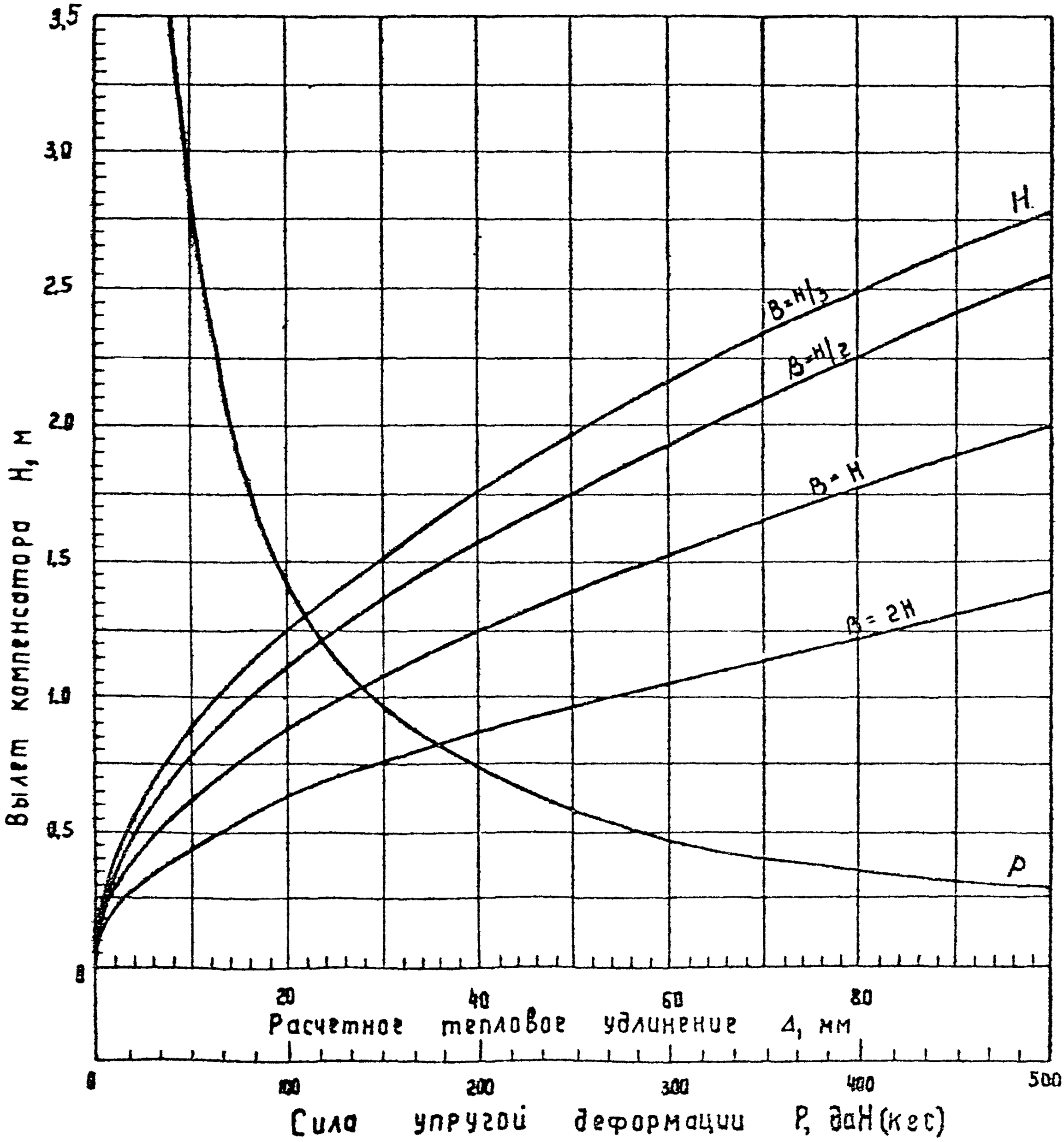


Рис.16. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами $Д_н$ = 57 мм, δ = 3 мм

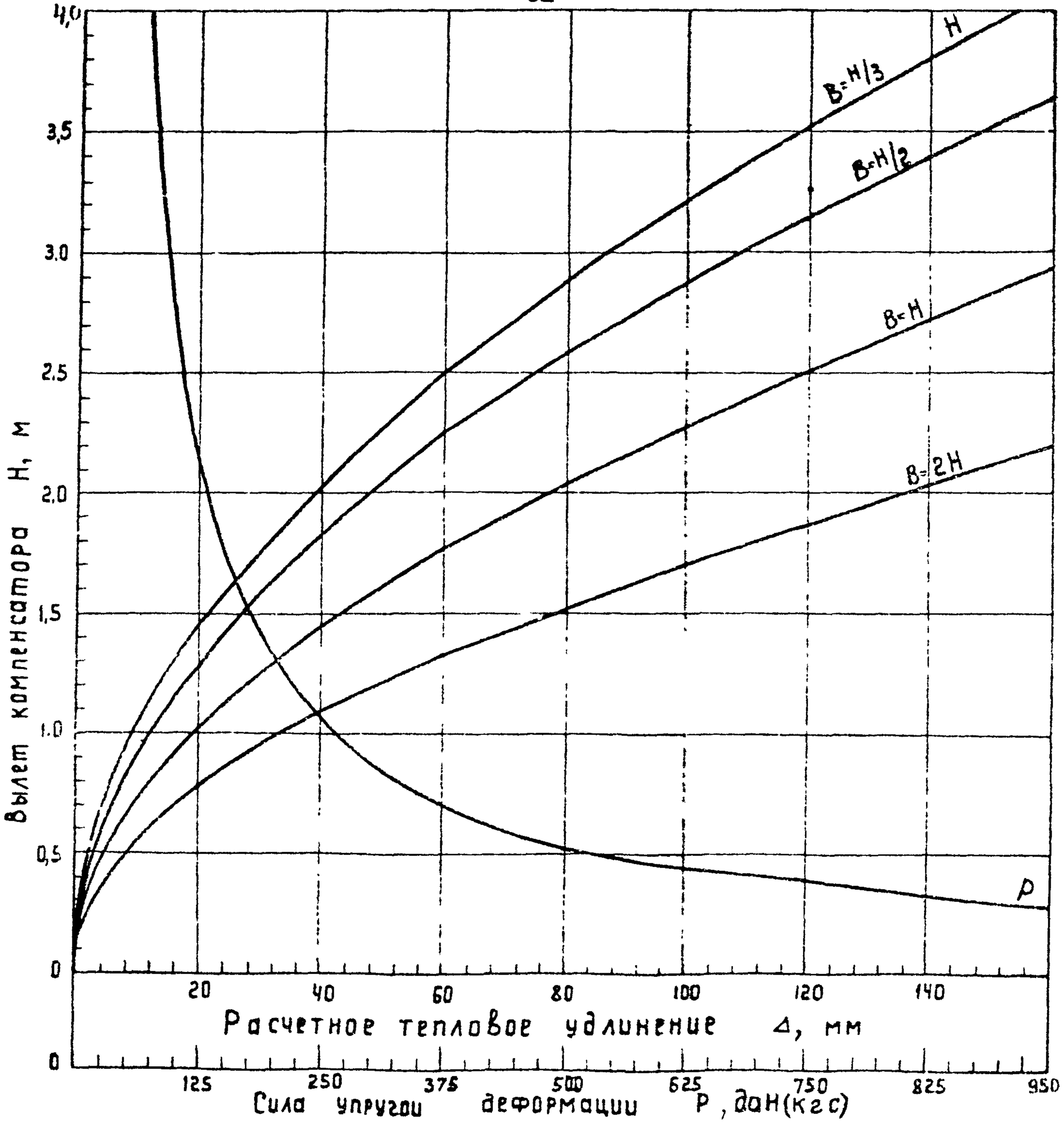


Рис.I7. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами D_H = 76 мм, δ = 3 мм

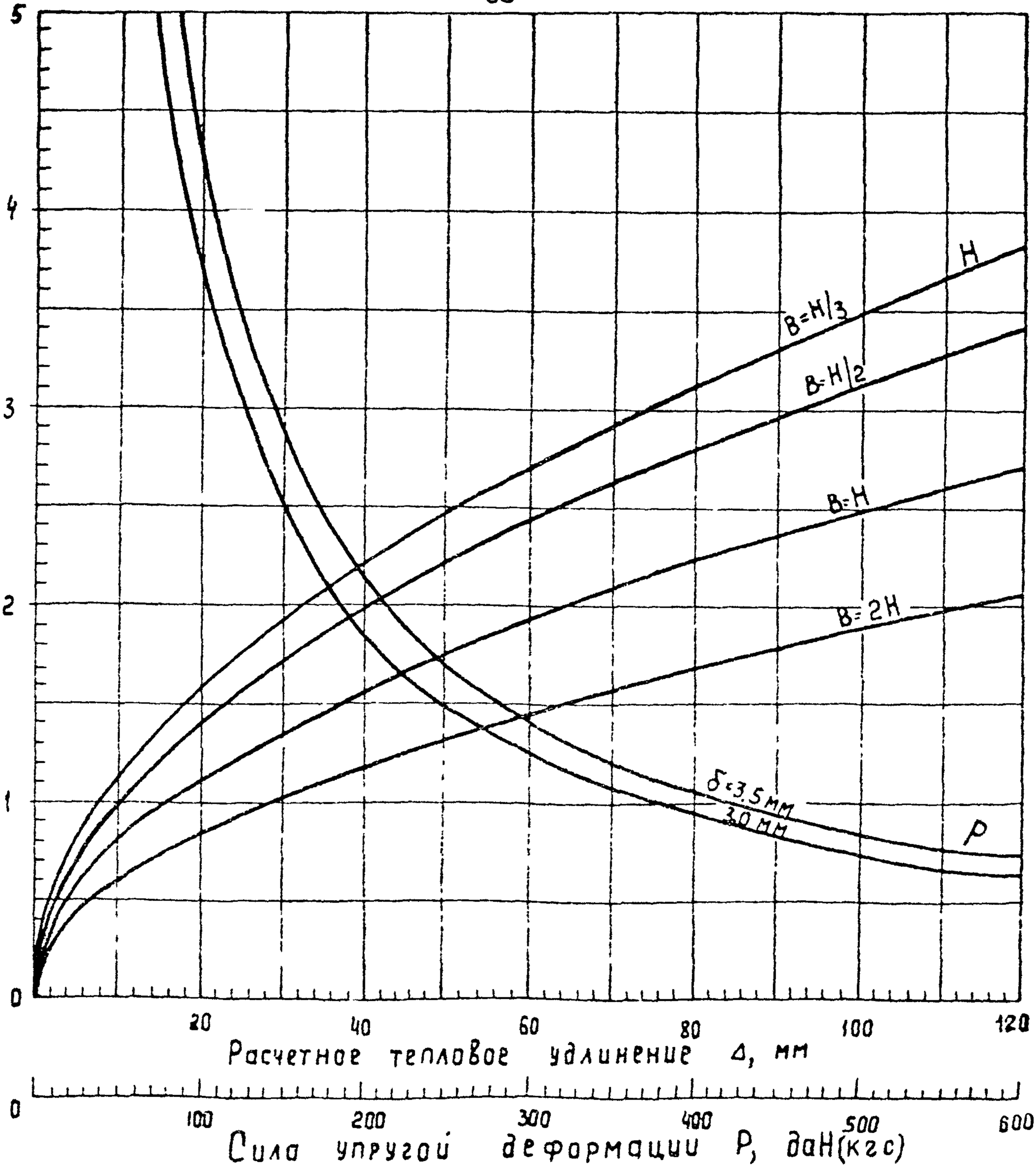


Рис.I8. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

D_H = 89 мм, δ = 3,0 и 3,5 мм

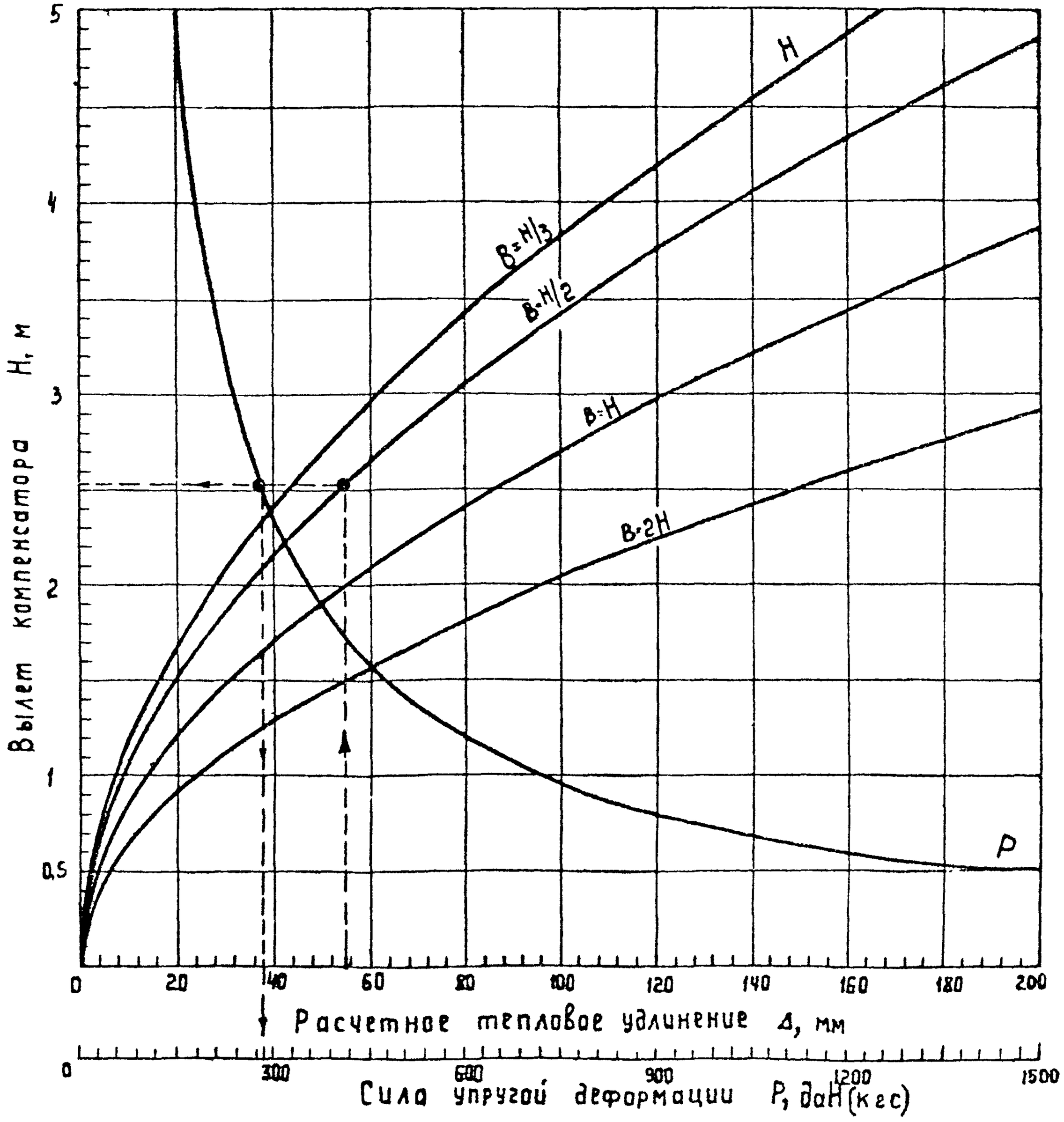


Рис.I9. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

$Д_н$ = I08 мм, δ = 4 мм

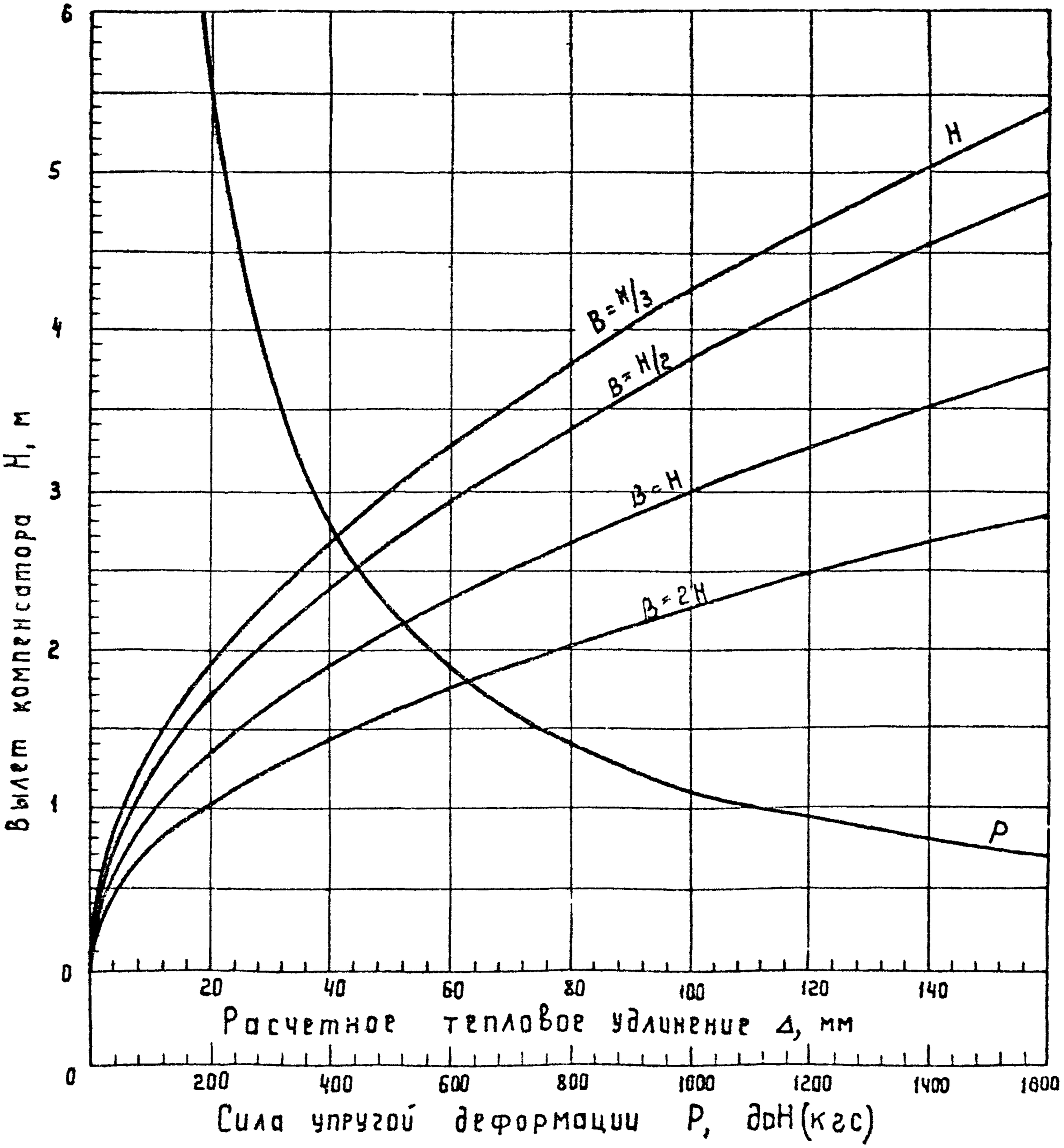


Рис.20. Номограмма для расчета П-образного компенсатора с о сварными или крутоизогнутыми отводами

