ТИПОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

ТП 820-02-1с

НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ ИЗ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБ ДИАМЕТРОМ ДО 500 мм ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ (СЕКЦИИ)

АЛЬБОМ I

НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПРОЧНОСТЬ

7776/1
ч. 1-20

КФ ЦИТП инв 7776/1

gost.e-ecolog.ru

ТИПОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

ТП 820-02-1с

НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ ИЗ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБ ДИАМЕТРОМ до 500 мм ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ (СЕКЦИИ)

АЛЬБОМ I

СОСТАВ ПРОЕКТА:

АЛЬБОМ I	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.
АЛЬБОМ II	Секции оросительных напорных трубопроводов из асбестоцементных труб диаметром 200÷400 мм для дождевальных машин ДКШ „Волжанка." Строительно-монтажные чертежи.
АЛЬБОМ III	Секции оросительных напорных трубопроводов из асбестоцементных труб диаметром 300÷400 мм для дождевальных машин ДФ-120 „Днепр." Строительно-монтажные чертежи.
АЛЬБОМ IV	Секции распределительных напорных трубопроводов из асбестоцементных труб диаметром 300÷500 мм. Строительно-монтажные чертежи.

РАЗРАБОТАН

в/о „Союзводпроект"

Зам. главного инженера Б. В. Орлов

Нач. отдела трубопроводов и каналов С. Р. Ясовский

Ответственный исполнитель, рук. группы Л. В. Мамонова

УТВЕРЖДЕН

Минводхозом СССР

Протокол №319 от 27.12.1978г.

введен в действие с 1.08.1980г.

Приказ №270 от 17.07.1980г.

кф цитп инв/7776/1

NN листов	Наименование	N стр.
	Содержание альбома	2
	Пояснительная записка	
1-2	Общая часть.	3
2-7	Исходные данные для проведения расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность и построение номограмм.	4
7-11	Порядок расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность с использованием номограмм.	9
11-12	Пример расчета.	13
	Номограммы для определения нагрузок, действующих на подземный трубопровод.	
13	Номограмма для определения коэффициента концентрации давления грунта $K'_н$.	15
14	Номограмма для определения вертикальной нагрузки от давления грунта.	16
15	Номограмма для определения горизонтальной нагрузки от давления грунта.	17
16	Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема Н-18).	18
17	Номограммы для определения вертикальных нагрузок от собственной массы трубопровода и наполнителя.	19
	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	
18-19	Номограммы для определения допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе	20, 21.

NN листов	Наименование	N стр.
	Дополнительные номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	
20	Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления грунта (грунты основания прочные, $K_н = 1,4$).	22
21	Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема Н-10).	23
22	Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема Н-30).	24
23	Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема НГ-60).	25
24	Номограмма для определения допустимой внешней нагрузки.	26
25-50	Методика построения номограмм для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	27-32

Пояснительная записка.

I Общая часть.

1.1. „Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность." (альбом I типовых проектных решений „Напорные трубопроводы из асбестоцементных труб диаметром до 500мм для оросительных систем)" предназначены для использования при проектировании закрытых оросительных систем из асбестоцементных труб класса ВТ9, ВТ12 и ВТ15.

1.2. Номограммы составлены в соответствии с методикой, в основу которой вошли теоретические разработки канд. им. В.В. Куйбышева, ВНИИВодгео.

1.3. Расчеты асбестоцементных трубопроводов связаны со сложными и громоздкими вычислениями. Большое количество расчетных уравнений, таблиц для различных условий и ограничений представлены в альбоме серией рабочих номограмм: циркульных из выравненных и равноотдаленных точек.

1.4. На номограммах вычислительная работа заменяется выполнением простейших геометрических операций с помощью линейки или циркуля.

1.5. Номограммы обеспечивают достаточную точность вычислений, имеют преимущество в скорости получения ответов, наглядности и общедоступности. На номограммах приведены основные расчетные формулы, позволяющие при необходимости провести и аналитический расчет.

1.6 При составлении номограмм использованы последние работы сектора номограмм вычислительного центра Академии наук СССР. Методика построения номограмм приведена в разделе V данного альбома.

7776/1

1.7. Разработанные номограммы дают возможность оценить несущую способность трубопровода при различные сочетаниях действующих нагрузок:

- при совместном действии внешних нагрузок и внутреннего давления;
- при действии внутреннего давления и отсутствии внешних нагрузок;
- при действии внешних нагрузок на опорожненный трубопровод

1.8. Номограммы составлены для следующих условий укладки и эксплуатации напорных оросительных трубопроводов:

- Укладки труб в траншеях с вертикальными стенками;
- грунтов засыпки шести категорий (пески крупные, мелкие, пылеватые, супеси, суглинки, глины);
- грунтов основания различной жесткости (слабые, средней прочности, прочные);
- глубин заложения трубопровода в диапазоне 0,5 3,0м;
- укладки труб на плоское основание;
- транспортных подвижных нагрузок, действующих по схемам Н-18, Н-10, Н-30 и НГ-60;
- нормальной степени уплотнения грунта засыпки между стенками трубы и траншеи, достигаемой путем послойного трамбования грунта (толщина слоя не более 20см.)

					ТП-820-02-1с	
					Напорные трубопроводы из а/ц труб ф до 500мм. для оросит. систем с широкозахв. дожд. техники	
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		
Зам. гл. инж.		Орлов				Лит. / Лист 1 / Листов
Нач. отд.		Сторожик				
Рук. гр.		Кашапова			Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	В/О „Союзводпроект" г. Москва.

1.9. Альбом I „Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность" типовых проектных решений составлен отделом трубопроводов и каналов в/о „Союзводпроект". Номографическая часть работы выполнена в секторе номографии Вычислительного центра Академии наук СССР, канд.техн.наук С.И.Гусевым под руководством докт.техн.наук, профессора Г.С. Хованского.

2. Исходные данные для проведения расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность и построения номограмм.

2.1. Геометрические параметры асбестоцементных труб. (табл. 1.)

Таблица 1.

Диаметр условного прохода труб D, мм.	ГОСТ 539-73.				ТУ 21-24-69-75	
	ВТ 9		ВТ 12		ВТ 15	
	Диаметр наружн. $D_н$, мм	Толщина стенки δ, мм	Диаметр наружн. $D_н$, мм	Толщина стенки δ, мм.	Диаметр наружн. $D_н$, мм	Толщина стенки. δ, мм.
100	122	11,0	122	13,0	—	—
150	168	13,5	168	16,5	—	—
200	224	17,5	224	21,5	224	22,0
250	274	19,5	274	23,0	274	24,0
300	324	22,5	324	27,0	324	28,5
350	373	25,5	373	30,5	373	33,0
400	427	29,5	427	35,5	427	37,5
500	528	36,0	528	43,5	528	46,0

2.2 Глубина заложения трубопровода до верха трубы H (м.)

2.3. Условные категории грунта засыпки, нормативные значения его объемного веса γ и модуля деформации при нормальной степени уплотнения грунта $E_{гр}$ (табл. 2.)

Таблица 2

Условные категории грунтов засыпки.	Наименование грунтов.	γ кгс/см³	$E_{гр}$ кгс/см²
Г – I	Пески гравелистые, крупные и средней крупности.	1700	80
Г – II	Пески мелкие.	1700	60
Г – III	Пески пылеватые.	1700	40
Г – IV	Супеси.	1800	25
Г – V	Суглинки.	1850	20
Г – VI	Глины.	1900	12.

2.4. Модуль деформации грунта основания E_0, кгс/см² устанавливается по данным инженерно-геологических исследований.

2.5. Степень прочности грунтов основания устанавливается в зависимости от отношения $E_o / E_{гр}$ (табл.3.)

Таблица 3.

№№ п/п	Характеристика грунтов основания	$\frac{E_o}{E_{гр}}$
1.	Грунты плотные, прочные	4-5
2.	Грунты средней плотности, прочности.	2-3
3.	Грунты слабые	1

2.6. Коэффициент концентраций давления грунта $K_н$, необходимый для определения давления грунта и транспорта, устанавливается в зависимости от отношения $\frac{H}{D_н}$ и прочности грунтов основания.

При укладке труб на ненарушенный грунт и плоское основание:

- при $\frac{H}{D_н} \geqslant 2,5$ коэффициент $K_н$ принимается по таблице 4;
- при $0,5 \leqslant \frac{H}{D_н} < 2,5$ табличное значение $K_н$ (табл. 4) уточняется по номограмме $K'_н$, - лист 13, за расчетное принимается $K_н = K'_н$;
- при $\frac{H}{D_н} < 0,5$ коэффициент $K_н = 1$.

Таблица 4.

Наименование грунтов основания, характеристика основания	пески гравелистые, крупные, средней крупности и мелкие плотные, глинистые грунты прочные	Пески гравелистые, крупные, средней крупности и мелкие средней плотности. Пески пылеватые плотные. Глинистые грунты средней прочности.	Пески гравелистые, крупные, средней крупности и мелкие рыхлые. Пески пылеватые средней плотности. Глинистые грунты слабые.
$K_н$	1,4	1,3	1,15

Примечание: при определении отношения $\frac{H}{D_н}$ размерности H и $D_н$ должны быть одинаковы.

2.7. Коэффициент бокового давления грунта $\lambda_н$ при нормальной степени уплотнения грунта засыпки (табл. 5.)

Таблица 5.

Условные категории грунтов засыпки	Г-I, Г-II	Г-III, Г-IV, Г-V	Г-VI
$\lambda_н$	0,3	0,2	0,1

7776/1

Инв.№подл. | Подп. и дата.

2.8 В таблице 6 приводятся исходные данные, характеризующие условия укладки труб, при сочетании которых вертикальное и горизонтальное давление грунта определяется по дополнительным номограммам - лист 20.

Таблица 6.

Условные категории грунтов засыпки	$E_{гр}$ кгс/см²	Глубины заложения труб, Н м при укладке на прочное основание ($K_н$=1,4)				
		ВТ9			ВТ12	ВТ15
		Д=350мм	Д=400мм	Д=500мм	Д=500мм	Д=500мм
Г-I	80	2,8÷3,0	2,5÷3,0	2,1÷3,0	2,5÷3,0	2,6÷3,0
Г-II	60	—	2,8÷3,0	2,3÷3,0	2,7÷3,0	2,7÷3,0
Г-III	40	—	—	2,9÷3,0	—	—

2.9 Исходные данные, использованные при построении номограмм указанных в пункте 2,8 приводятся в таблицах 7,8.

а) Коэффициент бокового давления грунта $\lambda_{тр}$ при нормальной степени уплотнения засыпки (табл. 7.).

Таблица 7.

Условные категории грунтов засыпки	Г-I	Г-II	Г-III
$\lambda_{тр}$	0,1	0,1	0,05

б) Коэффициент зависания $K_{тр}$, учитывающий действие сил трения между засыпками и стенками траншеи табл. 8.

Таблица 8.

Н, м	Д=350мм	Д=400мм	Д=500мм	
	$E_{гр}$=80 кгс/см²	$E_{гр}$=80-60 кгс/см²	$E_{гр}$=80-60 кгс/см²	$E_{гр}$=40 кгс/см²
2,1	—	—	0,741	—
2,2	—	—	0,730	—
2,3	—	—	0,721	—
2,4	—	—	0,713	—
2,5	—	0,684	0,704	—
2,6	—	0,675	0,696	—
2,7	—	0,665	0,688	—
2,8	0,641	0,656	0,679	—
2,9	0,632	0,647	0,671	0,699
3,0	0,624	0,638	0,662	0,691

2.10 На листах приводятся схемы действия подвижных транспортных средств Н-18, Н-10, Н-30, НГ-60 соответствующие СН 200-62.

Для оросительных трубопроводов рекомендуется производить расчеты по схеме Н-18.

Вместе с тем, выбор расчетной схемы действия транспортной нагрузки должен проводиться в зависимости от конкретных условий эксплуатации трубопроводов. При построении соответствующих номограмм использованы значения равномерно распределенного значения q, приведенные в таблицах 7,10,11,12.

Типовые проектные решения. Альбом I. ТП 820-02-10

а) Нагрузка по схеме Н-18.

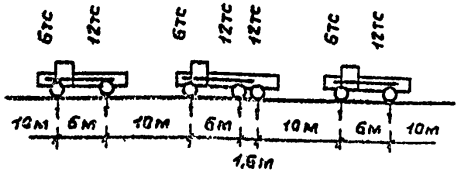


Таблица 9.