$D_н$ = 133 мм, δ = 4 мм

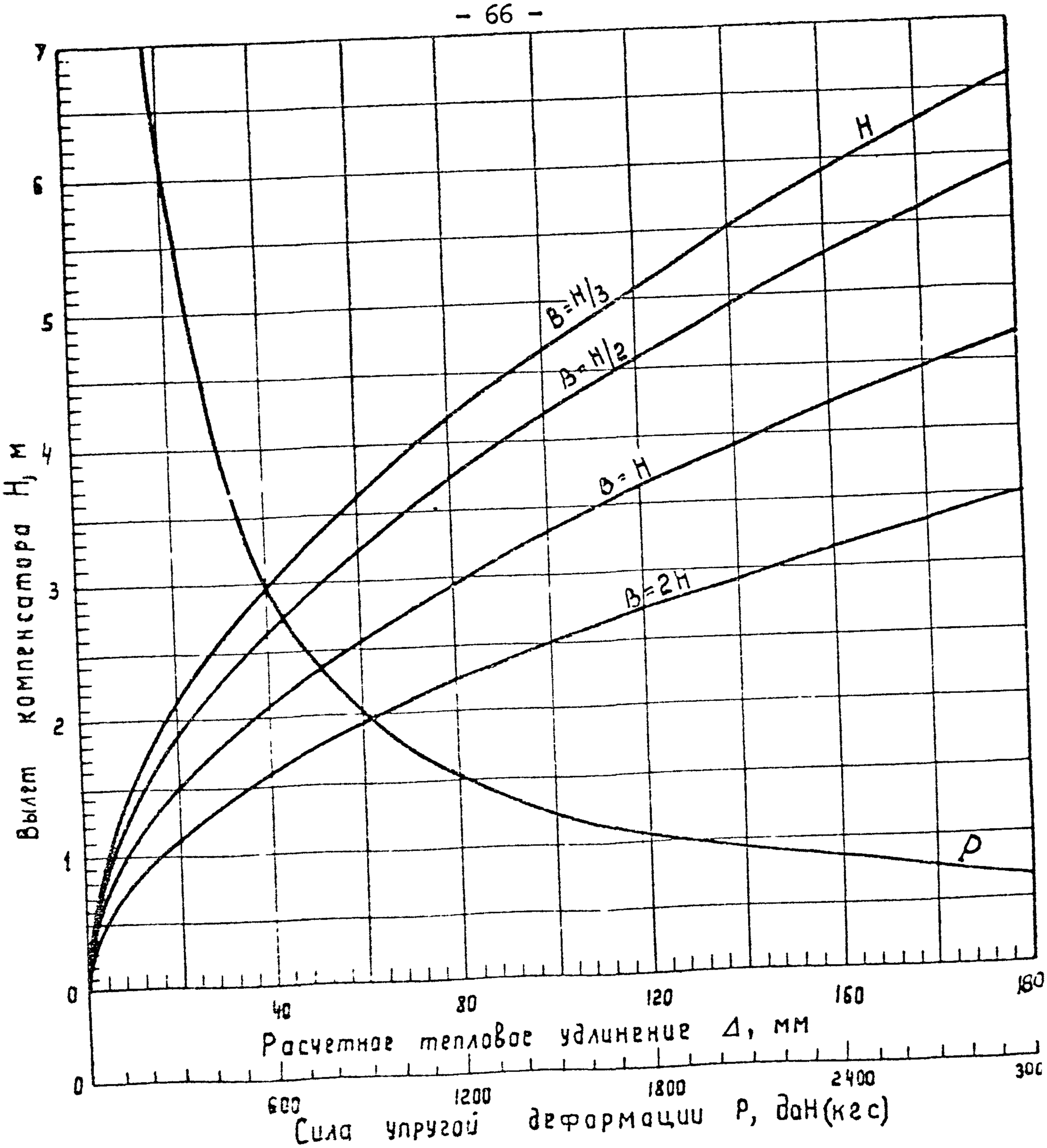


Рис.21. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

$D_н$ = 159 мм, δ = 4,5 мм

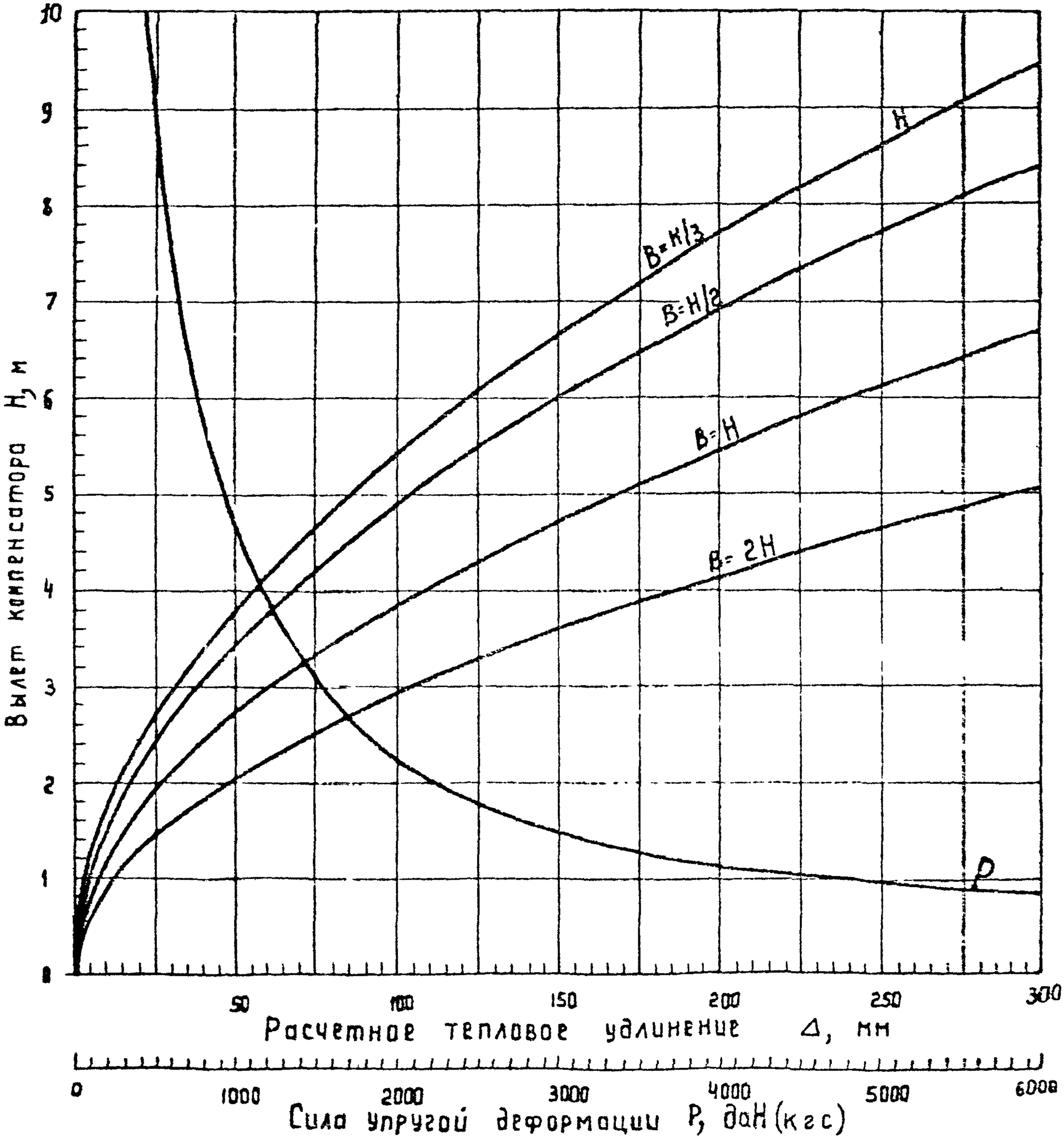


Рис.22. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

$D_н$ = 219 мм, δ = 6 мм

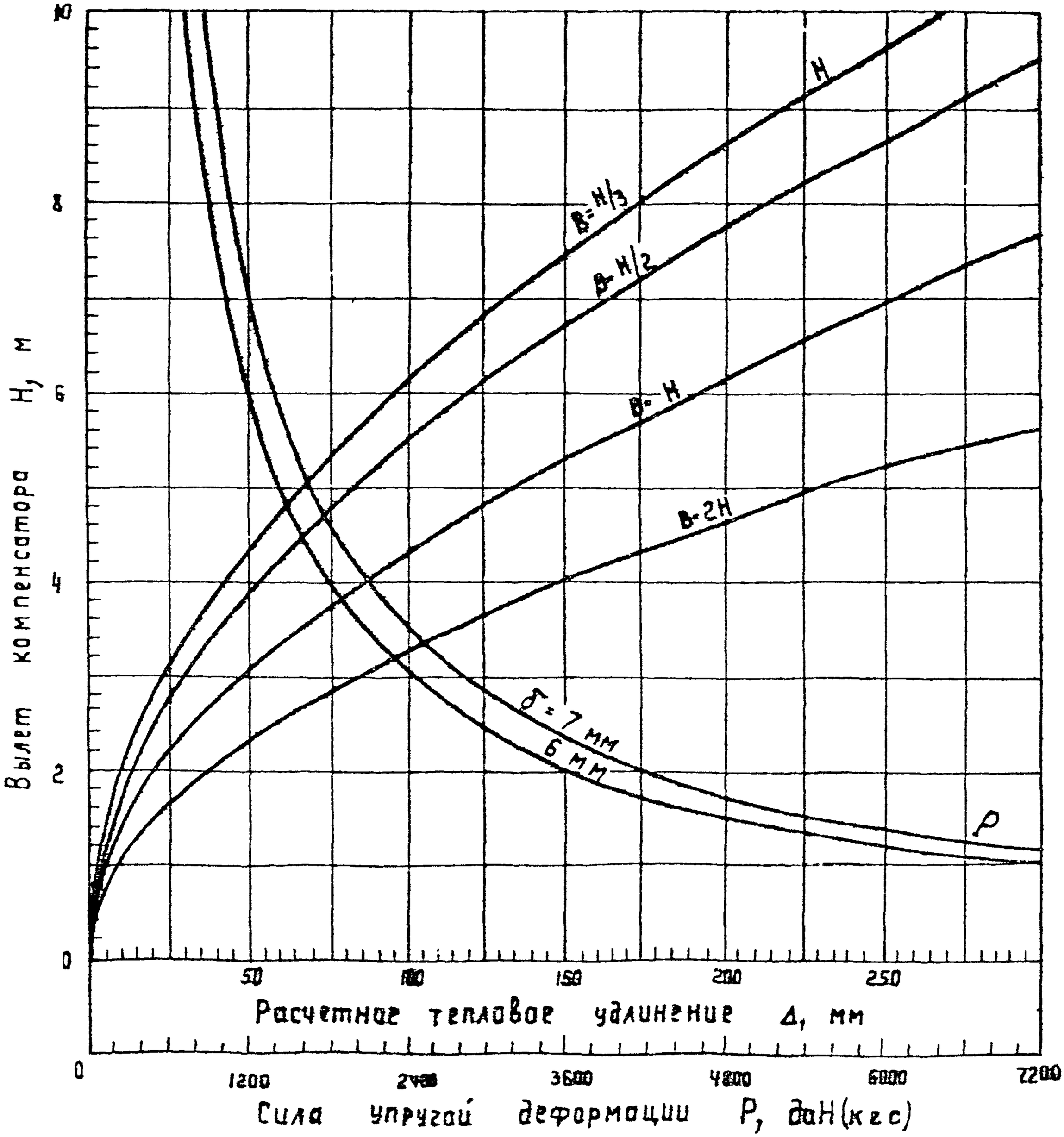


Рис.23. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

$Э_н$ = 273 мм, δ = 6 и 7 мм

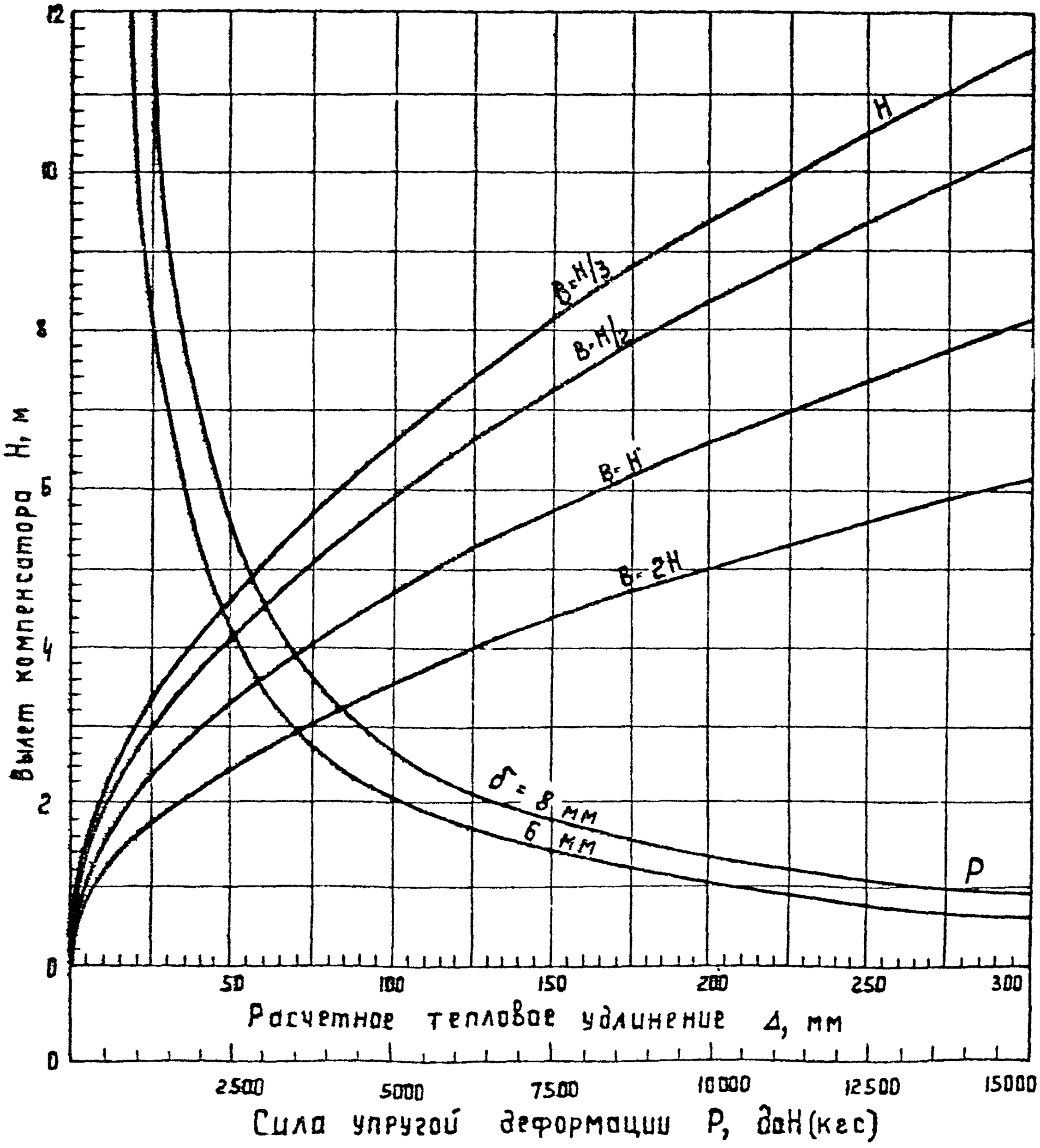


Рис.24. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

$Э_н$ = 325 мм, δ = 6, и 8 мм

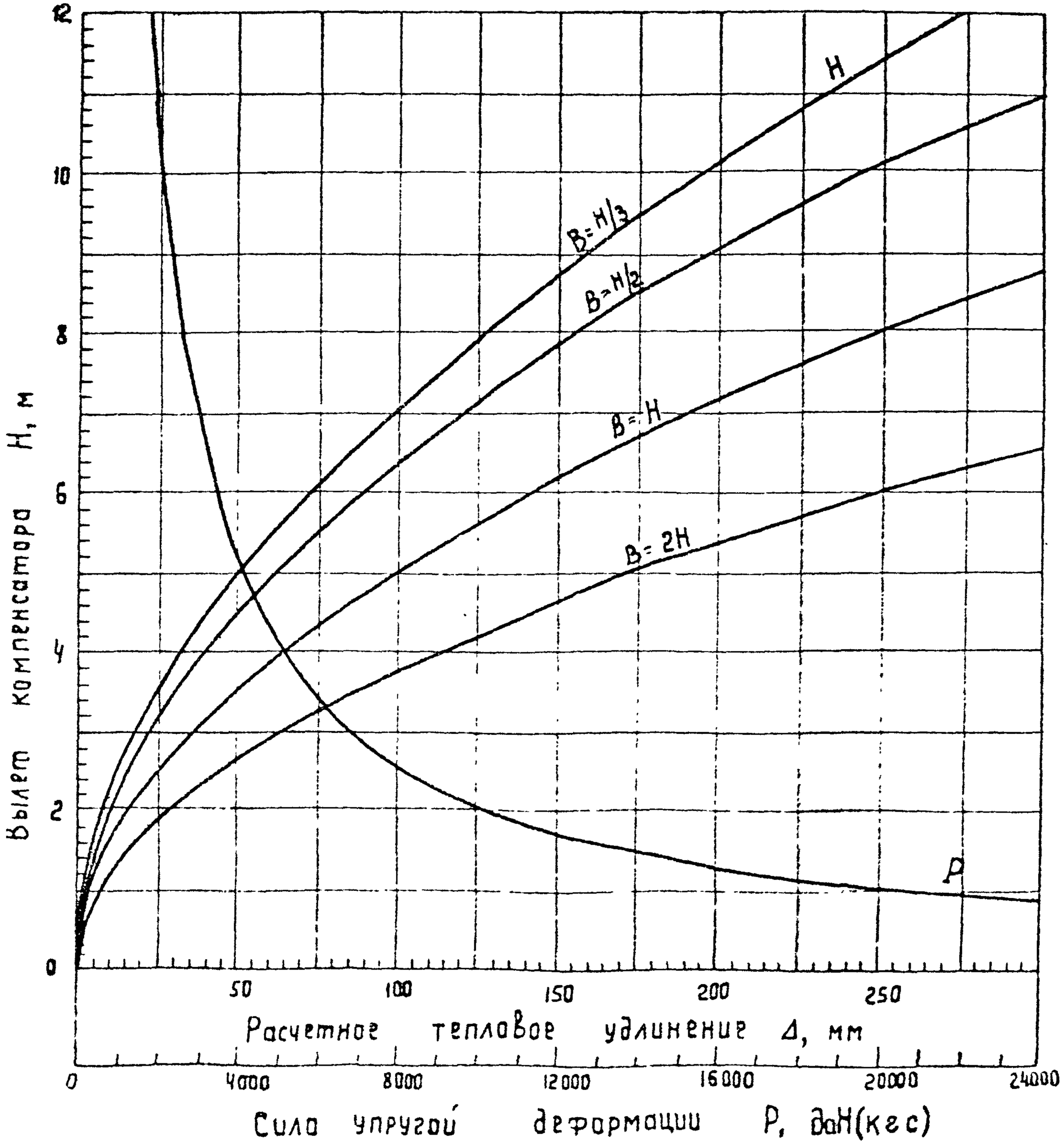


Рис.25. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

$D_н$ = 377 мм, δ = 6 и 9 мм

Вх. 30146

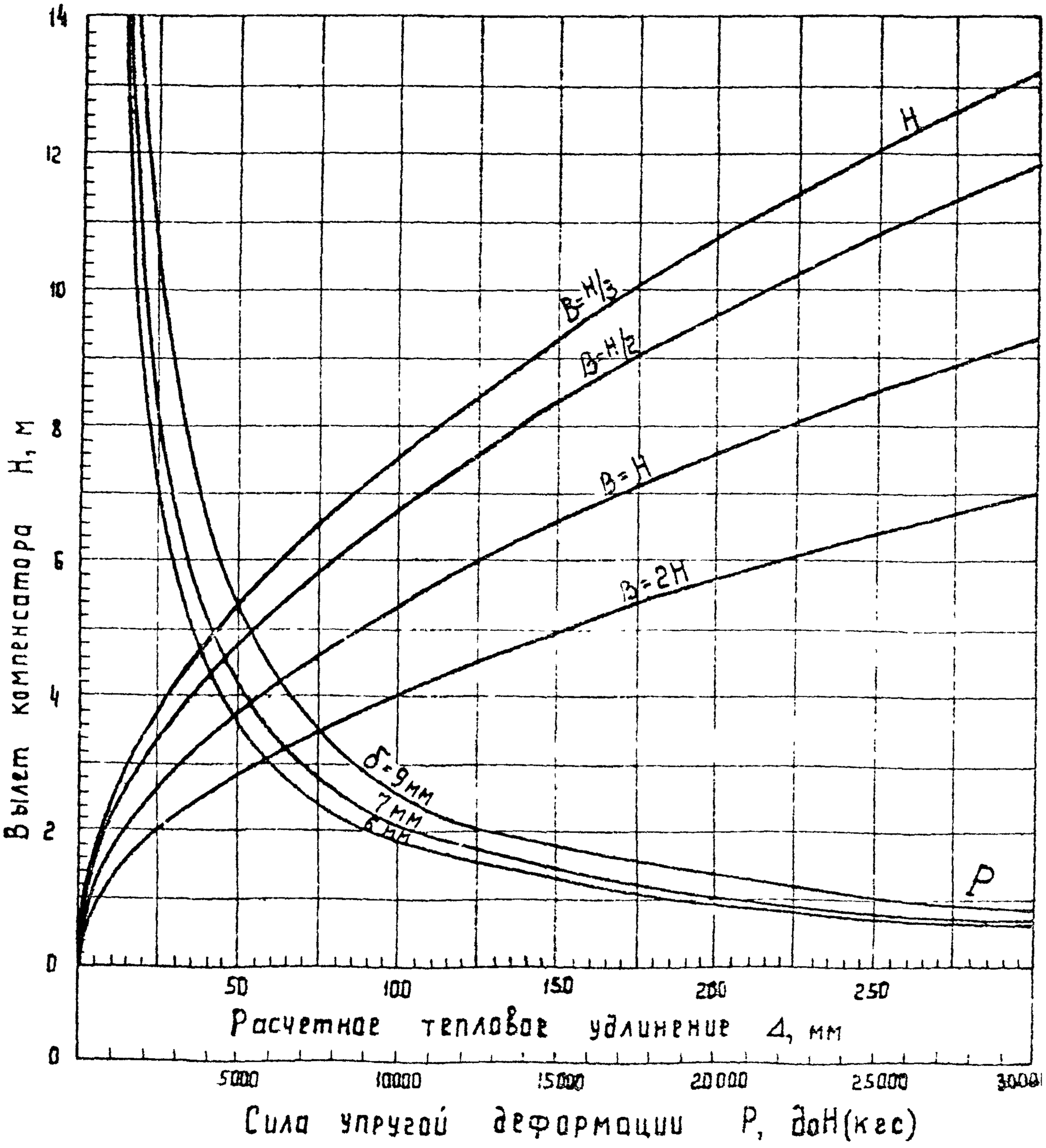


Рис.26. Номограмма для расчета П-образного компенсатора со сварными или крутоизогнутыми отводами

D_H = 426 мм, δ = 6 и 7 мм

следовательно $B = \frac{H}{2} = 1{,}265$ м.

в). По кривой P находим силу упругой деформации, соответствующую значению $H = 2{,}53$ м:

$P = 2860$ Н (286 кгс).

г). Длины примыкающих к компенсатору канальных участков определяем по формуле (5):

- для тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита и битумовермикулита

$$l = \frac{B}{2} - \frac{1}{\beta} = \frac{1.265}{2} - 0.97 = -0.34 \text{ м}.$$

- то же, для тепловых сетей с изоляцией из битумокерамзита

$$l = \frac{B}{2} - \frac{1}{\beta} = \frac{1.265}{2} - 0.6 \approx 0.$$

По результатам расчета устройства канальных участков не требуется.

Номограммы для расчета Г-образных участков трубопроводов (рис. 27-30)

Пример 3. Дано: Дн = 219 мм; δ = 6 мм; l_1 = 20 м; l_2 = 40 м; Δt = 200°С; σ = 58,8 МПа (600 кгс/см²); поворот трассы под углом 90°; длины канальных участков l_1 и l_2 принимаются разными.