Значения $q\,(H,D_н)$ тс/м^2, соответствующие схеме Н-18.

$D_н$, мм / H, м	122	168	224	274	324	373	427	528
0,5	11,390	11,370	11,360	11,340	11,280	11,090	10,860	10,440
0,6	8,596	8,972	8,952	8,928	8,868	8,718	8,532	8,216
0,7	6,602	6,574	6,544	6,516	6,456	6,346	6,204	5,992
0,8	4,504	4,878	4,849	4,823	4,772	4,696	4,594	4,454
0,9	3,901	3,886	3,867	3,849	3,816	3,768	3,702	3,602
1,0	2,898	2,893	2,885	2,875	2,860	2,840	2,810	2,750
1,2	2,111	2,101	2,088	2,077	2,063	2,049	2,032	2,000
1,4	1,598	1,591	1,582	1,574	1,566	1,560	1,553	1,540
1,6	1,283	1,280	1,276	1,272	1,268	1,266	1,263	1,259
1,8	1,078	1,076	1,074	1,071	1,069	1,067	1,064	1,062
2,0	0,879	0,877	0,873	0,871	0,870	0,870	0,870	0,868
2,2	0,800	0,799	0,799	0,798	0,798	0,798	0,798	0,798
2,4	0,732	0,732	0,732	0,732	0,732	0,732	0,732	0,732
2,6	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672
2,8	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616
3,0	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560

б) Нагрузка по схеме Н-10.

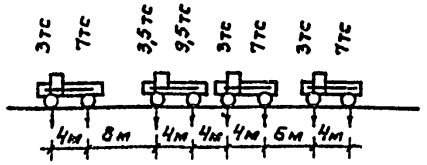


Таблица 10.

Значения $q\,(H,D_н)$ тс/м^2, соответствующие схеме Н-10.

$D_н$, мм / H, м	122	168	224	274	324	373	427	528
0,5	6,060	6,000	5,930	5,850	5,750	5,640	5,480	5,200
0,6	4,782	4,742	4,694	4,638	4,568	4,490	4,378	4,180
0,7	3,504	3,484	3,458	3,426	3,386	3,340	3,276	3,160
0,8	2,630	2,621	2,608	2,591	2,569	2,543	2,508	2,442
0,9	2,159	2,152	2,143	2,132	2,118	2,100	2,075	2,027
1,0	1,688	1,684	1,678	1,673	1,666	1,656	1,641	1,611
1,2	1,242	1,241	1,240	1,239	1,237	1,235	1,232	1,226
1,4	0,956	0,956	0,956	0,956	0,956	0,956	0,956	0,956
1,6	0,772	0,772	0,772	0,772	0,772	0,772	0,772	0,772
1,8	0,648	0,648	0,648	0,648	0,648	0,648	0,648	0,648
2,0	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560
2,2	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496
2,4	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444
2,6	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
2,8	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360
3,0	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320

7

7476/1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность	Лист 5

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Типовые проектные решения. Альбом I. ТП 820-02-1с

б) Нагрузка по схеме Н-30

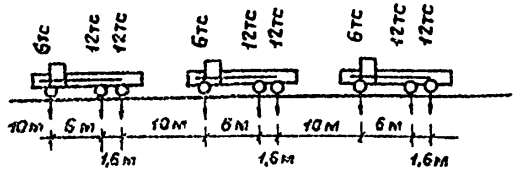


Таблица 11.

Значения $q\ (H, D_н)$ тс/м^2, соответствующие схеме Н-30

$D_н$, мм / H, м	122	168	224	274	324	373	427	528
0,5	11,390	11,380	11,360	11,340	11,280	11,170	10,950	10,450
0,6	9,194	9,168	9,140	9,108	9,056	8,958	8,782	8,418
0,7	6,936	6,956	6,920	6,876	6,832	6,746	6,614	6,386
0,8	5,338	5,296	5,262	5,219	5,184	5,116	5,024	4,888
0,9	4,214	4,188	4,166	4,137	4,112	4,068	4,012	3,924
1,0	3,090	3,080	3,070	3,055	3,040	3,020	3,000	2,960
1,2	2,384	2,377	2,372	2,365	2,358	2,350	2,341	2,309
1,4	1,895	1,888	1,881	1,875	1,869	1,865	1,859	1,841
1,6	1,611	1,604	1,597	1,591	1,585	1,582	1,577	1,569
1,8	1,467	1,462	1,457	1,451	1,448	1,445	1,442	1,434
2,0	1,347	1,343	1,337	1,332	1,328	1,323	1,317	1,305
2,2	1,240	1,236	1,232	1,228	1,224	1,220	1,216	1,205
2,4	1,133	1,129	1,127	1,124	1,121	1,117	1,115	1,106
2,6	1,039	1,036	1,034	1,032	1,029	1,026	1,024	1,016
2,8	0,959	0,957	0,954	0,951	0,948	0,946	0,943	0,937
3,0	0,879	0,877	0,874	0,871	0,868	0,866	0,863	0,857

г) Нагрузка по схеме НГ-60

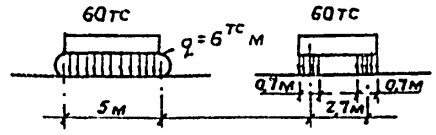


Таблица 12

Значения $q\ (H, D_н)$ тс/м^2, соответствующие схеме НГ-60.

$D_н$, мм / H, м	122	168	224	274	324	373	427	528
0,5	6,190	6,160	6,140	6,110	6,080	6,060	6,030	5,980
0,6	5,538	5,514	5,494	5,470	5,444	5,424	5,398	5,352
0,7	4,886	4,868	4,848	4,830	4,808	4,788	4,766	4,724
0,8	4,372	4,358	4,342	4,329	4,311	4,293	4,273	4,236
0,9	3,995	3,985	3,975	3,966	3,952	3,938	3,920	3,889
1,0	3,618	3,612	3,608	3,604	3,594	3,583	3,567	3,541
1,2	3,156	3,154	3,154	3,153	3,151	3,149	3,145	3,140
1,4	2,680	2,680	2,680	2,680	2,680	2,680	2,680	2,680
1,6	2,438	2,438	2,438	2,438	2,438	2,438	2,438	2,438
1,8	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150
2,0	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910
2,2	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814
2,4	1,724	1,724	1,724	1,724	1,724	1,724	1,724	1,724
2,6	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640
2,8	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560
3,0	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480

7776/1

Инв.№ подл. | Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	Лист 6

2.11. Динамический коэффициент подвижной транспортной нагрузки μ, использованный при построении номограмм для определения нагрузок от давления транспорта (табл. 13.)