Решение по рис. 28:

а). Определяем тепловые удлинения участков l_1 и l_2

- фактические - по формулам (II) и (I2):

$$\Delta_1 = \alpha \cdot \Delta t \cdot l_1 = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 20 \cdot 10^3 = 48 \text{ мм};$$

$$\Delta_2 = \alpha \cdot \Delta t \cdot l_2 = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 40 \cdot 10^3 = 96 \text{ мм};$$

- расчетные - по формуле (33):

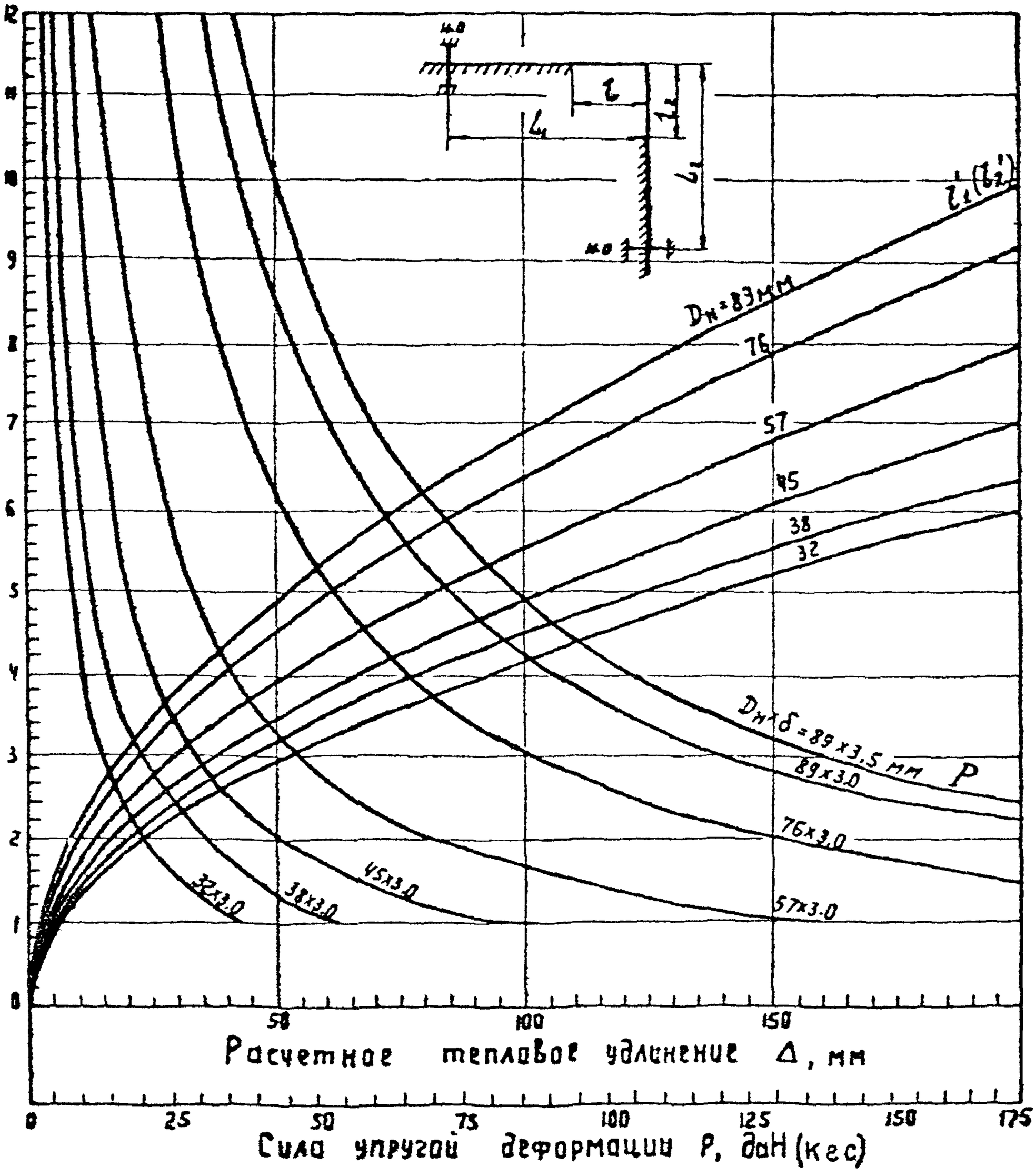


Рис.27. Номограмма для расчета Г-образного участка трубопровода $D_н$ = 32÷89 мм

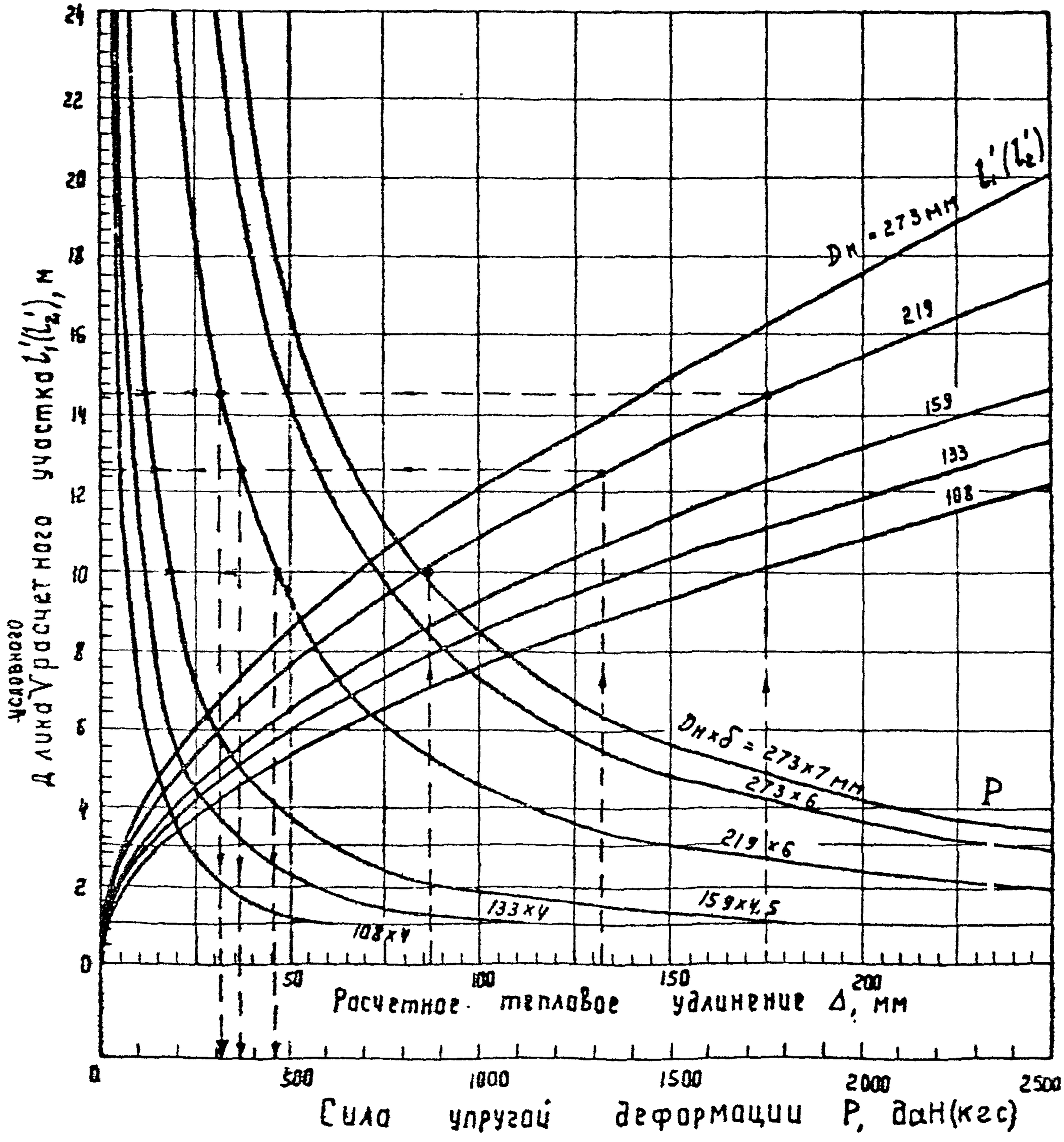


Рис.28. Номограмма для расчета Г-образного участка трубопровода $D_н$ = 108÷273 мм

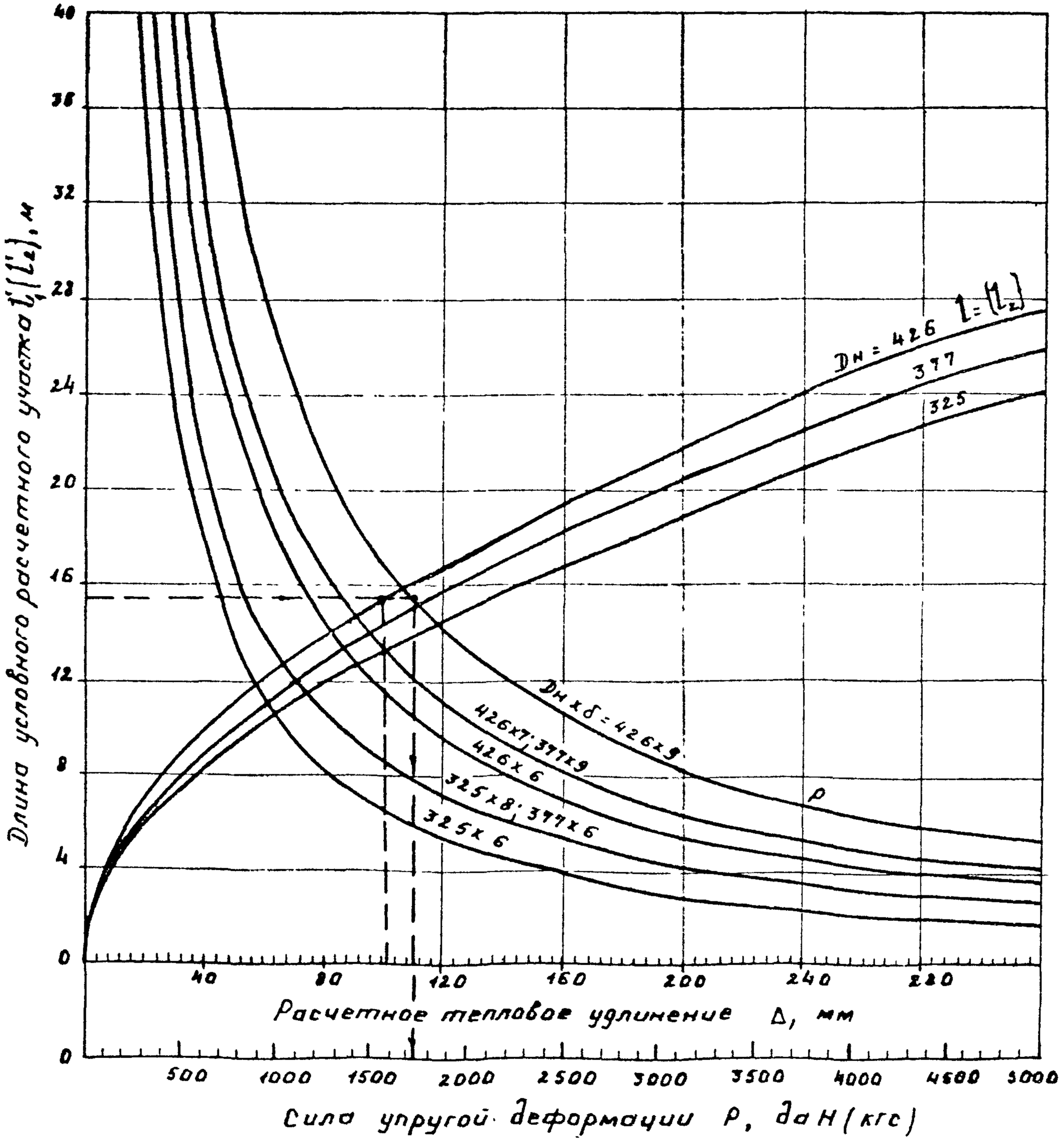


Рис.29. Номограмма для расчета Г-образного участка трубопровода D_H = 325÷426 мм

Вх. 30146 л. 75

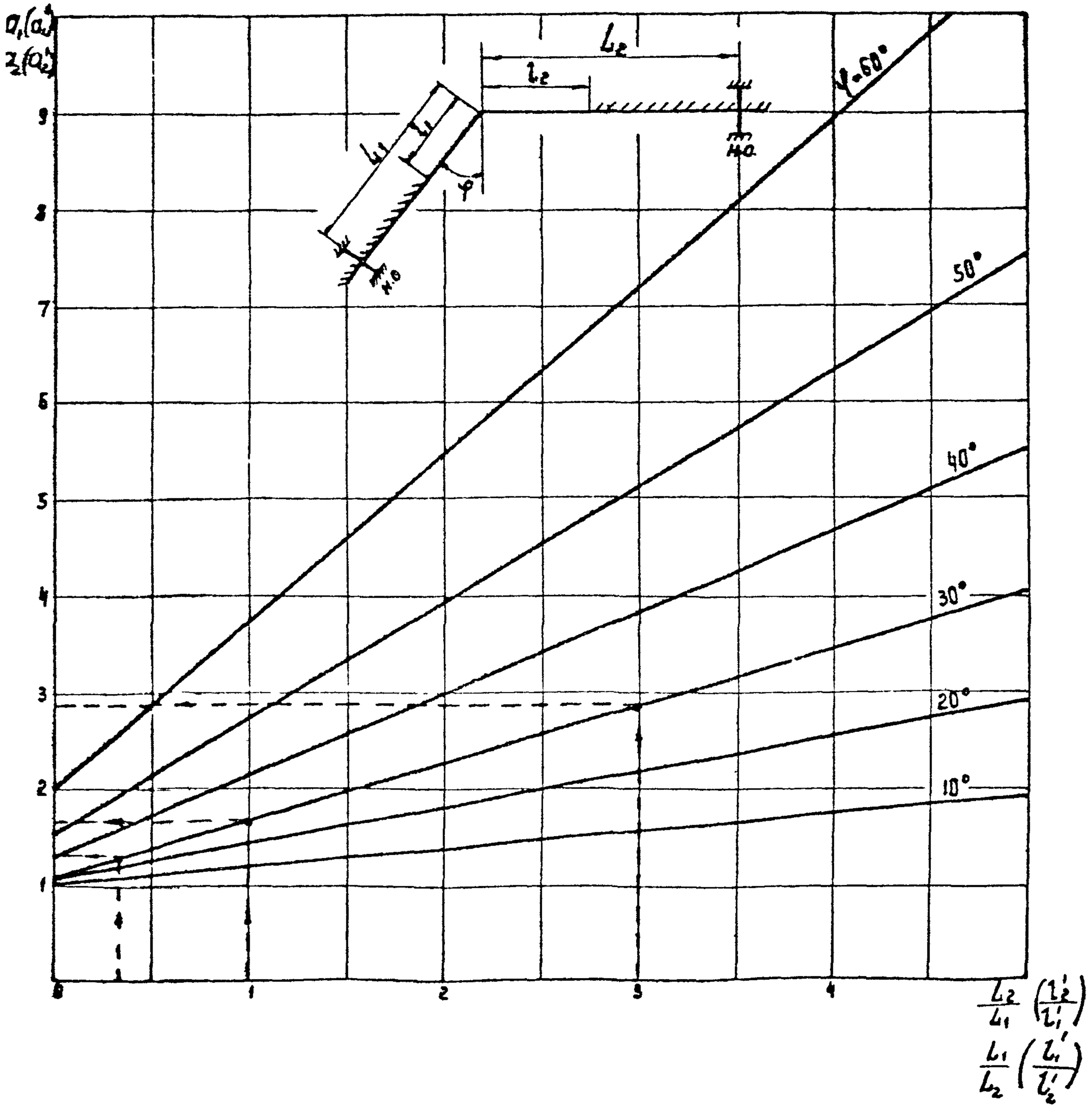


Рис.30. График для определения расчетных коэффициентов a_2, a_2' при расчете Г-образного участка трубопровода с поворотом трассы под углом $90^0+\varphi$

$$\Delta_1' = \Delta_1 \frac{107,87}{58.8} = 48 \cdot 1.83 = 88 \text{ мм}$$

$$(\Delta_I' = \Delta 1 \cdot \frac{1100}{600} = 48 \cdot 1,83 = 88 \text{ мм});$$

$$\Delta_2' = \Delta_2 \cdot \frac{101,87}{58.8} = 96 \cdot 1.83 = 175 \text{ мм};$$

$$(\Delta 2 = \Delta_2 \cdot \frac{1100}{600} = 96 \cdot 1,83 = 175 \text{ мм}).$$

б) По кривой l_I' (l_2') для $D_н$ = 219 мм при величине $\Delta = \Delta_1' = 88$ мм находим длину расчетного участка:

$$l_2' = 10 \text{ м},$$

а по величине $\Delta = \Delta_2'$ = 175 мм – длину расчетного участка

$$l_I' = 14,50 \text{ м}.$$

в). Длины канальных участков определяем из формул (19) и (20):

– для тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита и битумовермикулита

$$l_I = l_I' - \frac{1}{\beta} = 14,5 - 1,55 = 12,95 \text{ м};$$

$$l_2 = l_2' - \frac{1}{\beta} = 10,00 - 1,55 = 8,45 \text{ м};$$

– то же, с изоляцией из битумокерамзита

$$l_2 = l_2' - \frac{1}{\beta} = 10,00 - 0,97 = 9,03 \text{ м};$$

$$l_1 = l_1' - \frac{1}{\beta} = 14,5 - 0,97 = 13,53.$$

г). По кривой P для значений l_2' = 10 м находим силу упругой деформации P_1 = 4570 Н (457 кгс), а для значения l_1' = 14,5 м,

P_2 = 3150 Н (315 кгс).

Пример 4. Дано: Условия те же, что и в примере 3, только длины канальных участков l_1 и l_2 принимаются одинаковыми.

Решение по рис. 28.

а). Определяем тепловое удлинение участков l_1 и l_2

- фактическое - по формулам (II) и (I2):

$\Delta_1 = \alpha \cdot \Delta t \cdot l_1 = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 20 \cdot 10^3 = 48$ мм;

$\Delta_2 = \alpha \cdot \Delta t \cdot L_2 = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 40 \cdot 10^3 = 96$ мм;

- расчетное - по формуле (33) (см. пример 3)

$\Delta_1' = 48 \cdot 1,83 = 88$ мм;

$\Delta_2' = 96 \cdot 1,83 = 175$ мм;

- среднее

$$\frac{\Delta_1' + \Delta_2'}{2} = \frac{88 + 175}{2} = 131,5 \text{ мм},$$

б). По кривой l_1' (l_2') для Dн = 219 мм при величине $\Delta = 131,5$ мм находим длины расчетных участков:

$$l_1' = l_2' = l' = 12.6 \text{ м}.$$

в). Длины канальных участков определяем из формулы (19) или (20)

- для тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита и битумовермикулита

$$l_1 = l_2 = l' - \frac{1}{\beta} = 12,6 - 1,55 = 11,05 \text{ м};$$

- то же, с изоляцией из битумокерамзита

$$l_1 = l_2 = l' - \frac{1}{\beta} = 12,6 - 0,95 = 11,65 \text{ м}.$$

г). По кривой P для занчений $l' = 12,6$ м находим значение силы упругой деформации:

$$P_1 = P_2 = 3640 \text{ Н } (364 \text{ кгс}).$$

Пример 5. Дано: $D_н$ = 426 мм; δ = 9 мм; l_1 = 20 м; l_2 = 60 м; Δt = 120°С; σ = 10787 Мпа (1100 кгс/см2); поворот трассы под углом 90°, т.е φ = 120°; длины канальных участков l_1 и l_2 принимаются одинаковыми.

Решение по рис. 29, 30:

а). Определяем по графику рис. 30 значения коэффициентов a_1 и a_2 по кривой φ = 120 - 90 = 30°

при $\frac{l_1}{l_2} = \frac{20}{60} = 0{,}33$; a_2 = 1,35;

при $\frac{l_2}{l_1} = \frac{60}{20} = 3$, a_1 = 2.88.

б). Определяем расчетное тепловое удлинение участков l_1 и l_2 по формулам (13) и (14):

$$\Delta_1 = a_1 \alpha \cdot \Delta t \cdot l_1 = 2{,}88 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \cdot 20 \cdot 10^3 = 82{,}95 \text{ мм};$$

$$\Delta_2 = a_2 \alpha \Delta t \cdot l_2 = 1{,}35 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \cdot 60 \cdot 10^3 = 116{,}5 \text{ мм}.$$

в). Определяем среднее расчетное тепловое удлинение

$$\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} = \frac{82{,}95 + 116.5}{2} = 99.73 \simeq 100 \text{ мм}.$$

г). По кривой l'_1 (l'_2) для $D_н$ = 426 мм (рис. 29) при величине

$\Delta = \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$ = 100 мм находим длину расчетных участков $l'_1 = l'_2 = l' = 15.3$ м.

д). Длины канальных участков определяем из формул (19) или (20)

- для тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита и битумовермикулита

$$l_1 = l_2 = l' - \frac{1}{\beta} = 15{,}30 - 2{,}40 = 12{,}90 \text{ м};$$

- то же, с изоляцией из битумокерамзита

$$l_1 = l_2 = l' - \frac{1}{\beta} = 15{,}30 - 1{,}50 = 13{,}80 \text{ м}.$$

е). Определяем по графику (рис. 30) значения коэффициентов a_1 и a_2 по кривой φ = 120-90=30° при $l_1 = l_2$ т.е. при $\frac{l'_1}{l'_2} = 1$

$a'_1 = a'_2$ = 1,73.

ж). По кривой Р (рис. 29) для значения l'_1 (l'_2) = 15,30 м

находим силу упругой деформации при повороте трассы под углом 90°

$$P_1^{90} = P_2^{90} = 17250 \text{ Н } (1725 \text{ кгс}).$$

Сила упругой деформации при повороте трассы под углом 120° определяется по формулам (21) или (22):

$$P_{ср} = 17250 \cdot 1{,}73 = 29850 \text{Н} \quad (P_{ср} = 1725 \cdot 1{,}73 = 2985 \text{ кгс}).$$

$$P_1^{120} = P_2^{120} = a_1' P_1^{90} = a_2' P_2^{90} = 1{,}73\ 17250 = 29850 \text{Н}$$

$$(P_1^{120} = P_2^{120} = a_1' \cdot P_1^{90} = a_2' P_2^{90} = 1{,}73 \cdot 1725 = 2985 \text{ кгс}).$$

Номограммы для расчета Z-образных участков трубопроводов (рис. 31-37)

Пример 6. Дано: Дн = 76 мм; δ = 33 мм; Δt = 200°С;

σ = 107, 87 МПа (1100 кг/см2) ;

l_1 не задано и определяется, исходя из оптимального условия - минимальной общей длины канальных участков.

Решение по рис. 31 и 34.

а). Определяем расчетное тепловое удлинение по формуле (30):

$$\Delta_1 = \alpha \cdot \Delta t \cdot L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 30 \cdot 10^{3} = 72 \text{ мм}.$$

б). По кривой l_2 (рис. 31) для Дн = 76 мм при величине

$\Delta = \Delta_3 = 72$ мм находим длину канального участка

$l_2 = 5{,}46$ м.

в). Находим по графику (рис. 34).

при $\frac{l_2}{L} = \frac{5{,}46}{30} = 0{,}182$ отношение $\frac{l_1}{L} = 0{,}055$;

откуда $l_1' = 0{,}055 \cdot L = 0{,}055 \cdot 30 = 1{,}65$ м.

г). Длины канальных участков определяем из формулы (19):

- для тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита и битумовермикулита

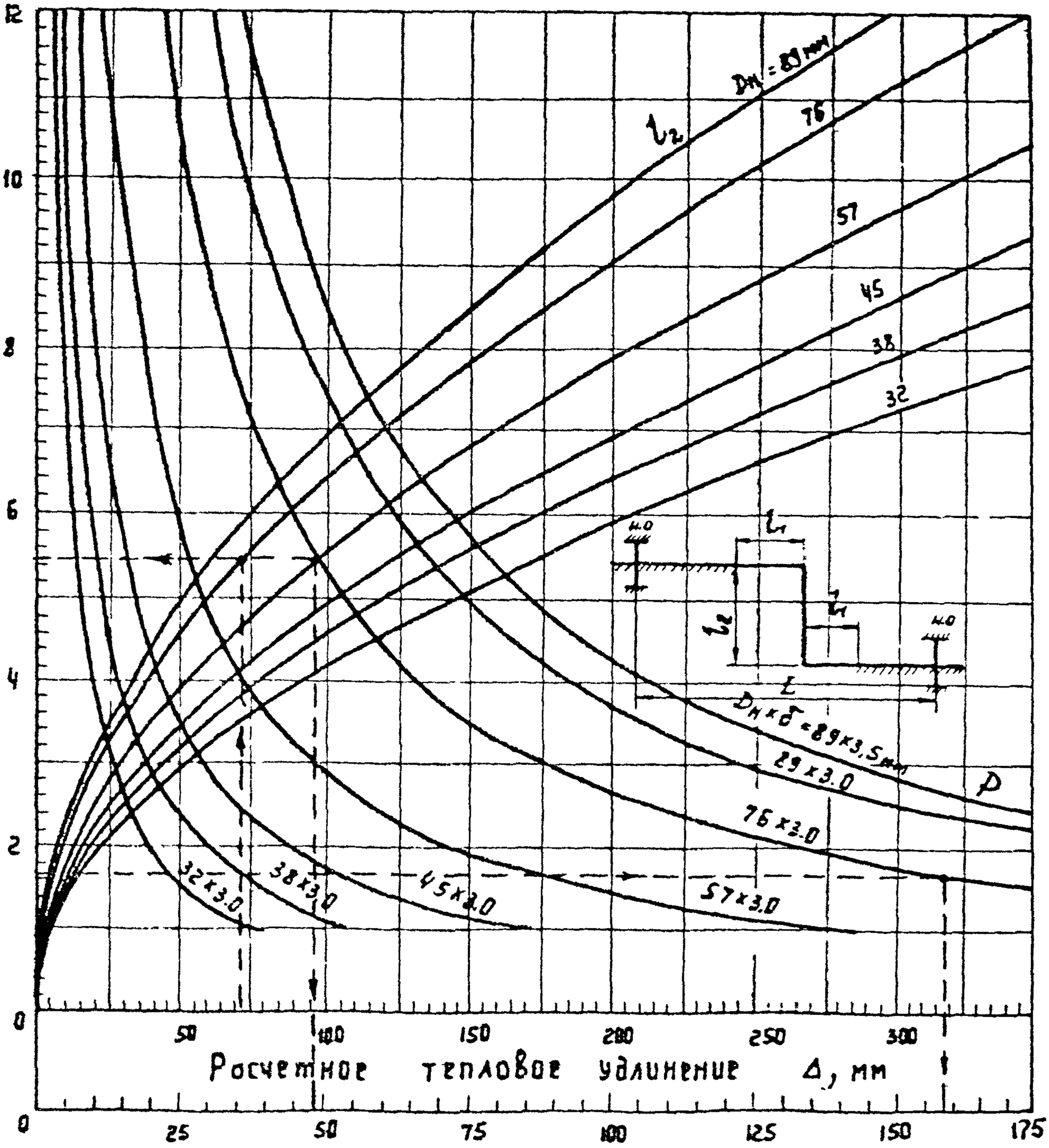


Рис.3I. Номограмма для расчета Z -образного участка трубопровода $D_н$ = 32÷89 мм

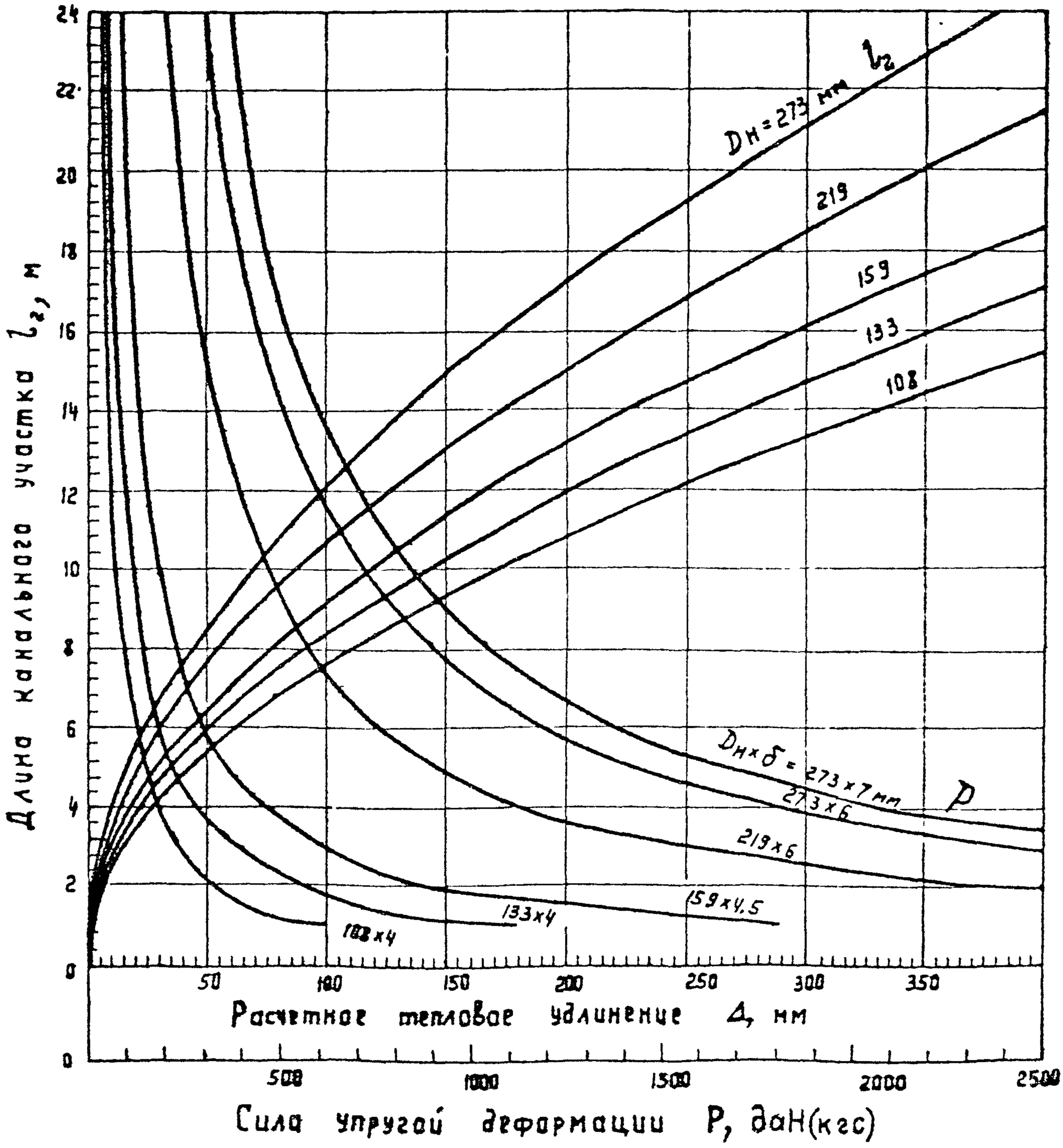


Рис.32. Номограмма для расчета Z -образного участка трубопровода $D_н$ = 108÷273 мм

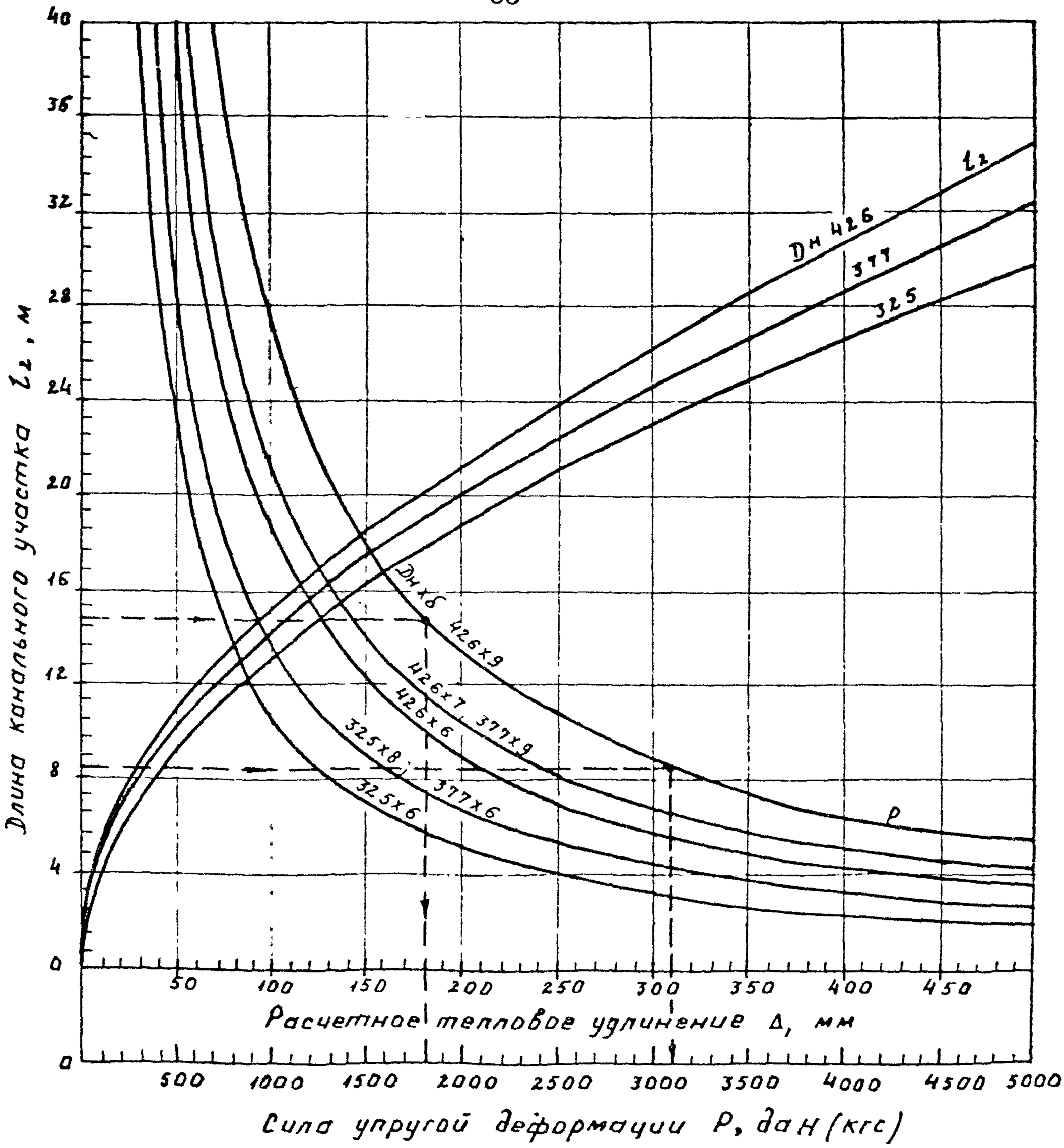


Рис.33. Номограмма для расчета Z -образного участка трубопровода D_H = 325÷426 мм

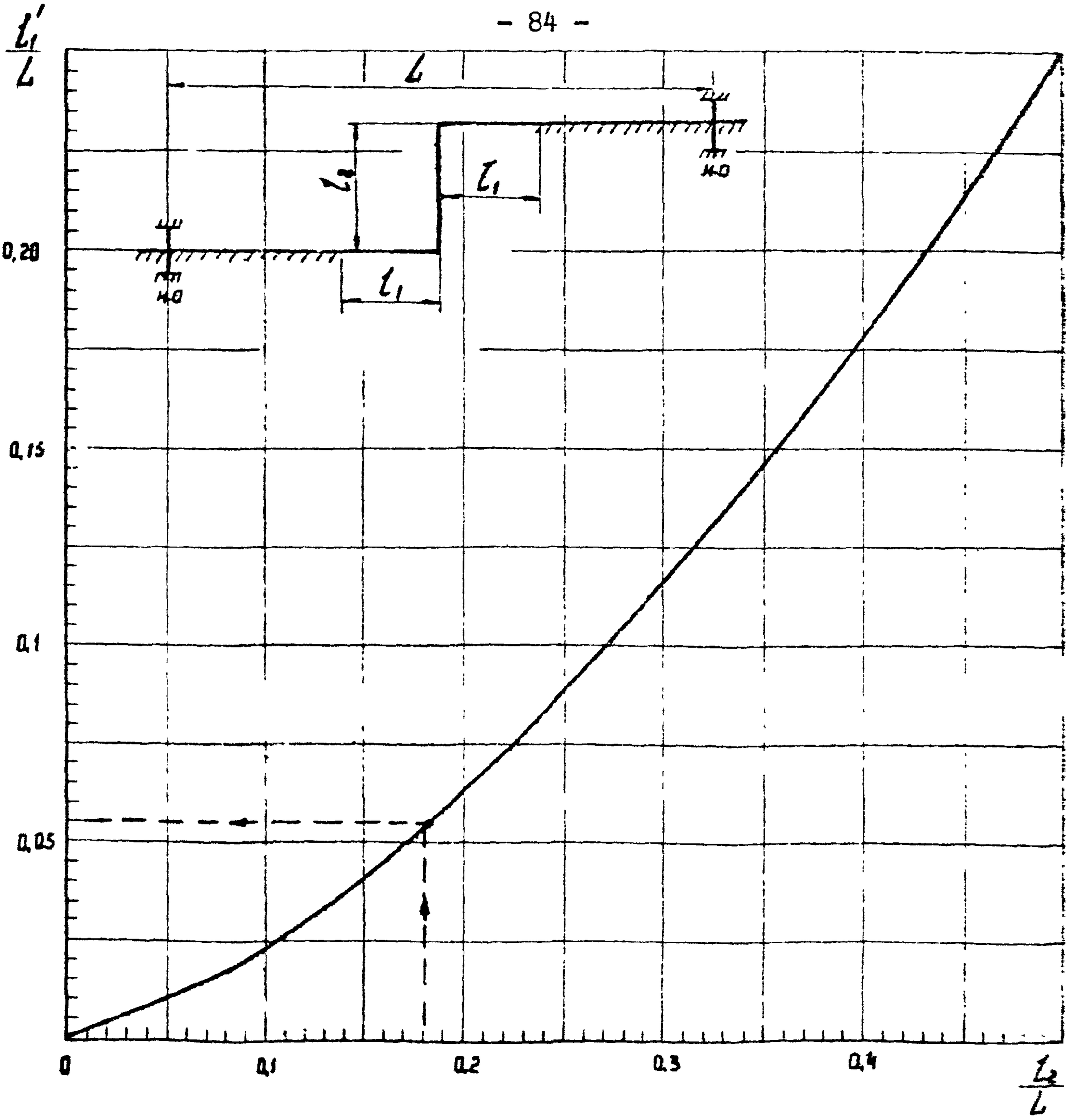


Рис.34. График для определения отношения $\frac{l'}{l}$ при расчете Σ-образных участков трубопровод

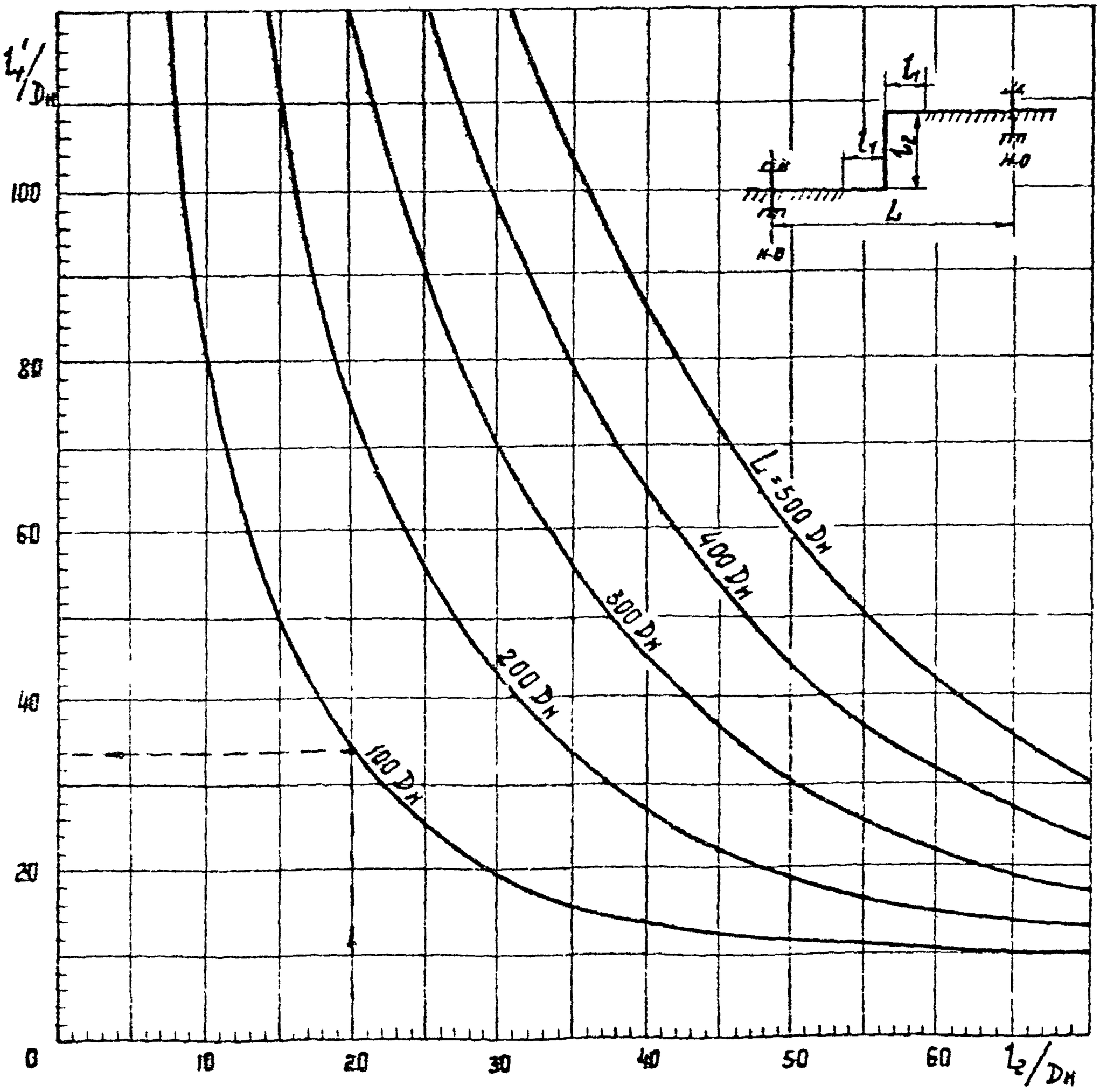


Рис.35. График для определения отношения $\frac{l'}{l}$ при расчете Z -образных участков трубопроводов при $\Delta t = 200^{\circ}C$