Таблица 13.

H (м)	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	⩾ 1,0
μ	1,17	1,14	1,1	1,07	1,04	1,0

2.12. Испытательное давление на водонепроницаемость по ГОСТ 539-73 (табл. 14)

Таблица 14.

Класс труб	ВТ9	ВТ12	ВТ12
$P_{исп}$, кгс/см^2	18	24	30

2.13. Коэффициент условий работы m, изменяющейся в пределах значений 0,5÷0,85, учитывающий условия работы трубопровода и материала труб.

3. Порядок расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность с использованием номограмм.

3.1. Номограммы дают возможность проводить расчет на прочность асбестоцементных напорных трубопроводов при следующих сочетаниях нагрузок:

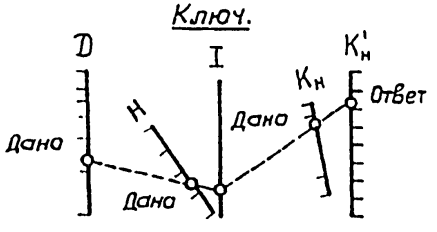
- при совместном действии внешних нагрузок и внутреннего давления;
- при действии внутреннего давления и отсутствии внешних нагрузок;
- при действии внешних нагрузок на опорожненный трубопровод.

Для асбестоцементных напорных трубопроводов подземной укладки наиболее опасным является одновременное действие внешних нагрузок и внутреннего давления.

3.2. Определение нагрузок, действующих на подземный трубопровод.

3.2.1. Уточняем табличное значение коэффициента концентрации давления грунта $K_н$ (табл.4) при $0,5 \leqslant \frac{H}{D_н} < 2,5$ по номограмме — лист 13.

Ключ.



7776/1

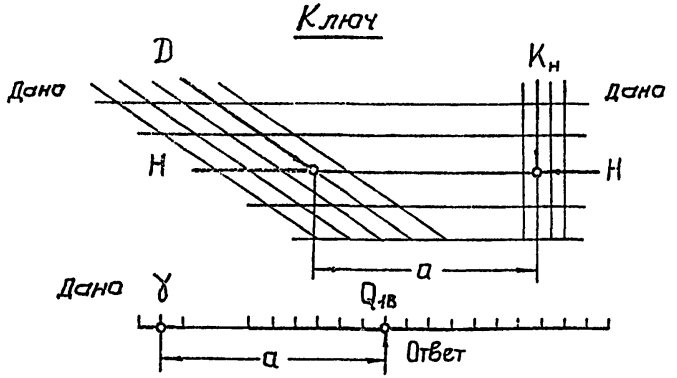
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность	Лист 7

Инв. № подл. | Подп. и дата

Номограмма состоит из шкал D, H, I, $K_н$ и $K'_н$.

Искомую величину $K'_н$ по номограмме получаем двумя разрешающими наложениями линейки. По заданным значениям D и H находим точку пересечения первой разрешающей прямой с метой шкалой I и из этой точки проводим вторую разрешающую прямую через заданную точку на шкале $K_н$ до пересечения со шкалой $K'_н$, где и читаем ответ. За расчетное принимается $K_н = K'_н$

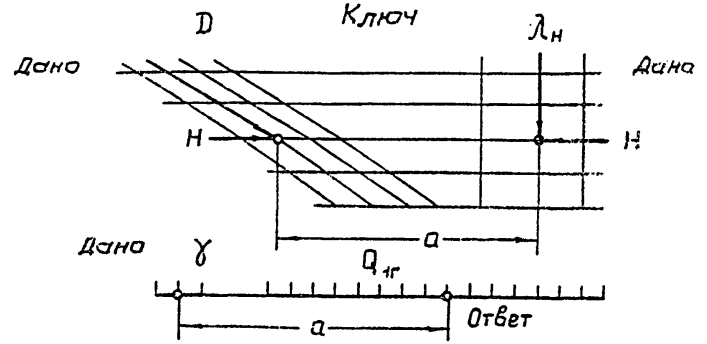
3.2.2. Определяем величину вертикальной нагрузки $Q_{1в}$ от давления грунта засыпки по номограмме – лист 14.



Номограмма состоит из бинарных полей (H, D) и (H, $K_н$), шкал γ и $Q_{1в}$. Для определения величины $Q_{1в}$ по номограмме используется циркуль или измеритель. Отмечаем в бинарных полях по заданным значениям H, D и H, $K_н$ две точки. Измеряем расстояние между найденными точками a. Оставляя неизменным

найденный раствор циркуля, помещаем одну из его ножек в заданную точку на шкале γ, а другую – на шкале $Q_{1в}$, где и читаем ответ.

3.2.3. Определяем величину горизонтальной нагрузки $Q_{1г}$ от давления грунта засыпки по номограмме – лист 15.



Номограмма состоит из бинарных полей (H, D) и (H, $\lambda_н$), шкал γ и $Q_{1г}$. Для определения величины $Q_{1г}$ по номограмме используется циркуль или измеритель. Отмечаем в бинарных полях по заданным значениям H, D и H, $\lambda_н$ две точки. Измеряем расстояние между найденными точками a. Оставляя неизменным найденный раствор циркуля, помещаем одну из его ножек в заданную точку на шкале γ, а другую – на шкале $Q_{1г}$, где и читаем ответ.

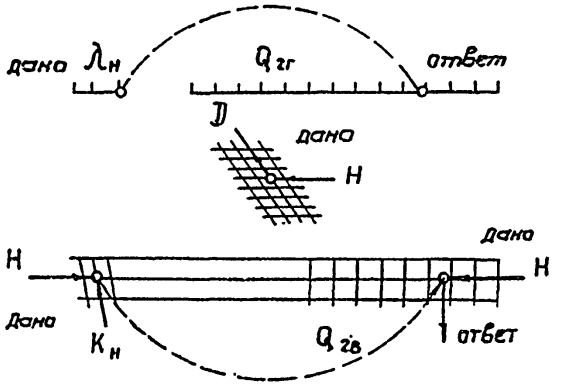
3.2.4. При укладке трубопроводов на прочное, плотное основание (при коэффициенте концентрации $K_н = 1,4$) для ряда сочетаний исходных расчетных параметров $E_{гр}$, $\lambda_{гр}$, класс труб, D и H, приведенных в таблице 6, величины вертикальной $Q_{1в}$ и горизонтальной $Q_{1г}$ нагрузок от давления грунта определяются по

					Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.
Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	

дополнительным номограммам - лист 20.

3.2.5. Определяем величины вертикальной $Q_{2в}$ и горизонтальной $Q_{2г}$ нагрузок от давления транспорта (схема Н-18 по номограмме - лист 16.

Ключ



Номограмма состоит из поля центров (H, D), поля засечек (H, $K_н$) и (H, $Q_{2в}$), а также шкал засечек $\lambda_н$ и $Q_{2г}$. Для определения величин $Q_{2в}$ и $Q_{2г}$ используется циркуль или измеритель.

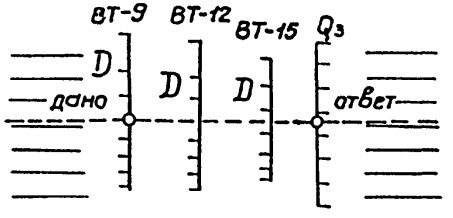
Определение $Q_{2в}$. По заданным параметрам H и D устанавливаем одну ножку циркуля в точку поля центров (H, D). Вторую ножку циркуля по заданным параметрам H и $K_н$ устанавливаем в поле засечек (H, $K_н$). Найденным раствором циркуля из заданной точки поля центров делаем засечку на той же прямой H поля засечек (H, $Q_{2в}$). Пометка линии $Q_{2в}$, проходящая через полученную точку, дает ответ.

Определение $Q_{2г}$. По заданным параметрам H и D устанавливаем одну ножку циркуля в точку поля центров H, D. Вторую ножку циркуля устанавливаем в заданную пометку шкалы засечек $\lambda_н$. Найденным раствором циркуля из заданной точки поля центров делаем засечку на шкале $Q_{2г}$, где и читаем ответ.

3.2.6. Для схем действия подвижного транспорта Н-10, Н-30, НГ-60 величины вертикальной $Q_{2в}$ и горизонтальной $Q_{2г}$ нагрузок определяются по дополнительным номограммам - лист 21-23.

3.2.7. Определяем величины вертикальных нагрузок от собственной массы трубопровода Q_3 и наполнителя Q_4 по номограммам - лист 17.

Ключ



Номограмма для определения вертикальной нагрузки Q_3 состоит из шкал D для трех классов труб: ВТ9, ВТ12 и ВТ15 и ответной шкалы Q_3.

Для определения искомой величины Q_3 необходимо из заданной точки на шкале D соответствующего

					Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

класса труб провести разрешающую прямую, параллельную направляющим линиям, до пересечения со шкалой Q_3, где и читаем ответ.

Номограмма для определения вертикальной нагрузки Q_4 состоит из шкал D для трех классов труб: ВТ9, ВТ12 и ВТ15 и ответной шкалы Q_4.

Ключ пользования номограммой аналогичен предыдущей.

3.3. Расчет асбестоцементных трубопроводов на прочность.

3.3.1. Определяем величину внешней приведенной нагрузки $\mathcal{P}_{пр}$, действующей на подземный трубопровод по формуле:

$$\mathcal{P}_{пр} = \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2 - \mathcal{P}_3, \text{ кгс/м}.$$

где:

$$\mathcal{P}_1 = 0{,}739\ (Q_{1в} + Q_{2в})$$
$$\mathcal{P}_2 = 0{,}566\ (Q_3 + Q_4)$$
$$\mathcal{P}_3 = 0{,}399\ (Q_{1г} + Q_{2г})$$

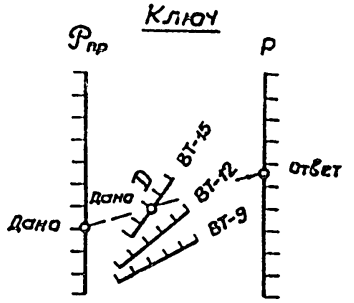
Данные расчетов по п.п. 3,2 и 3,3 сносим в таблицу 15.

Таблица 15.

$Q_{1в}$ кгс/м	$Q_{2в}$ кгс/м	$\mathcal{P}_1 = 0{,}739\ (Q_{1в} + Q_{2в})$ кгс/м
Q_3 кгс/м	Q_4 кгс/м	$\mathcal{P}_2 = 0{,}566\ (Q_3 + Q_4)$ кгс/м
$Q_{1г}$ кгс/м	$Q_{2г}$ кгс/м	$\mathcal{P}_3 = 0{,}399\ (Q_{1г} + Q_{2г})$ кгс/м.
$\mathcal{P}_{пр} = \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2 - \mathcal{P}_3$ кгс/м		

3.3.2. Расчет на прочность при одновременном действии внешних и внутренних нагрузок состоит в определении допустимого внутреннего давления P, кгс/см², в подземном трубопроводе. При этом используются номограммы — лист 18 — 19.

Ключ



Номограмма при $m = const$ состоит из шкал $\mathcal{P}_{пр}$ и P и семейства шкал D для трех классов труб (ВТ9, ВТ12 и ВТ15). Ответное значение P находится по номограмме одним разрешающим положением линейки. Для этого мы находим заданную точку на шкале $\mathcal{P}_{пр}$, находим заданную точку на шкале D для соответствующего класса труб. Далее через эти точки проводим прямую до пересечения со шкалой P, где и читаем ответ.

3.3.3. Расчет на прочность асбестоцементного трубопровода при действии внутреннего давления и отсутствии внешних нагрузок состоит в определении допустимого внутреннего давление P, кгс/см² при $\mathcal{P}_{пр} = 0$. При этом используются номограммы — лист 18—19.

7776/1

3.3.4. Расчет на прочность асбестоцементного трубопровода при действии внешних нагрузок на опорожненный трубопровод состоит в определении и сравнении внешней приведенной нагрузки $P_{пр}$, кгс/м, действующей на подземный трубопровод, и допустимой внешней нагрузки P^0, кгс/м. При этом используются номограммы на листах 15-19, 24. Ключ пользования номограммой для определения P^0 дан на листе 24.
Условие прочности соблюдается, если $P_{пр} \leq P^0$.