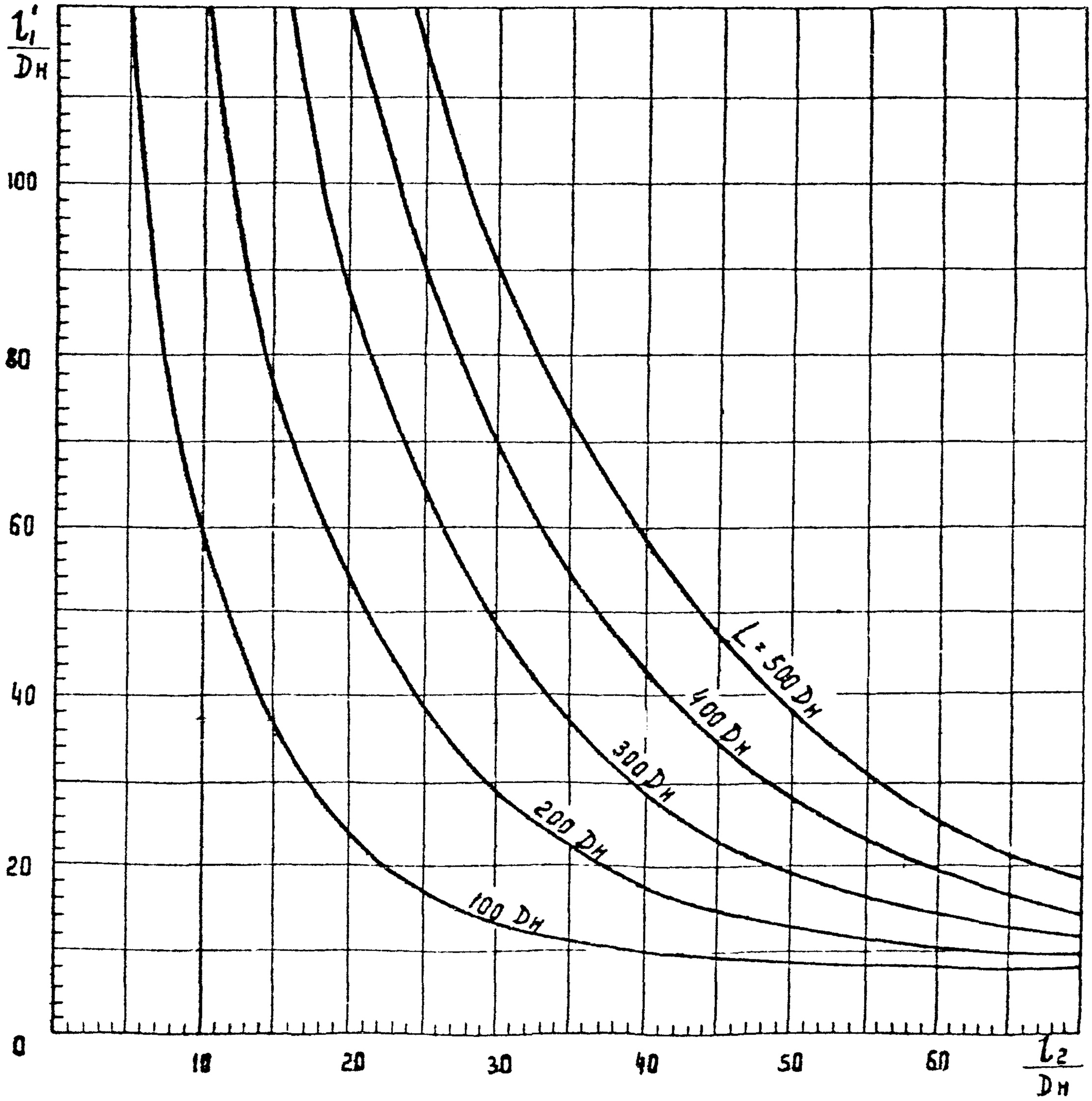


Рис.36. График для определения отношений $\frac{l'_1}{l_2}$ при расчете Z-образных участков трубопровода $\Delta t = 150^{\circ}C$

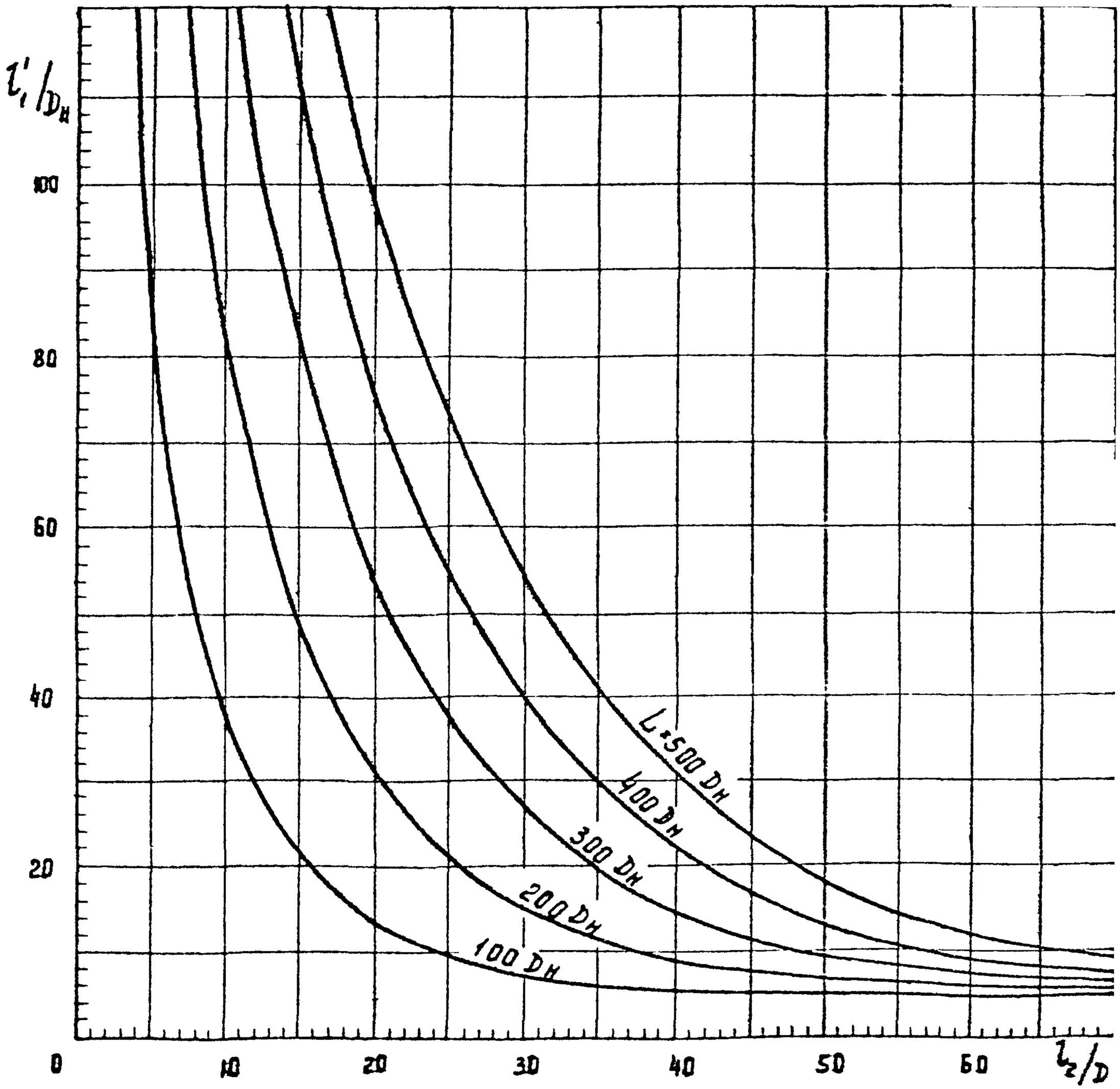


Рис.37. График для определения отношения $\frac{l'}{L}$ при расчете Z -образных участков трубопровода $\Delta t = 100^{\circ}C$

$$l_1 = l_1' - \frac{1}{\beta} = 1{,}65 - 0{,}75 = 0{,}90 \text{ м};$$

- то же, с изоляцией из битумокерамзита

$l_1 = l_1' - \frac{1}{\beta} = 1{,}65 - 0{,}47 = 1{,}18$ м.

д). По кривой Р (рис. 33) для $D_н$ = 76 мм при l_2 = 5,46 м находим силу упругой деформации для участка l I:

P_1 = 48 7 Н (487 кгс).

По той же кривой, откладывая по шкале l 2 величину l_I' = I,65 м, находим силу упругой деформации для участка l_2

P_2 = I6I 3 Н (I6I,3 кгс).

Пример 7. Дано: $D_н$ = 426 мм; δ = 9 мм; L = 42,5 м; l_2 = 8,5 м;

Δt = 200°С; σ = I07,87 МПа (II00 кгс/см2),

E = I,965·I0^5 МПа ($2 \cdot 10^6$ кгс/см^2).

Решение по рис. 33 и 35.

а). Определяем расчетное тепловое удлинение по формуле (30):

$$\Delta_з = \alpha \cdot \Delta t \, L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 42{,}5 \cdot 10^2 = 10{,}2 \text{ см}.$$

б). Проверяем, выполняется ли условие формулы (25)

$$\sqrt{\frac{3 \cdot \Delta_з \cdot E \, D_н}{\sigma}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10.2 \cdot 1.961 \cdot 10^5 \cdot 42.6}{107.87}} = 1541 \text{ см} = 15{,}41 \text{ м};$$

$$\left(\sqrt{\frac{3 \cdot \Delta_з \, E \, D_н}{\sigma}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10.2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 42.6}{1100}} = 1541 \text{ см}\right).$$

Таким образом: $l_2 < \sqrt{\frac{3 \cdot \Delta_з \cdot E \cdot D_н}{\sigma}}$

в). Для пользования номограммой (рис. 35) определяем отношения:

$$\frac{L}{D_н} = \frac{42.5}{0.426} = 100;$$

$$\frac{l_2}{D_н} = \frac{8.5}{0.426} = 20.$$

г). По кривой $\lambda = 100\ D_н$ (рис. 35) при $\frac{l_2}{D_н} = 20$ находим величину отношения $\frac{l_1'}{D_н} = 34{,}2$ откуда

$$l_1' = 34.2 \cdot D_н = 34.2 \cdot 0.426 = 14{,}56\ м.$$

д). Длины канальных участков определяем из формулы (19):

- для тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита и битумовермикулита

$$l_1 = l_1' - \frac{1}{\beta} = 14{,}56 - 2{,}40 = 12.16\ м;$$

- то же, с изоляцией из битумокерамзита

$$l_1 = l_1' - \frac{1}{\beta} = 14{,}56 - 1{,}50 = 13{,}06\ м.$$

в). По кривой Р (рис. 33) для $D_н$ = 426 мм и $\delta = 9$ мм при $l_2 = 8{,}5$ м находим силу упругой деформации для участка l_I

$$P_1 = 31000\ Н\ \ (3100\ кгс)$$

По той же кривой откладывая на шкале l_2 величину $l_1' = 14{,}56$ м находим силу упругой деформации на участке l_2

$$P_2 = 18200\ Н\ (1820\ кгс).$$

Приложение 4.

Значения величин

$r, c, m, 1/\beta, 5/\beta$

Размеры трубы, мм			Характеристика отвода			Тип изоляции			
						битумоперлит и битумовермику-лит		битумокерамзит	
						значения величин $1/\beta$ и $5/\beta$, I м			
условный проход $D_у$	наружный диаметр, $D_н$	толщина стенки δ	радиус гнутья r	коэффициент гибкости, c	коэффициент концентрации напряжений, m	$1/\beta$	$5/\beta$	$1/\beta$	$5/\beta$
25	32	3	0,15	1,16	1,0	0,48	2,40	0,3	1,5
32	38	3	0,15	1,34	1,0	0,52	2,60	0,32	1,6
40	45	3	0,2	1,39	1,0	0,58	2,90	0,36	1,8
50	57	3	0,2	1,98	1,02	0,65	3,25	0,41	2,05
65	76	3	0,35	2,06	1,08	0,75	3,75	0,47	2,35
80	89	3	0,35	2,87	1,35	0,83	4,15	0,51	2,55
80	89	3,5	0,35	2,46	1,17	0,86	4,30	0,53	2,65
100	108	4	0,5	2,23	1,1	0,97	4,85	0,61	3,05
125	133	4	0,5	3,42	1,47	1,09	5,45	0,68	3,4
150	159	4,5	0,6	3,66	2,38	1,23	6,15	0,77	3,85
200	219	6	0,85	3,67	1,53	1,55	7,75	0,97	4,85
250	273	6	–	–	–	1,74	8,70	1,09	5,45
250	273	7	–	–	–	1,81	9,05	1,13	5,65
300	325	6	–	–	–	1,89	9.45	1,18	5,9
300	325	8	–	–	–	2,04	10,2	1,25	6,25
350	377	6	–	–	–	2,05	10,23	1,27	6,37
350	377	9	–	–	–	2,26	11,3	1,41	7,05
400	426	6	–	–	–	2,18	10,9	1,36	6,8
400	426	7	–	–	–	2,25	11,25	1,41	7,05
400	426	9	–	–	–	2,40	12,00	1,50	7,50

Примечания: I. Расчетная характеристика конструкции на упругом основании β определена по формуле (I) приложения 3.

2. Коэффициент гибкости отвода определен по формулам:

при $h \leq I$ $\quad c = \frac{1.65}{h}$

при $h > I$ $\quad c = \frac{10 + 12h^2}{1 + 12h^2}$

где: h – геометрическая характеристика трубы, определяемая по формуле:

$$h = \frac{4Sr}{(D_н - S)^2};$$

$D_н, S, r$ – соответственно наружный диаметр и толщина стенки трубы и радиус гнутья отвода, мм.

3. Коэффициент концентрации напряжений в отводах определен по формуле:

Приложение 5

Метод определения горизонтальных осевых и боковых нагрузок на неподвижные опоры трубопроводов

I. При определении горизонтальных осевых и боковых нагрузок на неподвижные опоры трубопроводов учитываются силы трения трубопровода о грунт или силы трения, возникающие при перемещении трубы внутри теплоизоляционной оболочки, силы трения в сальниковых компенсаторах, силы упругой деформации гибких компенсаторов, силы упругой деформации трубопроводов при самокомпенсации и неуравновешенные силы внутреннего давления, возникающие при применении неразгруженных сальниковых компенсаторов, а также силы трения в подвижных опорах труб для участков, проложенных в каналах.

2. Нормативная нагрузка на опору в Н(кгс) от сил трения $P_{тр}$ на прилегающем к опоре бесканальном участке трубопровода определяется по формуле:

$$P_{тр} = p\, l_б \quad , \qquad /1/$$

где: p - сила трения на единицу длины трубопровода в Н/м (кгс/м);

$l_б$ - длина бесканального участка трубопровода (расстояние от неподвижных опор до каналов, примыкающих к камерам или нишам компенсаторов, а также до каналов на углах поворота трассы - приложение 3 рис. I, 2, 3) в м.

Величина $P_{тр}$ Н/м (кгс/м) принимается меньшей из двух значений, определяемых по формулам:

а) при перемещении трубы внутря теплоизоляционной оболочки

$$P_{тр} = f_{тр} \cdot \pi \cdot D_н \cdot q_{гр}^{гр} \quad ;$$

б) при перемещении трубы с изоляцией в грунте

$$P_{гр} = 0{,}35 f_{гп} \cdot \pi \cdot D_{гп} \cdot q_{гр}^{гр} \quad , \qquad /3/$$

где: $D_н$ – наружный диаметр трубы в м;

$D_{гп}$ – наружный диаметр теплоизоляционной конструкции в м;

$f_{тр}$ – коэффициент трения трубы по изоляции;
для битумоперлита и битумовермикулита $f_{тр}$ =0,7–0,85;
для битумокерамзита $f_{тр}$ =0,9–I,0;

$f_{гп}$ – коэффициент трения гидроизоляционного покрытия о грунт; для изола и бризола принимается равным 0,6;
для других гидроизоляционных покрытий впредь до экспериментального уточнения допускается принимать также, как для изола и бризола;

0,35 – поправочный коэффициент ЛИСИ;

$q_{гр}^{гр}$ – среднее, нормативное давление на трубопровод от веса грунта в Н/м2 (кгс/м2), определяемое по формуле:

$$q_{гр}^{гр} = \frac{q_{гб}^{гр} + q_{гг}^{гр}}{2} \quad ; \qquad /4/$$

$q_в^н$, $q_г^н$ – соответственно нормативное вертикальное и горизонтальное давления на трубопровод от веса грунта в Н/м2 (кгс/м2), которые приближенно могут быть определены по формулам:

$$q_в^н = \gamma_{гр} \cdot h_0 \quad ; \qquad /5/$$

$$q_г^н = \gamma_{гр} \cdot h_0 \, tg^2 \left(45° - \frac{\varphi_н}{2}\right); \qquad /6/$$

$\gamma_{гр}$ – удельный вес грунта в Н/м3 (кгс/м3);

h_0 – расстояние от поверхности земли до оси трубы в м;

$\varphi_н$ – нормативный угол внутреннего трения грунта в градусах.

Для трубопроводов с изоляцией из битумокерамзита при определении $P_{гр}$ по формуле /3/ величины $q_в^н$ и $q_г^н$ принимаются по формулам /5/ и /6/ с коэффициентом 1,1, учитывающим повышенную по сравнению с битумоперлитом жесткость изоляции.

3. Нормативная нагрузка на опору от сил трения в сальниковых компенсаторах $P_{тр}^с$ в Н (кгс) определяется по формуле:

$$P_{тр}^с = 200 \cdot p_{раб} \cdot в \cdot Д_к \cdot f_н \pi \; ;$$

$$(P_{тр}^с = 2 \cdot p_{раб} \cdot в \cdot Д_к \cdot f_н \pi), \qquad /7/$$

где: $p_{раб}$ – рабочее давление теплоносителя принимается в соответствии с требованиями п. 7.6 СНиП 2.04.07-86 "Тепловые сети"), в МПа (кгс/см^2);

$в$ – длина набивки по оси сальникового компенсатора в см;

$D_к$ - наружный диаметр патрубка сальникового компенсатора в см;

$f_н$ - коэффициент трения набивки о металл, принимаемый равным I,I5.

4. Нормативная нагрузка на опору от неуравновешенных сил внутреннего давления при применении сальниковых компенсаторов $P_{в.д.}$ в Н (кгс) определяется по формулам:

- на участках трубопроводов, имеющих запорную арматуру, заглушки или углы поворота

$$P_{в.д.} = 100\, p_{раб} \cdot F_к \quad (P_{в.д.} = p_{раб} \cdot F_к); \qquad /8/$$

- на участках трубопроводов с разными диаметрами труб

$$P_{в.д.} = 100\, p_{раб} \cdot (F_{к1} - F_{к2});$$

$$P_{в.д.} = p_{раб} \cdot (F_{к1} - F_{к2}); \qquad /9/$$

где: $F_к$, $F_{к1}$, $F_{к2}$ - площади поперечного сечения по наружному диаметру патрубков сальниковых компенсаторов в $см^2$.

5. Нормативная нагрузка на опору от сил упругой деформации при П - образных компенсаторах и при самокомпенсации определяется по приложению 3 .

6. Нормативная нагрузка на опору от силы трения в подвижных опорах труб $P_{тр}^{оп}$ в Н (кгс) определяется по формуле:

$$P_{тр}^{оп} = f \cdot q \cdot \ell , \qquad /10/$$

где: q – вес I м трубопровода, включающий вес трубы, теплоизоляционной конструкции и воды в Н/м (кгс/м);

ℓ – длина канального участка трубопровода до оси компенсатора или до угла поворота трассы, м;

f – коэффициент трения в подвижных опорах труб, принимаемый для скользящих опор равным 0,3.

7. Горизонтальная осевая нагрузка на концевую неподвижную опору определяется как сумма сил, действующих на опору.

8. Горизонтальная осевая нагрузка на промежуточную неподвижную опору определяется как разность суммы сил, действующих с каждой стороны опоры; при этом меньшая сумма сил, за исключением неуравновешенных сил внутреннего давления, принимается с коэффициентом 0,7.

9. Горизонтальная боковая нагрузка на неподвижную опору учитвается:

– при установке опоры на углах поворота трассы;

– при ответвлении трубопровода в непосредственной близости от опоры.

При наличии двухсторонних ответвлений трубопроводов боковая нагрузка на опору учитывается только от ответвления с бóльшей нагрузкой.

Поперечные силы упругой деформации участка самокомпенсации на неподвижную опору не передаются.

Приложение 6

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

"Г Л А В Н И И П Р О Е К Т "

ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

И РОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ

"ВНИПИЭНЕРГОПРОМ"

ВРЕМЕННЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОСЕВЫХ НЕРАЗГРУЖЕННЫХ СИЛЬФОННЫХ (ВОЛНИСТЫХ) КОМПЕНСАТОРОВ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Москва I983

УТВЕЖДЕНО

Зам. начальника Главниипроекта
Минэнерго СССР

_____В.М. Фильков

" " _____1983г.

УТВЕРЖДЕНО

Начальник Главпромстройпроекта
Госстроя СССР

_____В.Е. Зубков

" " _____1983г.

ВРЕМЕННЫЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОСЕВЫХ НЕРАЗГРУЖЕННЫХ СИЛЬФОННЫХ (ВОЛНИСТЫХ) КОМПЕНСАТОРОВ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель предприятия
п/я Р-6687

_____В.А. Ширяев

Руководитель предприятия
п/я Ю-9034

Главный инженер

К.К. Костин

РАЗРАБОТАНО:

Институт "ВНИПИэнергопром"

Директор В.С.Варварский

Зам. главного инженера

С.П.Варцев

Начальник ПТО Г.Я.Рубин

Гл. специалист М.М. Пик

Начальник ОТС В.И.Бурягина

Институт "Атомтеплоэлектропроект"

Директор И.А.Алексеев

Зам. главного инженера

С.Г.Трушин

Гл. специалист И.В.Беляйкина

Москва 1983

Техническими требованиями Минэнерго СССР на разработку волнистых компенсаторов сильфонного типа предусматривалась организация производства осевых компенсаторов разгруженного и неразгруженного типов с компенсирующей способностью от 50 до 200 мм для трубопроводов диаметром 50÷200 мм и от 100 до 400 мм для трубопроводов диаметром 250÷1400 мм, а также компенсаторов шарнирного и углового типов. В настоящее время организовано серийное производство только осевых неразгруженных компенсаторов с максимальной компенсирующей способностью до 100 (±50) мм для трубопроводов диаметром 50÷500 и 1000 мм, применение которых возможно только до организации серийного производства компенсаторов с большей компенсирующей способностью или в случаях, когда большая компенсирующая способность компенсаторов не требуется.

Производство осевых неразгруженных сильфонных (волнистых) компенсаторов для тепловых сетей организовано предприятием п/я Р-6687 диаметром 50÷200 мм и предприятием п/я М-5957 диаметром 250÷500 и 1000мм как первый этап выполнения технических требований.