4. Пример расчета.

4.1. В качестве примера приводится расчет асбестоцементного трубопровода для следующих исходных данных:
- класс труб ВТ9;
- диаметр условного прохода $D = 400$мм;
- глубина заложения труб $H = 1{,}0$м;
- грунты засыпки Г-IV (супеси);
- объемный вес грунта засыпки $\gamma = 1800$ кгс/м^3;
- модуль деформации грунта основания $E_0 = 70$ кгс/см^2;
- испытательное давление на водонепроницаемость $P_{исп} = 18$ кгс/см^2;
- коэффициент условий работы $m = 0{,}7$;
- подвижная транспортная нагрузка Н-18.

4.2. По таблицам 2 и 5 для категории грунта Г-II супеси принимается:
модуль деформации грунта засыпки $E_{гр} = 25$ кгс/см^2;
коэффициент бокового давления грунта $\lambda_н = 0{,}2$.

4.3. По отношению модуля деформации грунтов основания к модулю деформации грунта засыпки устанавливается степень прочности грунтов основания

$$\frac{E_0}{E_{гр}} = \frac{70}{25} = 2{,}8$$

По таблице 3 устанавливаем, что грунты основания относятся к грунтам средней прочности.

4.4. По таблице 4 устанавливаем, что грунтам основания глинистым, средней прочности соответствует коэффициент концентрации давления $K_н = 1{,}3$.

4.5. Уточняем значение коэффициента концентрации грунта засыпки $K_н$.

$$\frac{H}{D_н} = \frac{1{,}0}{0{,}427} = 2{,}34 < 2{,}5;$$

следовательно, за расчетное значение $K_н$ принимаем $K'_н = 1{,}296$, определенное по номограмме – лист 15.

4.6. Определяем значения нагрузок, действующих на подземный трубопровод по номограммам – листы 15-19 решение на номограммах показано штриховой линией

7776/1

Инв.№подл.	Подп. и дата	Взам.инв.№

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	Лист 11

4.7. Определяем величину внешней приведенной нагрузки $P_{пр}$.

$Q_{1в}$ кгс/м	$Q_{2в}$ кгс/м	$P_1 = 0{,}739\,(Q_{1в} + Q_{2в})$ кгс/м
1200	2180	2500
Q_3 кгс/м	Q_4 кгс/м	$P_2 = 0{,}566\,(Q_3 + Q_4)$ кгс/м
81	106	106
$Q_{1г}$ кгс/м	$Q_{2г}$ кгс/м	$P_3 = 0{,}399\,(Q_{1г} + Q_{2г})$ кгс/м
150	240	156
$P_{пр} = P_1 + P_2 + P_3$ кгс/м		2450

4.8. Расчет на прочность при совместном действии внешних и внутренних нагрузок.

Определяем величину допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе P 4,5 кгс см^2 по номограмме лист 19 (решение на номограмме показано штриховой линией)

4.9. Расчет на прочность при действии внутреннего давления и отсутствии внешних нагрузок.

Определяем величину допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе $P^0 = 12{,}6$ кгс/см^2 при

$P_{пр} = 0$ по номограмме лист 19.

5.0. Расчет на прочность при действии внешних нагрузок на опорожненный трубопровод.

Определяем величину допустимой внешней нагрузки $P^0 = 3780$ кгс/м по номограмме лист 24 (решение на номограмме показано штриховой линией.)

Условие прочности соблюдается, т.к. 2450 [illegible].

7776/1

Инв.№ подл. | Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.

Номограмма для определения коэффициента концентрации давления грунта $K'_н$.

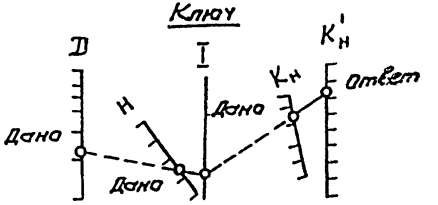
Укладка труб в траншее на ненарушенный грунт и плоское основание

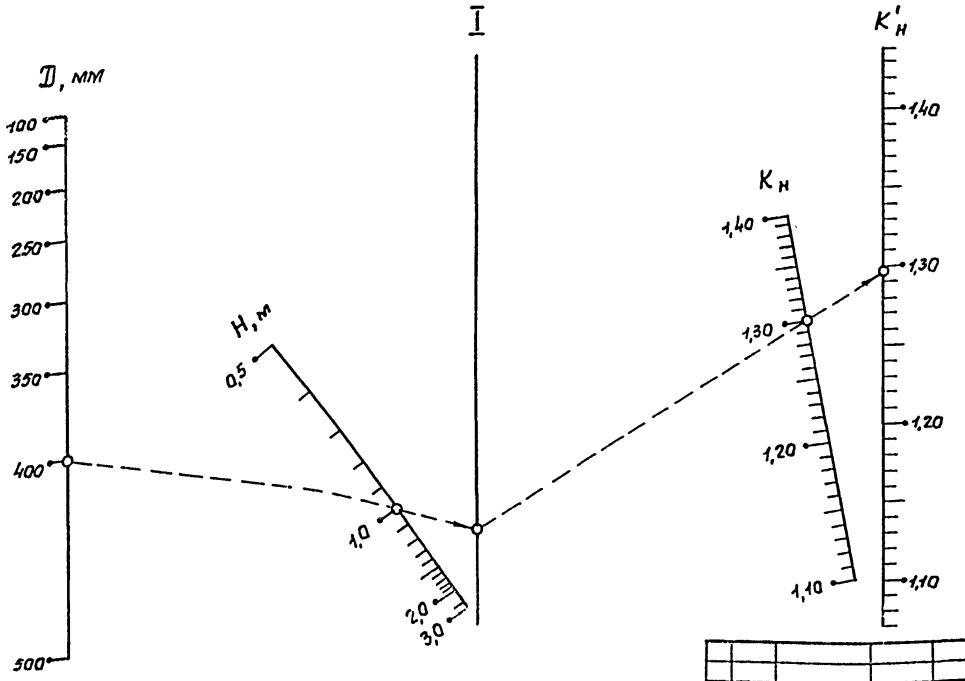
$$K'_н = 1{,}04\left[K_н - 0{,}04 - (K_н - 1)\left(\frac{D_н}{2\cdot 10^3 H}\right)^2\right]$$

$K_н$ – коэффициент, зависящий от прочности грунтов основания, определяемый по таблице 4 пояснительной записки.

$D_н$ – наружный диаметр, мм. (табл. 1)

H – глубина заложения до верха трубы, м.





Пример расчета

Дано: $D = 400$ мм

$H = 1{,}0$ м.

$K_н = 1{,}3$

Ответ: $K'_н = 1{,}296$

7776/1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для определения коэффициента концентрации давления грунта $K'_н$	Лист 13

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Номограмма для определения вертикальной нагрузки от давления грунта.

$$Q_{1б} = 1{,}2 \cdot 10^{-3} \gamma H D_н K_н$$

$Q_{1б}$ – вертикальная нагрузка от давления грунтовой засыпки, кгс/м.

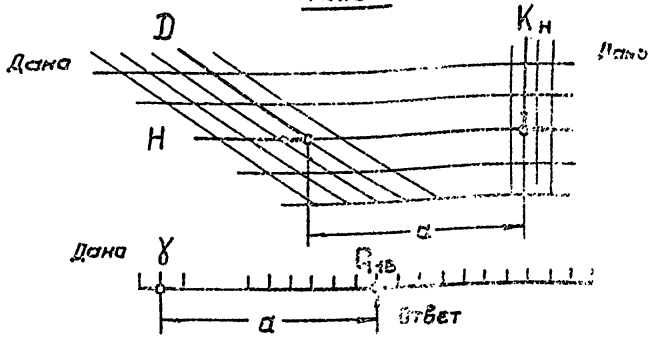
γ – объемный вес грунта засыпки, кгс/м³ (табл. 2)

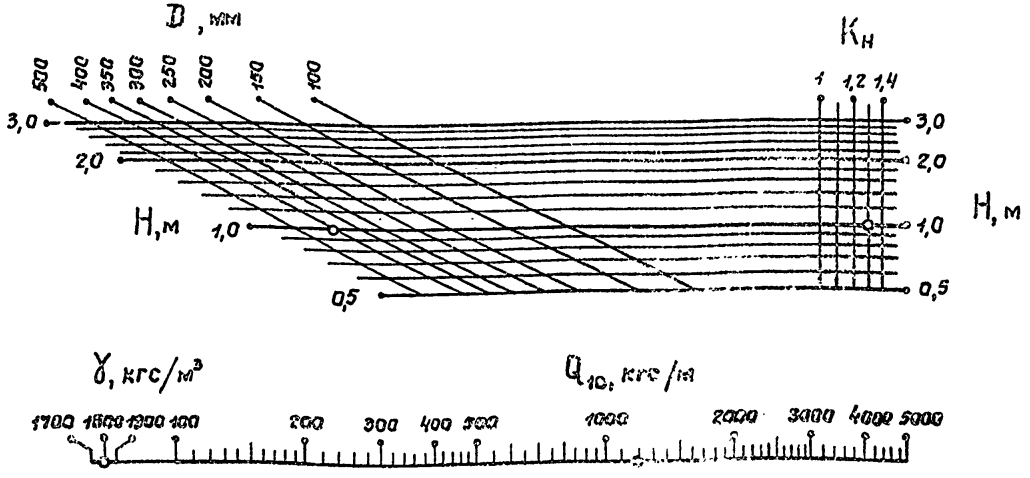
H – глубина заложения до верха трубы, м.

$D_н$ – наружный диаметр, мм.

$K_н$ – коэффициент концентрации давления грунта.

Ключ.





Пример расчета

Дано: $D = 400$ мм

$H = 1{,}0$ м

$\gamma = 1800$ кгс/м³

$K_н = 1{,}296$

Ответ: $Q_{1б} = 1200$ кгс/м.

7776/1

Номограмма для определения вертикальной нагрузки от давления грунта.

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№

Номограмма для определения горизонтальной нагрузки от давления грунта.

$$Q_{1г} = 0{,}8 \cdot 10^{-3} \gamma \cdot \left(H + 5 \cdot 10^{-4} D_н\right) D_н \lambda_н$$

$Q_{1г}$ – горизонтальная нагрузка от давления грунтовой засыпки, кгс/м.

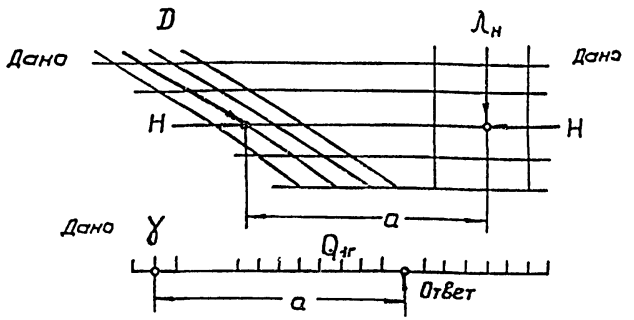
γ – объемный вес грунта засыпки, кгс/м³.

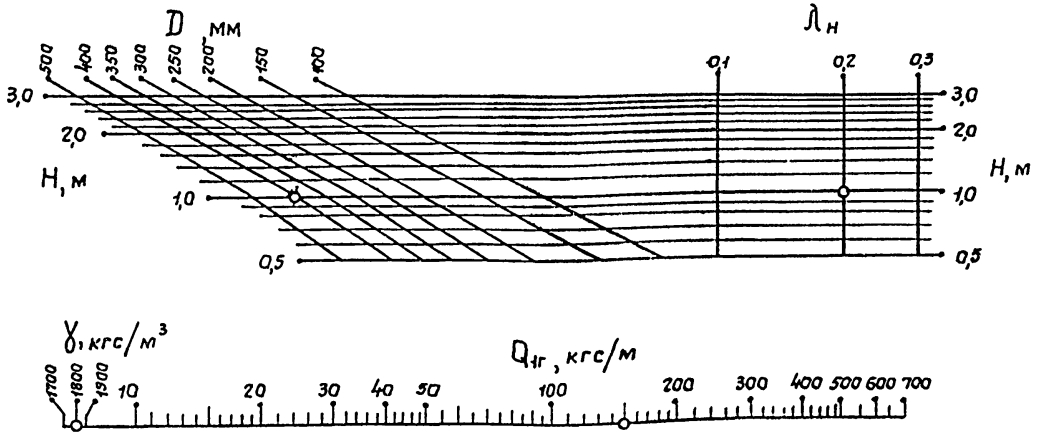
H – глубина заложения до верха трубы, м.