Настоящие временные указания распространяются только на серийно выпускаемые осевые неразгруженные компенсаторы с компенсирующей способностью до 100 (±50) мм.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. "Временные указания" распространяются на проектирование и строительство водяных тепловых сетей диаметром 50 ÷ 500 и 1000 мм с параметрами Ру ≤25 кгс/см^2, $t \leq 200^{\circ}C$, в которых для компенсации тепловых удлинений трубопроводов используются осевые неразгруженные сильфонные (волнистые) компенсаторы с компенсирующей способностью до ±50 мм. Компенсаторы для труб диаметром 600 ÷ 900, 1200 и 1400 мм в настоящее время не выпускаются (по состоянию на 31.12.1983г.).

I.2. "Временные указания" разработаны применительно к конструкциям компенсаторов, выпускаемым предприятием п/я Р-6687 по техническим условиям ТУ 3-120-81 "Компенсаторы волнистые осевые неразгруженные" диаметром 50 ÷ 200 мм (рис. 1 и 2), и предприятием п/я М-5957 по ТУ 5.551-19702-82 "Компенсаторы сильфонные для теплосетей горяче воды" диаметром 250 ÷ 500 и 1000 мм (рис. 3 и 4).

Основные параметры и размеры компенсаторов, а также их условные обозначения для включения в спецификацию приведены в приложениях 7 и 8.

I.3. Компенсирующая способность выпускаемых заводами осевых неразгруженных сильфонных (волнистых) компенсаторов приведена в табл.1

Таблица 1

Условный проход Ду, мм	Технические условия	Условное давление Ру, кгс/см^2	Исполнение	Компенсирующая способность $\Delta \left(\pm \frac{\Delta}{2}\right)$, мм
1	2	3	4	5
50 ÷ 80 100 ÷ 200	ТУ 3-120-81	10;16;25	Односекционный (рис.1)	25 (±12,5) 50 (±25)
50 ÷ 80 100 - 200			Двухсекционный (рис.2)	50 (±25) 100 (±50)

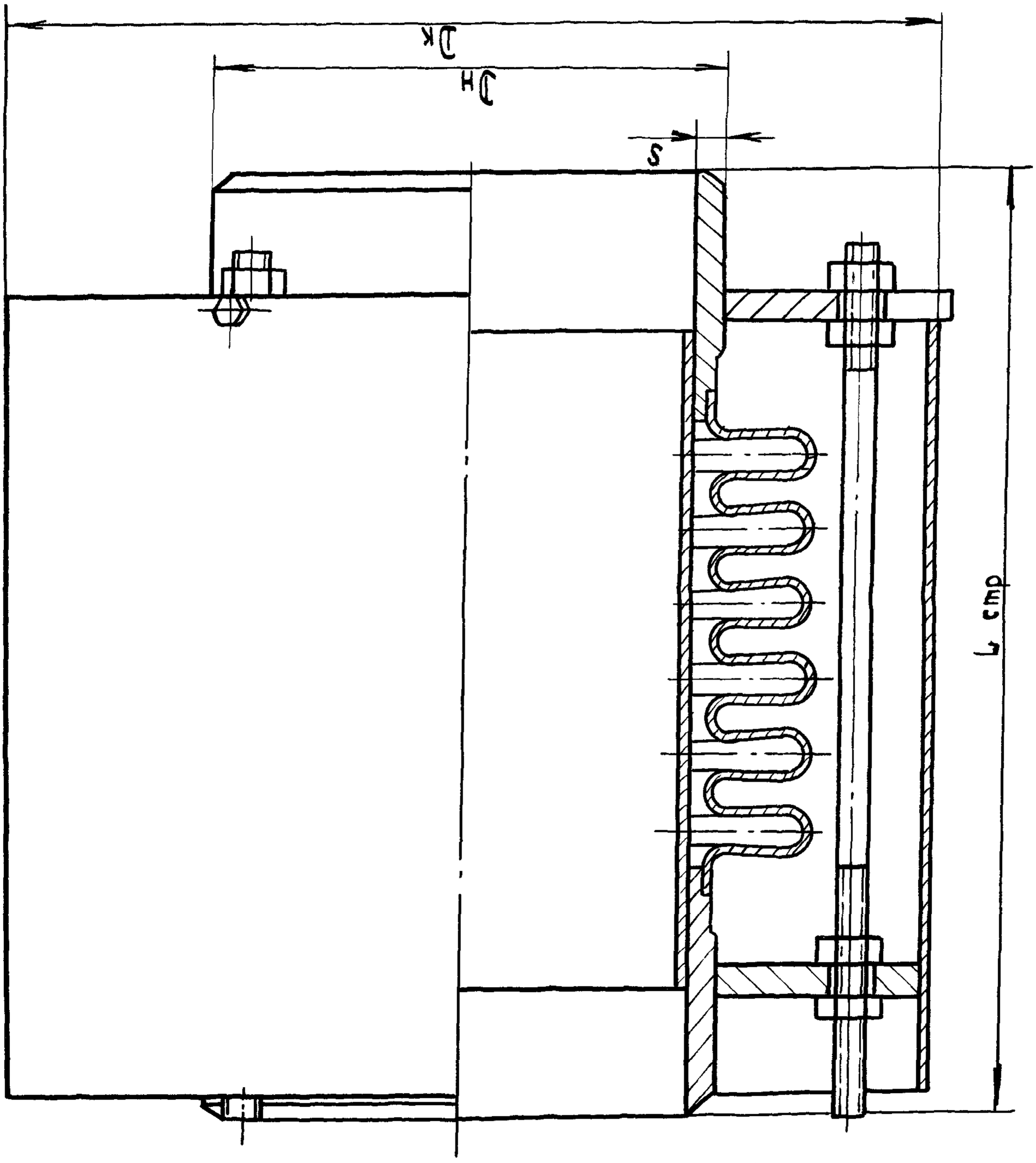


Рис. 1 Компенсатор однокупольный по ТУ 3-120-81

Вх. 30146 л. 101

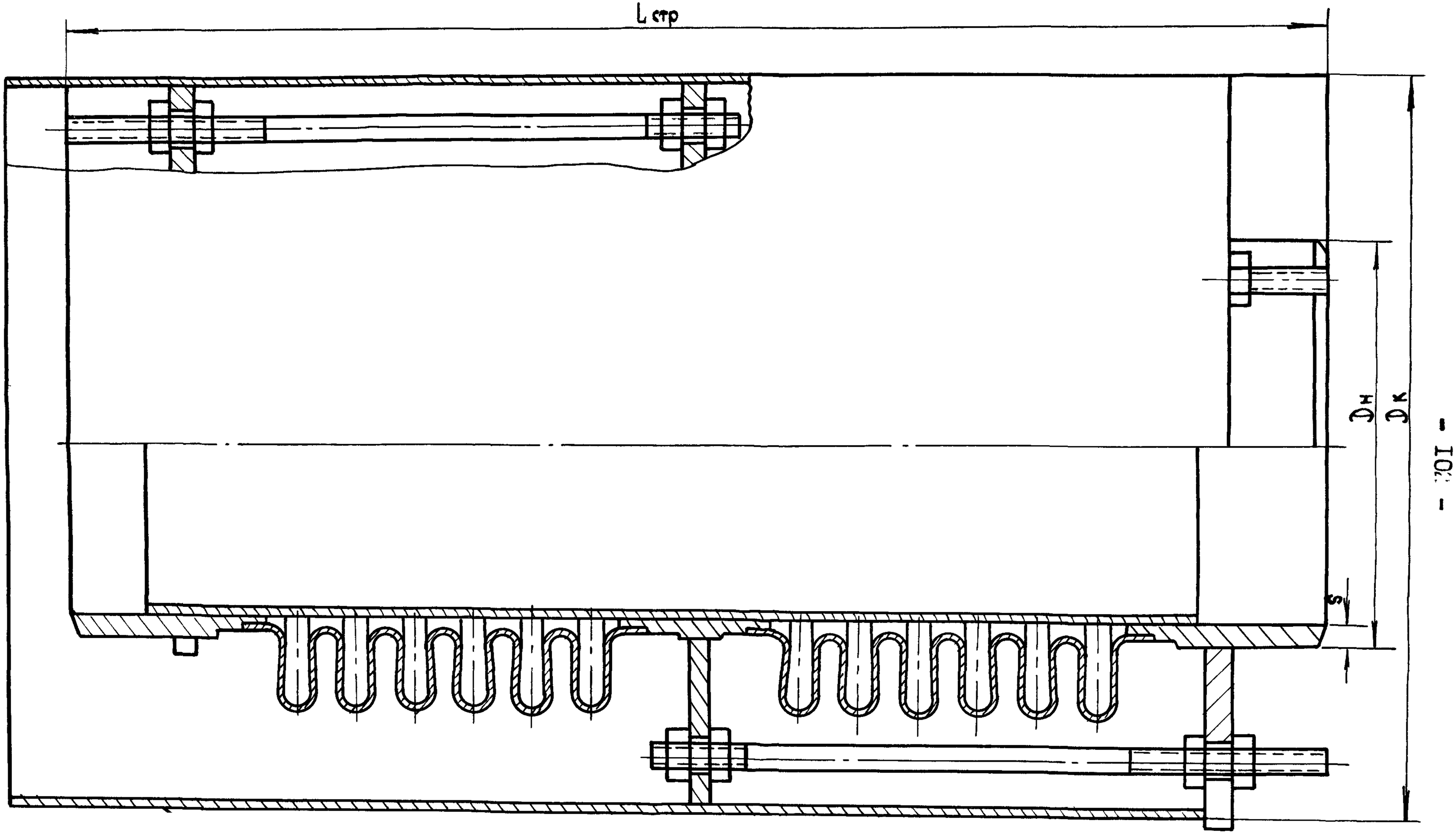


Рис. 2. Компенсатор двухсекционный по ТУ 3-120-81

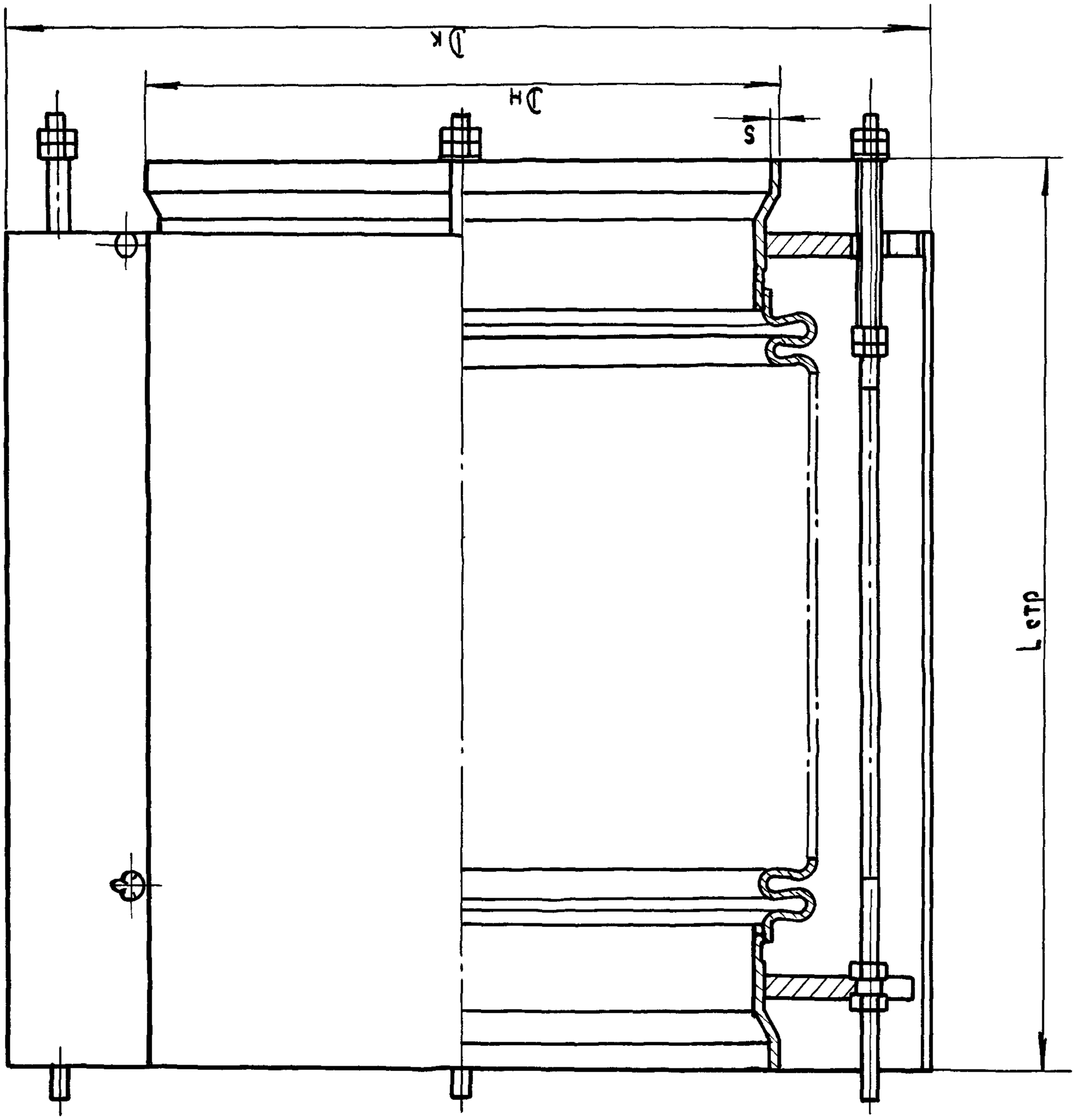


Рис. 3 Компенсатор однозеркальный по ТУ 5.551-19702-82

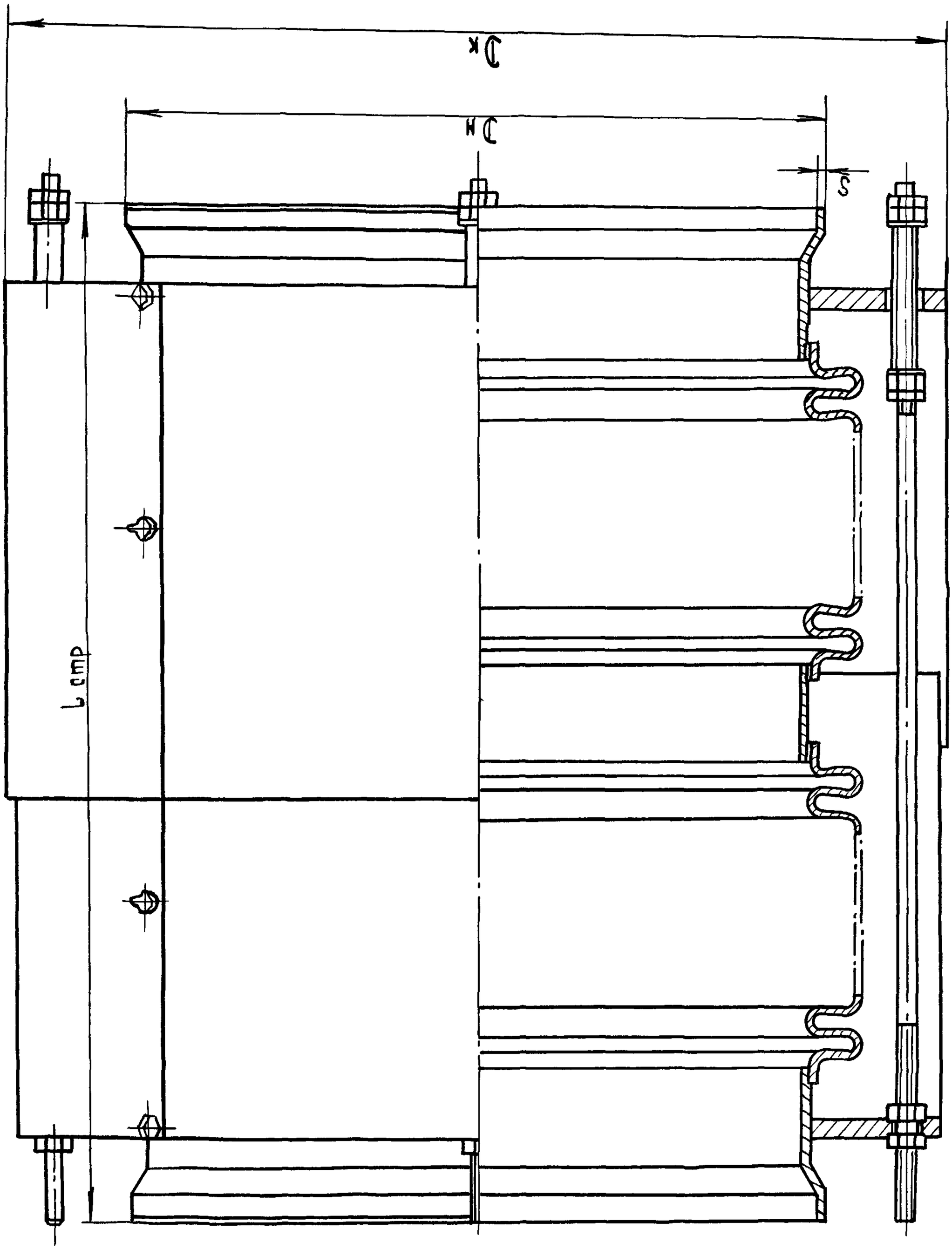


Рис. 4 Компенсатор двухсекционный по ТУ 5.551-10702-82

1	2	3	4	5
250 и 400	ТУ 5.551-19702-82	6; 10	Односекционный (рис. 3)	100 (± 50)
300 и 350		6		
250 и 400		16; 25	Двухсекционный (рис. 4)	
300 и 350		10; 16;25		
500 и 1000		25		

1.4. Осевые неразгруженные сильфонные (волнистые) компенсаторы допускается применять на прямолинейных участках трубопроводов водяных тепловых сетей при любых способах прокладки, а также на трубопроводах насосных, водонагревательных установок , тепловых пунктов потребителей и других сооружений тепловых сетей.

1.5. Компенсаторы по ТУ 3-120-81 допускается применять в районах строительства с расчетной наружной температурой для проектирования систем отопления не ниже минус 40°С, а по ТУ 5.551-19702-82 - не ниже минус 30°С. Сейсмичность районов строительства - до 9 баллов включительно.

1.6. Сильфонные (волнистые) компенсаторы допускается применять при содержании хлоридов в сетевой воде не более 30 мг/кг.

1.7. При проектировании и строительстве тепловых сетей с применением осевых неразгруженных сильфонных(волнистых) компенсаторов, кроме требований данных указаний должны соблюдаться требования глав СНиП по проектированию тепловых сетей, по производству и приемке работ наружных сетей и сооружений водоснабжения, канализации и теплоснабжения, по технике безопасности в строительстве, а также правил пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства ГУПО МВД СССР, правил безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды Госгортехнадзора СССР и других нормативных материалов.

2. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

2.I. До обобщения опыта эксплуатации сильфонные (волнистые) компенсаторы при подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканально следует устанавливать в камерах. При надземной прокладке сооружение специальных павильонов или устройство защитных козырьков и навесов не требуется.

2.2. Установку компенсаторов следует предусматривать на прямолинейных участках трубопроводов, как правило, у неподвижных опор. Между двумя неподвижными опорами должен устанавливаться только один компенсатор.

2.3. До и после компенсаторов должны предусматриваться направляющие опоры, устанавливаемые таким образом, чтобы расстояние от торца патрубка компенсатора до опоры было не более 2Ду. В качестве одной из направляющих опор рекомендуется использовать неподвижную опору.

При установке между неподвижной опорой и компенсатором запорной арматуры, имеющей опорное устройство, расстояние от торца патрубка компенсатора допускается принимать от патрубка (фланца) запорной арматуры.

Расстояние от направляющей опоры до ближайшей подвижной опоры должно быть не более 2/3 от расчетного пролета между подвижными опорами. Примеры схем размещения сильфонных (волнистых) компенсаторов, направляющих и неподвижных опор на двухтрубных водяных тепловых сетях приведены в приложении 9.

2.4. Максимальное расстояние между неподвижными опорами труб l_{max}, м, определяется по формуле:

$$l_{max} = \frac{0,9 \cdot \Delta}{\alpha \cdot (t - t_{p.c})}, \qquad (I)$$

Где: 0,9 - коэффициент запаса, учитывающий неточности расчета и погрешности монтажа;

Δ - компенсирующая способность компенсатора, мм, принимается по приложениям 7 и 8;

α - средний коэффициент линейного расширения трубной стали при нагреве от 0 до t °С, мм/м°С;

t - расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С;

$t_{р.о}$ - расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, принимаемая равной средней температуре воздуха наиболее холодной пятидневки по главе СНиП "Строительная климатология и геофизика", °С.

2.5. Установочная длина компенсатора $L_{уст}$, мм, при проектировании камер и узлов трубопроводов определяется по формуле:

$$L_{уст} = L_{стр} + \frac{\Delta}{2}, \qquad (2)$$

Длина компенсатора при монтаже $L_{монт}$, мм, в зависимости от температуры окружающего воздуха при монтаже $t_м$, °С определяется по формуле:

$$L_{монт} = L_{уст} - \alpha_м (t_м - t_{р.о}) \cdot L, \qquad (3)$$

где: $L_{стр}$ - строительная длина компенсатора при его поставке в свободном состоянии, мм, принимаемая по приложениям 7 и 8;

$\alpha_м$ - коэффициент линейного расширения трубной стали при монтаже, принимаемый равным 0,012 мм/м°С;

L - расстояние между неподвижными опорами расчетного участка, м.

На рабочих чертежах узлов трубопроводов с сильфонными (волнистыми) компенсаторами следует приводить таблицу монтажных длин компенсаторов $L_{монт}$ в зависимости от температуры монтажа $t_м$ через 5°С.

2.6. Расстояния в свету от ограждающих (строительных) конструкций тоннелей, коллекторов и камер до теплоизоляционных конструкций компенсаторов, а также между теплоизоляционными конструкциями смежных компенсаторов должны быть не менее:

для компенсаторов Ду 50 - 500 мм - 100 мм;
для компенсаторов Ду 1000 мм - 150 мм.

При невозможности соблюдения указанных расстояний компенсаторы следует устанавливать вразбежку со смещением в плане не менее 100 мм относительно друг друга.

2.7. При размещении компенсаторов в камерах должны предусматриваться боковые проходы для обслуживания арматуры и компенсаторов размером (в свету):

Ду 50 - 500 мм не менее 600 мм;
Ду 1000 мм не менее 700 мм.

Кроме того, должна предусматриваться возможность перехода сверху или снизу трубопроводов размером в свету не менее 700 мм.

2.8. Сильфонные компенсаторы должны быть изолированы. Тепловая изоляция должна быть съемной.

2.9. В качестве подвижных и неподвижных опор должны применяться обычные опоры, используемые при проектировании тепловых сетей с другими компенсирующими устройствами.

2.10. Направляющие опоры должны обеспечивать свободное осевое перемещение трубопровода и исключать смещение трубопровода в других плоскостях. Допускается применение в качестве направляющих опор хомутовые опоры с двумя хомутами, расположенными друг от друга на расстоянии не менее 100 мм для труб Ду $\leq$ 500 мм и не менее 200 мм - для труб Ду 1000 мм.

2.11. При определении нормативной горизонтальной осевой нагрузки на неподвижные опоры должны учитываться:

а) распорное усилие компенсатора от внутреннего давления P_p, кгс, определяемое по формуле:

$$P_p = P_{раб} \cdot F_{эф} , \qquad (4)$$

где: $P_{раб}$ - рабочее давление теплоносителя, кгс/см^2;

$F_{эф}$ - эффективная площадь поперечного сечения компенсатора, см^2, принимаемая по приложениям 7 И 8.

Эффективная площадь поперечного сечения компенсатора может определяться по формуле:

$$F_{эф} = \frac{\pi}{16} \left(D_{н.в} + D_{вн.в} \right)^2 , \qquad (5)$$

где: $D_{н.в}, D_{вн.в}$ соответственно наружный и внутренний диаметры гибкого элемента компенсатора, см.

б) Жесткость компенсатора $P_ж$, кгс, определяемая по формуле:

$$P_ж = C_0 \cdot \frac{\Delta}{2}, \qquad (6)$$

где: C_0 - жесткость компенсатора при его сжатии на 1 мм, кгс/мм;

Δ - компенсирующая способность компенсатора, мм.

Значения величин C_0 и Δ принимаются по приложениям 1 и 2.

в) Сила трения в подвижных опорах $P_{тр}$, кгс, определяемая по формуле:

$$P_{тр} = f \cdot q \cdot L, \qquad (7)$$

где: f - коэффициент трения в подвижных опорах труб;

q - вес 1 м трубопровода в рабочем состоянии (с водой и изоляцией), кгс;

L - расстояние между неподвижными опорами, м.

г) Сила трения трубопровода о грунт или сила трения возникающая при перемещении трубы внутри теплоизоляционной оболочки при бесканальной прокладке $P_{тр}$, кгс/м, определяемая по формуле:

$$P_{тр} = p \cdot L, \qquad (8)$$

где: p - сила трения на единицу длины трубопровода, кгс/м, принимаемая меньшей из двух значений, определяемых по формулам:

при перемещении трубы внутри теплоизоляционной конструкции(для бесканальных прокладок с изоляцией из битумоперлита, битумокерамзита и битумовермикулита)

$$p = f_{тр} \cdot \pi \cdot Д_н \cdot q_{ср}^{гр}; \qquad (9)$$

при перемещении трубы в грунте вместе с изоляцией

$$p = 0{,}35 f_{г.п.} \cdot \pi \cdot Д_и \cdot q_{ср}^{гр}, \qquad (10)$$

где: $Д_н$ - наружный диаметр трубы, м;

$Д_и$ - наружный диаметр теплоизоляционной конструкции, м;

$f_{тр}$ - коэффициент трения трубы по тепловой изоляции, принимаемый равным для битумоперлита и битумовермикулита 0,7 ÷ 0,85, а для битумокерамзита 0,9 ÷ 1,0;

$f_{г.п.}$ - коэффициент трения гидроизоляционного покрытия о грунт, принимаемый равным 0,6;

0,35- поправочный коэффициент ЛИСИ;

$q_{ср}^{гр}$ - среднее нормативное давление на трубопровод от веса грунта, кгс/м^2, определяемое по формуле:

$$q_{ср}^{гр} = \frac{q_в^{гр} + q_г^{гр}}{2} , \qquad (II)$$

$q_в^{гр}; q_г^{гр}$ - соответственно нормативное вертикальное и горизонтальное давление на трубопровод от веса грунта, кгс/м^2, которые приближенно могут быть определены по формулам:

$$q_в^{гр} = \gamma_{гр} \cdot h_0 , \qquad (I2)$$

$$q_г^{гр} = \gamma_{гр} \cdot h_0 \cdot tg^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_н}{2}\right) , \qquad (I3)$$

$\gamma_{гр}$ - объемный вес грунта, кгс/м^3;

h_0 - расстояние от поверхности земли до оси трубы, м;

$\varphi_н$ - нормативный угол внутреннего трения грунта в градусах.

Для трубопрводов с изоляцией из битумокерамзита при определении величины Р в формулу (IC) вводится коэффициент I,I.

д) При усановке на смежных участка тепловой сети сильфонных (волнистых) и сальниковых компенсаторов возникает необходимость в расчетах усилий на неподвижные опоры учитывать силы трения в сальниках сальниковых компенсаторов $P_{тр}^{с}$, кгс, неуравновешенные силы внутреннего давления $P_{в.д}$, кгс, а также распорные усилия, возникающие от сильфонных (волнистых) компесаторов при их сочетани с сальниковыми компенсаторами $P_{р.в}$, кгс, определяемые по формулам:

$$P_{тр}^{с} = 2\, P_{раб} \cdot Д \cdot l_3 f_1 \pi \; ; \qquad (I4)$$

$$P_{в.д} = P_{раб} \frac{\pi Д^2}{4} \; ; \qquad (I5)$$

$$P_{р.в} = P_р - \frac{\pi Д^2}{4} \; , \qquad (I6)$$

где: l_3 - длина набивки по оси сальникового компенсатора, см;

Д - наружный диаметр патрубка сальникового компенсатора, см;

f_1 - коэффициент трения набивки о металл, принимаемый равным C,I5.

Значение величин и Д принимается по типовым чертежам серии 4.903-10, выпуск 7 "Компенсаторы трубопроводов сальниковые".

2.12. Суммарные горизонтальные осевые и боковые нагрузки на неподвижные опоры $P_{го}$ и $P_{гб}$, кгс, должны приниматься в соответствии с прилож. 8 к СНиП "Тепловые сети". При этом нагрузки на промежуточную неподвижную опору от участков трубопроводов, расположенных по обе стороны опоры, определяются по формулам:

а) при $Д_{у1}$ $Д_{у2}$

от распорных усилий компенсаторов

$$P_р = P_{р1} - Pp_2 ; \qquad (17)$$

от жесткости компенсаторов

$$P_ж = 1,3\ P_{ж1} - 0,7\ P_{ж2}; \qquad (18)$$

от сил трения при

$$P_{тр} = P_{тр1} - 0,7P_{тр2}; \qquad (19)$$

б) при $Д_{у1} = Д_{у2}$

от распорных усилий компенсаторов

$$P_р = 0; \qquad (20)$$

от жесткости компенсаторов

$$P_ж = 0,6\ P_{ж1} ; \qquad (21)$$

от сил трения при =

$$P_{тр} = 0,3P_{тр1} \qquad (22)$$

В формулах (18) и (21) учтено допускаемое техническими условиями на компенсаторы предельное отклонение величин жесткости компенсаторов, приведенных в приложениях 7 и 8, на ± 30%.

При наличии на расчетных участках трубопроводов углов поворота или -образных участков в суммарных нагрузках на неподвижные опоры должны учитываться силы упругой деформации от этих участков

P_x, P_y, кгс, определяемые расчетом труб на самокомпенсацию.

Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нагрузок на концевые и промежуточные неподвижные опоры для различных схем расчетных участков трубопроводов приведены в приложении IO.

2.I3. При определении расчетных горизонтальных нагрузок на неподвижные опоры должны учитываться коэффициенты перегрузки, принимаемые равными:

на распорное усилие от внутреннего давления	I,2
на силы трения в подвижных опорах и при бесканальной прокладке	I,I
на давление от веса грунта	I,2

3. УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ

3.I. Хранение и транспортирование компенсаторов к месту монтажа должно производиться в упакованном виде и исключать возможность повреждения компенсаторов. Хранить компенсаторы в распакованном виде на открытых площадках не допускается.

3.2. Перед установкой компенсаторы должны быть проверены на соответствие их техническим условиям и клеймам заводов-изготовителей, на наличие данных ОТК завода, а также на отсутствие забоин и других повреждений гибкого элемента.

3.3. При перемещении компенсаторов в период монтажа должны быть приняты меры, исключающие повреждение компенсаторов и их загрязнение. Строповку компенсаторов следует производить только за патрубки.

3.4. При выполнении сварочных работ по установке компенсаторов должно быть исключено попадание брызг металла на поверхность гибкого элемента для чего последний должен быть обернут асбестовой тканью.

3.5. При монтаже компенсаторов запрещается их скручивание относительно продольной оси и не допускается их провисание от собственного веса и от веса трубопровода и запорной арматуры.

3.6. Компенсаторы должны поставляться к месту их монтажа с кожухами и заглушками. Заглушки должны сниматься непосредственно перед приваркой компенсатора к трубопроводу. Для обеспечения возможности приварки компенсатора к трубопроводу и осуществления растяжки гибкого элемента кожух компенсатора должен быть сдвинут на трубу или снят, а после приварки вновь

надвинут (одет) на компенсатор и закреплен на нем соответствующими болтами и гайками.

3.7. Монтаж осевых сильфонных компенсаторов рекомендуется производить в следующей последовательности (рис.5):

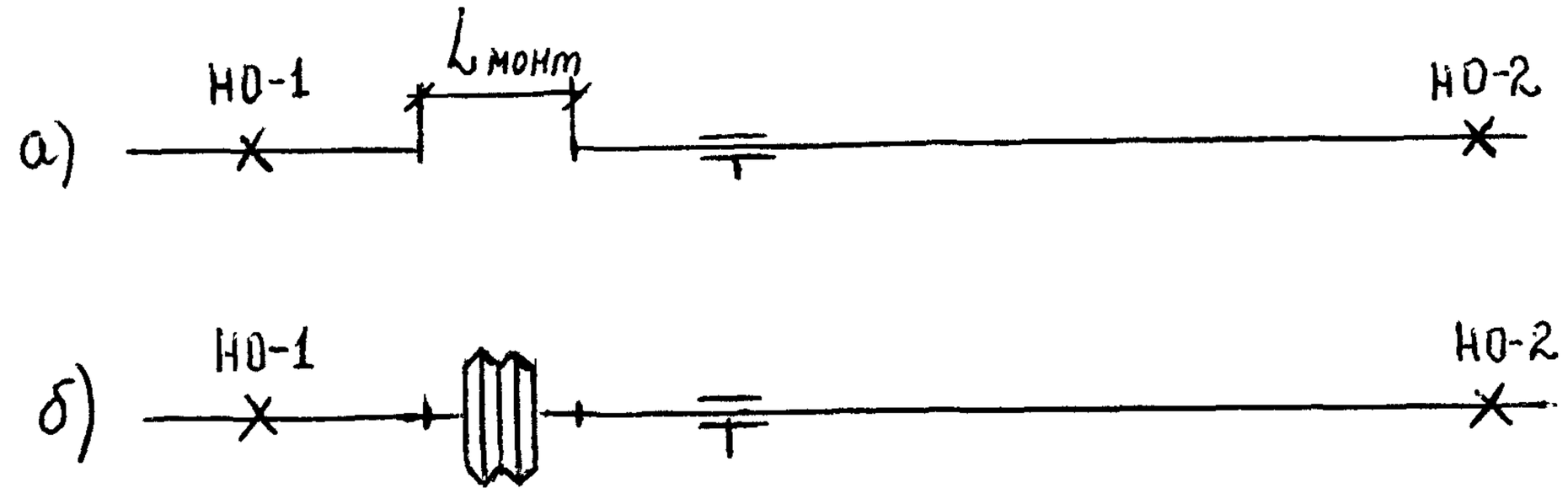


Рис.5

- участки трубопровода до и после компенсатора должны быть смонтированы и закреплены в неподвижных опорах НО-1 и НО-2 таким образом, чтобы расстояния между концами труб в месте установки компенсатора соответствовало монтажной длине компенсатора L монт (рис.5а и п.2.5) при температуре окружающего воздуха соответствующей моменту закрепления трубопровода во второй неподвижной опоре (НО 1 или НО-2); температура окружающего воздуха и расстояние между концами закрепленных труб (L монт) должны быть зафиксированы актом;

- компенсаторы привариваются одним концом к трубопроводу таким образом, чтобы направление движения сетевой воды через компенсатор соответствовало маркировке на компенсаторе;

- с помощью приспособлений, предусмотренных конструкцией компенсатора, производится его растяжка до стыкования со свободным концом трубопровода (рис.5б);

- проверяются отклонения соединения компенсатора с трубопроводом, которые не должны превышать следующих значений:

по соосности патрубков Ду $\leq$ 200 мм - 2 мм;

Ду 200 мм - 3,5 мм;

по параллельности патрубков - 3,5 мм;

зазор между патрубком компенсатора и трубопроводом - 2 мм;

- производится сварка второго конца компенсатора со свободным концом трубопровода;

- компенсаторы Ду $\leq$ 200 мм освобождаются от стяжек, ограничивающих свободное перемещение компенсаторов, а у компенсаторов Ду $>$ 200 мм отворачиваются гайки на шпильках, а затем на ограничительные шпильки одеваются направляющие трубки (п.5.I2 ТУ 5.55I-I9702-82).

Снятию ограничений свободного перемещения компенсаторов должно предшествовать закрытие каналов и засыпка траншей с уплотнением грунта.

3.8. После проведения гидравлических испытаний трубопроводов на компенсаторы должны быть установлены кожухи и поверх кожухов нанесена тепловая изоляция.

3.9. При обнаружении негерметичности компенсатора при гидравлических испытаниях компенсатор демонтируется и заменяется новым, о чем составляется акт.

3.I0. Если после гидравлических испытаний будет обнаружено, что длина компенсатора увеличилась по сравнению с величиной λ уст (п.2.5), что свидетельствует о смещении неподвижных опор, необходимо произвести ревизию данного и смежных участков трубопровода, а компенсатор заменить новым, о чем составляется акт.

3.II. для исключения возможности перекоса присоединительных поверхностей патрубков компенсаторов их растяжка должна производиться гайками на всех шпильках последовательно или крестообразно с поворотом гайки на каждой шпильке не более чем на один оборот.

Основные параметры и размеры осевых неразгруженных сильфонных (волнистых) компенсаторов по ТУ 3-I20-8I предприятия п/я Р-6687 (г. Тула)

Условный проход Ду, мм	Условное давление Ру, кгс/см²	Компенсирующая способность, $\Delta\left(\pm\frac{\Delta}{2}\right)$, мм	Габаритные размеры (не более)		Размеры патрубка		Жесткость C_o кгс/мм	Эффективная площадь $F_{эф}$, см²	Масса (не более), кг	Номер рисунка	Условное обозначение
			наружный диаметр кожуха Дк, мм	строительная длина (при поставке) $L_{стр}$, мм	наружный диаметр Дн, мм	толщина стенки S мм					
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
50	I0 I6 25	25(±I2,5)	I30	240	57	5,5	7,6 8,0 9,6	32,9	5	I	КВО 50-I0-25 КВО 50-I6-25 КВО 50-25-25
	I0 I6 25	50(±25)		380			3,8 4,0 4,8		7	2	КВО 50-I0-50 КВО 50-I6-50 КВО 50-25-50
65	I0 I6 25	25(±I2,5)	I50	245	76	5,5	9,4 9,8 II,8	59,I	6	I	КВО 65-I0-25 КВО 65-I6-25 КВО 65-25-25
	I0 I6 25	50(±25)		400			4,7 4,9 5,9		9	2	КВО 65-I0-50 КВО 65-I6-50 КВО 65-25-50
80	I0 I6 25	25(±I2,5)	I80	250	89	5,5	I4,0 I4,8 I7,6	92,0	7	I	КВО 80-I0-25 КВО 80-I6-25 КВО 80-25-25

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	I0 I6 25	50(±25)	I88	4I0	89	5,5	7,0 7.4 8,8	92,0	II	2	KB0 80-I0-50 KB0 80-I6-50 KB0 80-25-50
I00	I0 I6 25	50(±25)	200	290	I08	6,5	32,0 34,0 40,8	I28,I	8	I	KB0 I00-I0-50 KB0 I00-I6-50 KB0 I00-25-50
	I0 I6 25	I00(±50)		490			I6,0 I7,0 20,4		I4	2	KB0 I00-I0-I00 KB0 I00-I6-I00 KB0 I00-25-I00
I25	I0 I6 25	50(±25)	240	295	I33	6,5	36,0 38,0 46,0	I95,3	9	I	KB0 I25-I0-50 KB0 I25-I6-50 KB0 I25-25-50
	I0 I6 25	I00(±50)		500			I8,0 I9.0 23.0		I7	2	KB0 I25-I0-I00 KB0 I25-I6-I00 KB0 I25-25-I00
I50	I0 I6 25	50 (±25)	270	300	I59	6,5	40,0 42,0 50,4	275,3	II	I	KB0 I50-I0-50 KB0 I50-I6-50 KB0 I50-25-50
	I0 I6 25	I00(±50)		5I0			20,0 2I,0 25,2		20	2	KB0 I50-I0-I00 KB0 I50-I6-I00 KB0 I50-25-I00
200	I0 I6 25	50(±25)	340	3I0	2I9	7,5	86,0 90,4 I08,4	408,0	I5	I	KB0 200-I0-50 KB0 200-I6-50 KB0 200-25-50

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	I0 I6 25	I00 (±50)	340	530	2I9	7,5	43,0 45,2 54,2	408,0	30	2	КВО 200-I0-I00 КВО 200-I6-I00 КВО 200-25-I00

УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ компенсатора сильфонного (волнистого) осевого неразгруженного Ду I50 мм, Ру I0 кгс/см2, с компенсирующей способностью 50 мм:

КВО I50-I0-50 ТУ 3-I20-8I

Основные параметры и размеры осевых неразгруженных сильфонных (волнистых) компенсаторов по ТУ 5.551-19702-82 предприятия п/я Ю-9034 (г. Ленинград)

Условный проход Ду, мм	Условное давление Ру кгс/см2	Компенсирующая способность $\Delta\left(+\frac{\Delta}{2}\right)$, мм	Габаритные размеры (не более): наружный диаметр кожуха Дк, мм	Габаритные размеры (не более): строительная длина (при поставке) Lстр мм	Размеры патрубка: наружный диаметр Дн, мм	Размеры патрубка: толщина стенки S мм	Жесткость Со, кгс/мм	Эффективная площадь Fэф см2	Масса (не более) кг	Номер рисунка	Условное обозначение
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
250	6	I00(±50)	49I	452	273	7	I0	684	66	3	K4.I00.6.250
	I0			466			I4		68	3	K4.I00.I0.250
	I6			806			I2		II0	4	2K4.I00.I6.250
	25			868			I7		II6	4	2K4.I00.25.250
300	6	I00(±50)	543	45I	325	7	I0	958	77	3	K4.I00.6.300
	I0			740			8		II5	4	2K4.I00.I0.300
	I6			792			I2		II9	4	2K4.I00.I6.300
	25			844			I7		I32	4	2K4.I00.25.300
350	6	I00(±50)	595	434	377	7	II	II48	88	3	K4.I00.6.350
	I0			780			9		I42	4	2K4.I00.I0.350
	I6			832			I4		I60	4	2K4.I00.I6.350
	25			884			I9		I73	4	2K4.I00.25.350
400	6	I00(±50)	644	448	426	7	20	I48I	I06	3	K4.I00.6.400
	I0			474			38		I32	3	K4.I00.I0.400
	I6			788			29		I8I	4	2K4.I00.I6.400
	25			846			45		I94	4	2K4.I00.25.400

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
500	25	I00(±50)	727	90I	530	8	50	2287	270	4	2К4.I00.25.500
I000	25	I00(±50)	I240	79I	I020	I0	75	8834	437	4	2К4.I00.25.I000

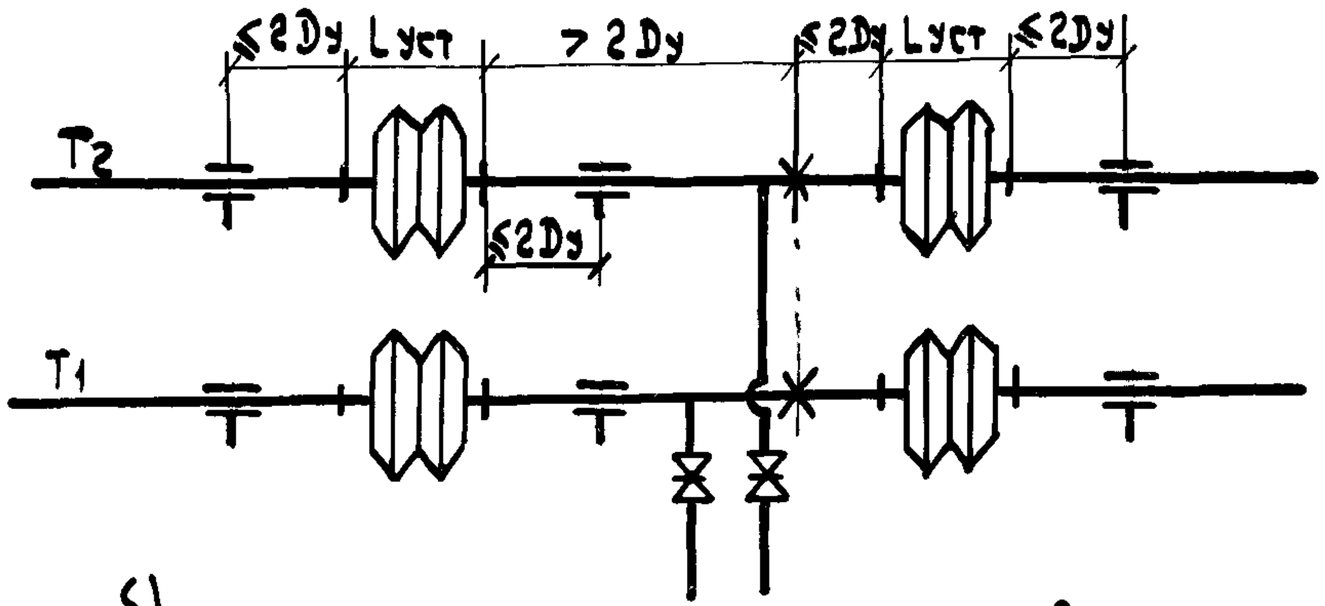
УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ компенсатора сильфонного приварного осевого неразгруженного с компенсирующей способностью I00 мм, Ру 6 кгс/см2, Ду 250 мм

К4.I00.6.250, ТУ 5.55I-I9702-82

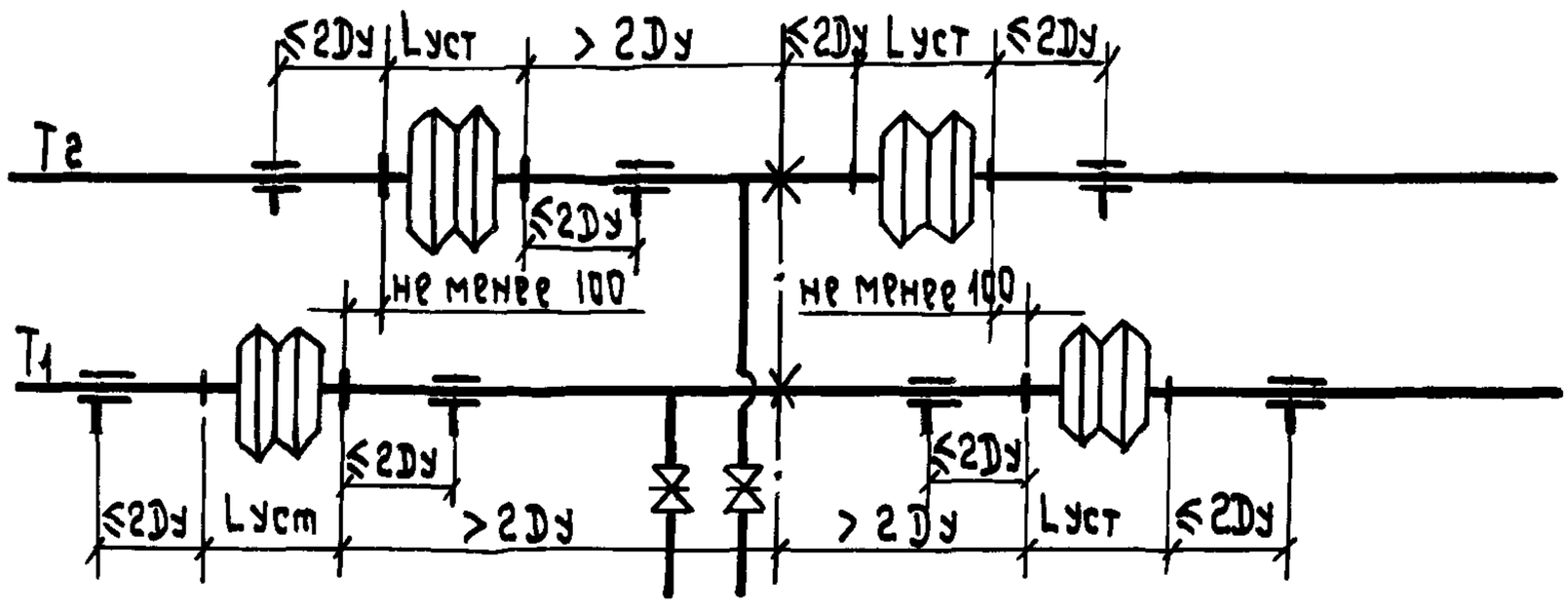
Приложение 9

Примеры схем размещения компенсаторов относительно опор на двухтрубных водяных тепловых сетях

а) при размещении компенсаторов на подающем и обратном трубопроводах без смещения относительно друг друга

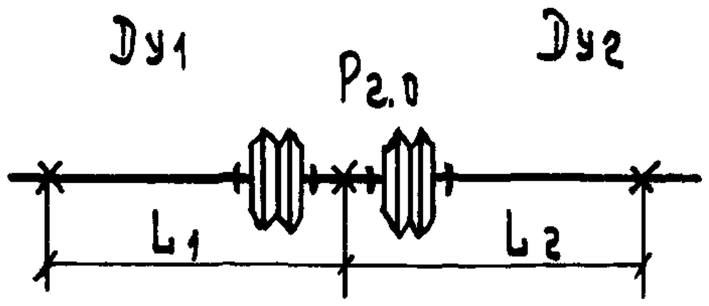
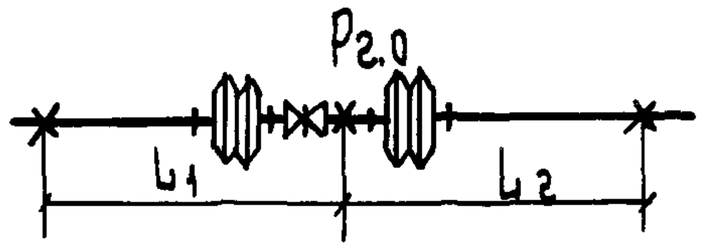
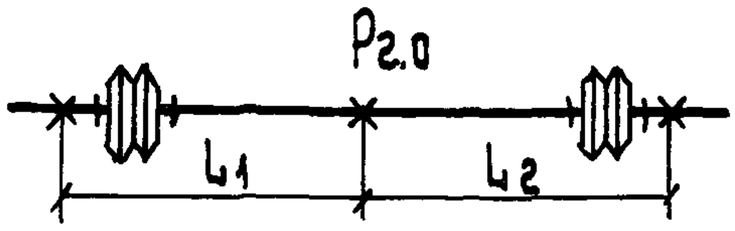
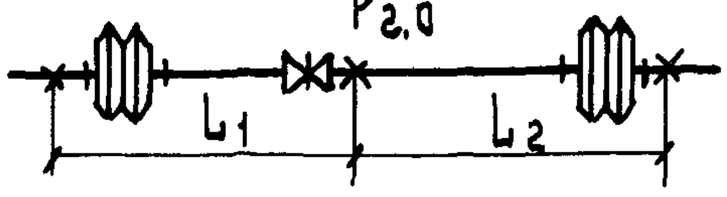
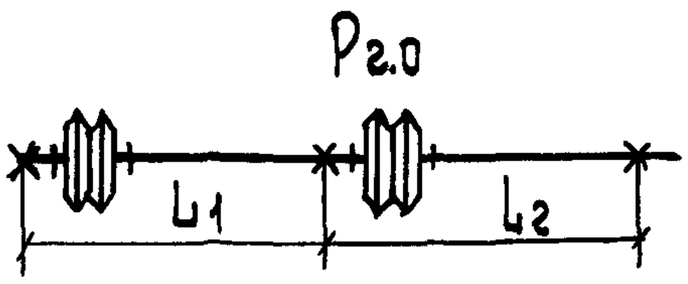
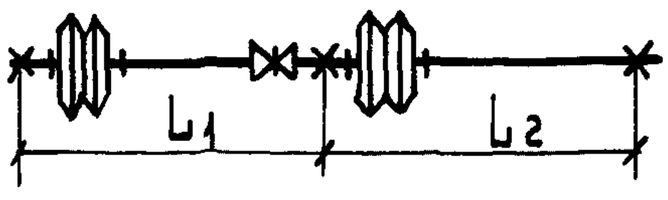


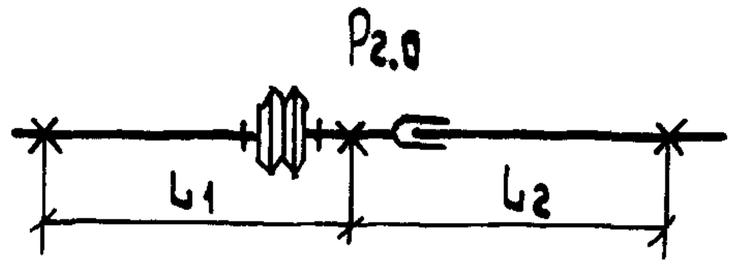
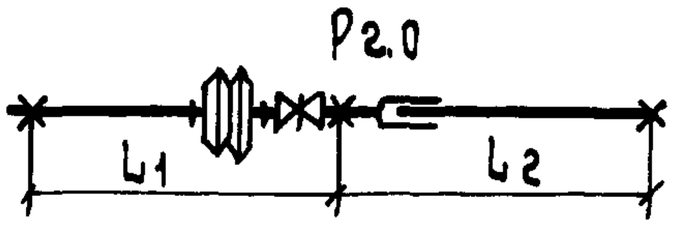
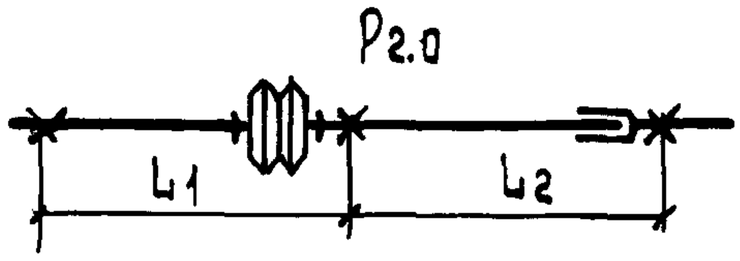
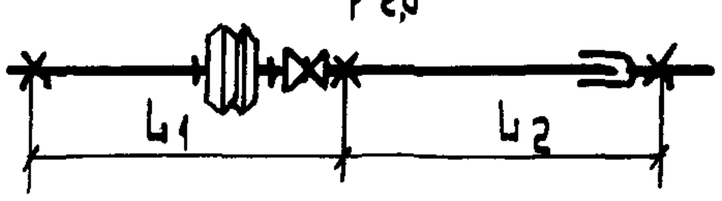
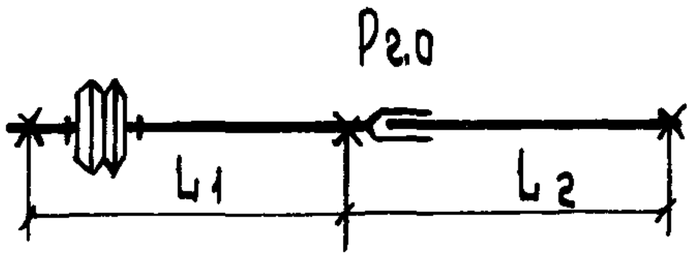
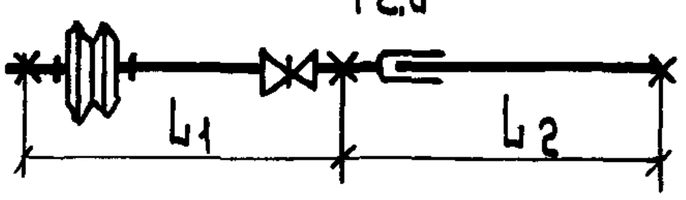
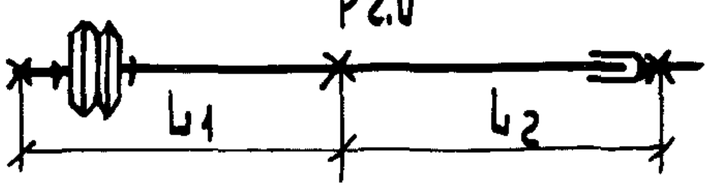
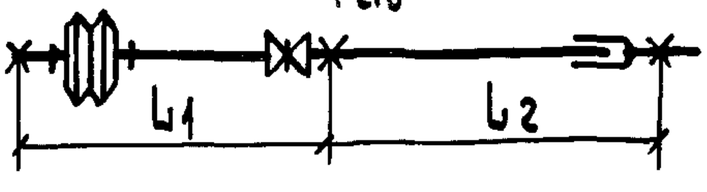
б) при размещении компенсаторов на подающем и обратном трубопроводах врезбежку

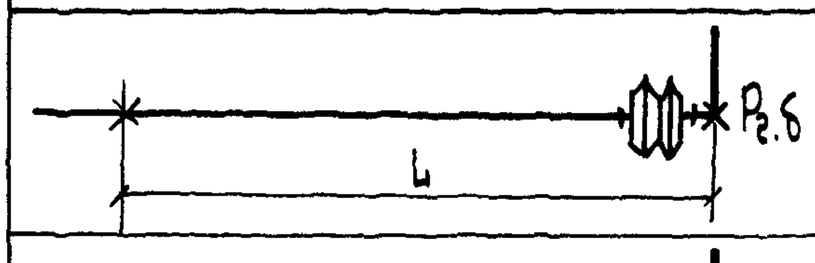
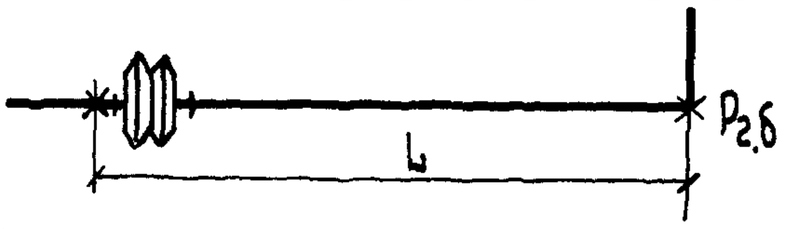
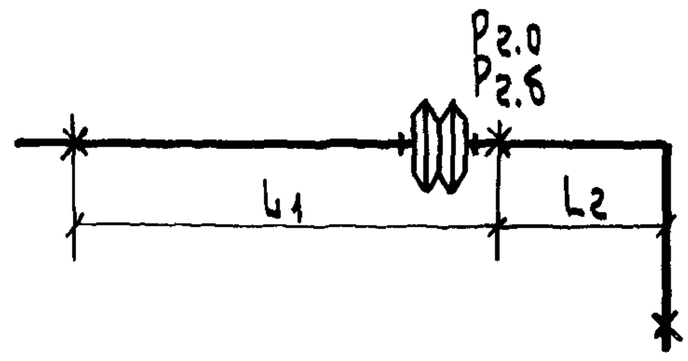
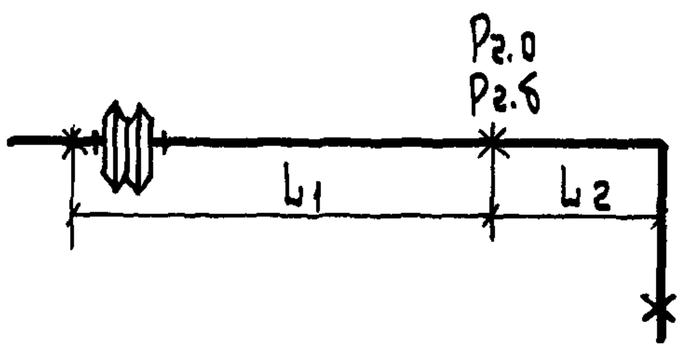
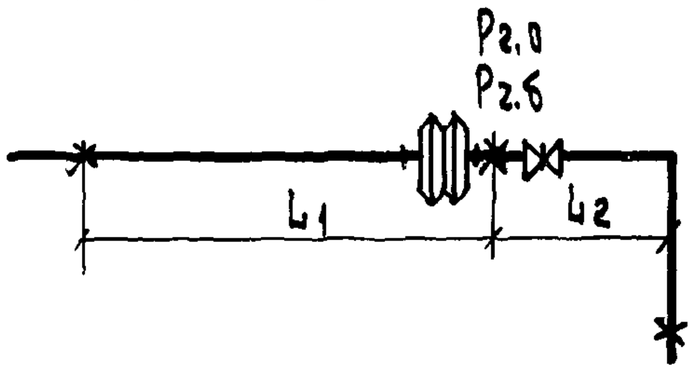
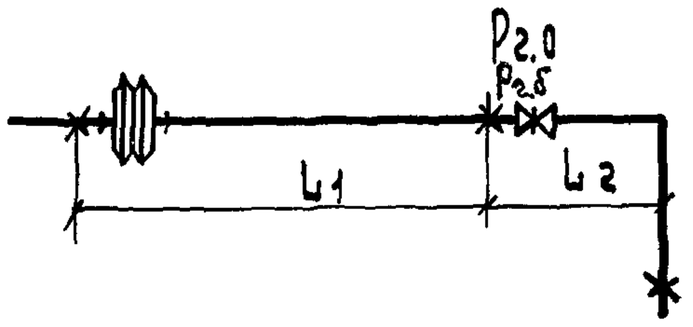


Приложение 10

Расчетные формулы для определения суммарных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры труб ($P_{г.о}$, $P_{г.б}$)

Схема расчетного участка трубопровода	Расчетные формулы
1	2
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} - 0,7\ P_{ж2} + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{2.0} = 0,6\ P_{ж}$
	$P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{p1}$ $P_{2.0} = 1,3\ P_{ж2} + P_{p2}$
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{2.0} = (1,3\ P_{ж1} + P_{тр1}) - 0,7\ (P_{ж2} + P_{тр2}) + (P_{p1} - P_{p2})$ $P_{2,0} = (1,3\ P_{ж1} + P_{тр2}) - 0,7\ (P_{ж2} + P_{тр1}) + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2};\ L_1 = L_2$ $P_{2.0} = 0,6\ P_{ж} + 0,3\ P_{тр}$
	$P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{тр1} + P_{p1}$ $P_{2.0} = 1,3\ P_{ж2} + P_{тр2} + P_{p2}$
	$D_{y1} > D_{y2}$ $P_{2.0} = (1,3\ P_{ж1} + P_{тр1}) - 0,7\ P_{ж2} + (P_{p1} - P_{p2})$ $D_{y1} = D_{y2}$ $P_{2.0} = 0,6\ P_{ж} + P_{тр}$
	$P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{тр1} + P_{p1}$ $P_{2.0} = 1,3\ P_{ж2} + P_{p2}$

1	2
	$P_{2,0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р.в} + P_{тр}^{с}$
	$P_{2,0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р1}$ $P_{2,0} = P_{тр}^{с} + P_{в.g}$
	$P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р.в} + P_{тр}^{с} + P_{тр\,2}$
	$P_{2,0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р1}$ $P_{2,0} = P_{тр}^{с} + P_{в.g} + P_{тр\ 2}$
	$P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р.в} + P_{тр}^{с} + P_{тр\ 1}$
	$P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р1} + P_{тр1}$ $P_{2\,0} = P_{тр}^{с} + P_{в.g}$
	$P_{2,0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р.в} + P_{тр\,1} - 0,7\ (P_{тр2} + P_{тр}^{с})$ $P_{2\,0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р.в} + P_{тр\ 2} - 0,7\ P_{тр\,1} + P_{тр}^{с}$
	$P_{2.0} = 1,3\ P_{ж1} + P_{р1} + P_{тр1}$ $P_{2.0} = P_{тр}^{с} + P_{в.g} + P_{тр\ 2}$

1	2
	$P_{2.б} = 1.3\ P_{ж} + P_{р}$
	$P_{2.б} = 1.3\ P_{ж1} + P_{тр2} + P_{р}$
	$P_{2.0} = 1.3\ P_{ж1} + P_{тр2} + P_{р1} - 0.7\ P_{х}$ $P_{2.б} = P_{у}$
	$P_{2.0} = 1.3\ P_{ж1} + P_{тр1} + P_{р1} - 0.7\ (P_{тр2} + P_{х})$ $P_{2.0} = 1.3\ P_{ж1} + P_{тр2} + P_{р1} - 0.7\ (P_{тр1} + P_{х})$ $P_{2.б} = P_{у}$
	$P_{2.0} = 1.3\ P_{ж1} + P_{р1}$ $P_{2.0} = P_{mp_2} + P_{х}$ $P_{2.б} = P_{у}$
	$P_{2.0} = 1.3\ P_{ж1} + P_{тр1} + P_{р1}$ $P_{2.0} = P_{тр2} + P_{х}$ $P_{2.б} = P_{у}$

Примечание: При нескольких расчетных формулах для одной схемы в качестве расчетной нагрузки принимают большую

Вх. 30146 л. 125

С О Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

I. Общие указания 4
2. Указания по проектированию I2
3. Указания по строительству. 20

Приложение I. Методика определения потерь тепла, толщи- основного слоя теплоизоляционной конструк- ции и температурного поля грунта в зоне действующих трубопроводов 26

Приложение 2. Методика определения коэффициента тепло- проводности основного слоя теплоизоляцион- ной конструкции . . . . . .

Приложение 3. Расчет трубопроводов на компенсацию тепло- вых удлинений 37

Приложение 4. Значение величин , , , I/ , 5/ . . . 90

Приложение 5. Метод определения горизонтальных осевых и боковых нагрузок на неподвижные опоры тру- бопроводов. 92

Приложение 6. Временные указания по применению осевых неразгруженных сильфонных (волнистых) ком- пенсаторов для тепловых сетей 97

Приложение 7. Основные параметры и размеры осевых нераз- груженных сильфонных (волнистых) компенса- торов по ТУ 3-I20-8I предприятия п/я Р-6687 (г. Тула). II7

Приложение 8. Основные параметры и размеры осевых нераз- груженных сильфонных (волнистых) компенса- торов по ТУ 5.55I-I9702-82 предприятия п/я Ю-9034 (г. Ленинград) I20

Приложение 9. Примеры схем размещения компенсаторов относительно опор на двухтрубных водяных тепловых сетях I22

Приложение I0. Расчетные формулы для определения суммар- ных горизонтальных нормативных нагрузок на неподвижные опоры труб ($P_{го}$, $P_{гб}$) I23

рот ВНИПИЭНЕРГОПРОМ Зак № 553 Тир 800 Дата 29.03.88г.

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ВНИПИЭНЕРГОПРОМ

ВРЕМЕННЫЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ БЕСКАНАЛЬНЫМ СПОСОБОМ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ БИТУМОПЕРЛИТА, БИТУМОКЕРАМЗИТА И БИТУМОВЕРМИКУЛИТА

Москва - 1987