$D_н$ – наружный диаметр, мм.

$\lambda_н$ – коэффициент бокового давления грунта (табл. 5.)

Ключ.





Пример расчета

Дано: D = 400 мм.

H = 1,0 м.

γ = 1800 кгс/м

$\lambda_н$ = 0,2

Ответ: $Q_{1г}$ = 150 кгс/м.

7776/1 17

					Номограммы для определения горизонтальной нагрузки от давления грунта.	Лист 15
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Инв. № подл. | Подп. и дата

Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема Н-18.)

$$Q_{2в} = 1{,}4\, \mathcal{M}(H) K_н D_н q_v (H, D_н)$$

$$Q_{2г} = \lambda_н D_н q_v (H, D_н)$$

$Q_{2в}$ – вертикальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$Q_{2г}$ – горизонтальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$K_н$ – коэффициент концентрации давления грунта.

$\lambda_н$ – коэффициент бокового давления грунта (табл.5)

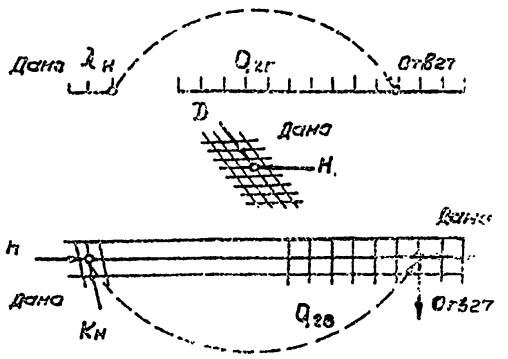
$\mathcal{M}(H)$ – динамический коэффициент транспортной нагрузки (табл.13).

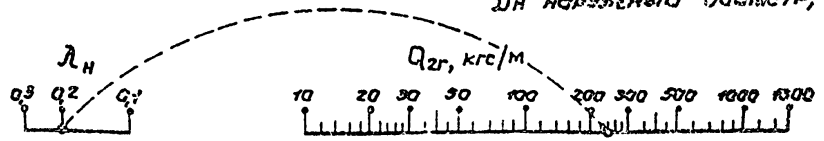
$q_v(H, D_н)$ – равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл.9).

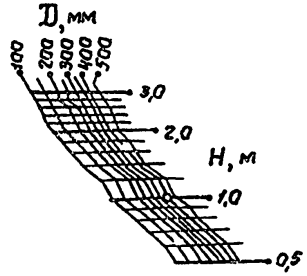
где: H – глубина заложения до верха трубы, м.

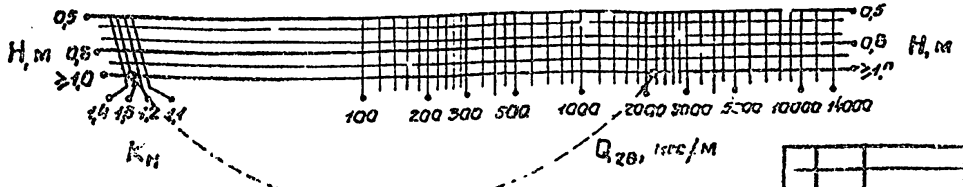
$D_н$ – наружный диаметр, мм.

Ключ.









Пример расчета

Дано: $D = 400$ мм.

$H = 1{,}0$ м.

$K_н = 1{,}296$

$\lambda_н = 0{,}2$

Ответ: $Q_{2в} = 2180$ кгс/м.

$Q_{2г} = 240$ кгс/м.

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Номограммы для определения нагрузок от давления транспорта (схема Н-18)

Номограммы для определения вертикальных нагрузок от собственной массы трубопровода и наполнителя.

$$Q_3 = 1{,}1 \cdot 10^{-6}\,\pi\,\gamma_т\,\delta\cdot(D_н-\delta)$$

Q_3 – масса трубы, кгс/м

$D_н$ – наружный диаметр, мм.

δ – толщина стенки трубы, мм (табл.1).

$\gamma_т$ – объемный вес материала труб (2000 кгс/м³.)

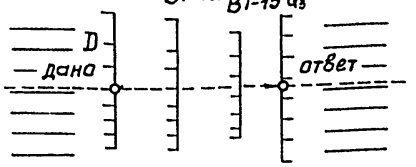
$$Q_4 = 0{,}25 \cdot 10^{-6}\,\pi\,\gamma_н\cdot(D_н-2\delta)^2$$

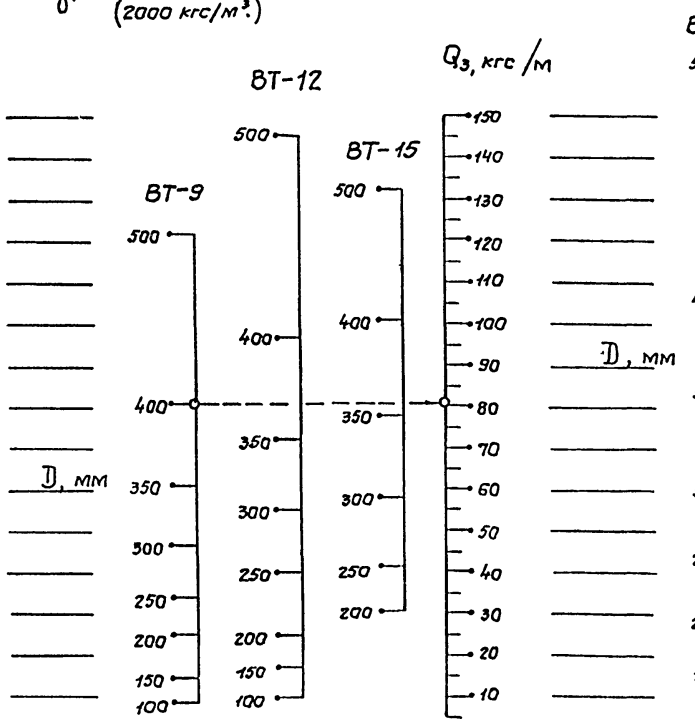
Q_4 – масса наполнителя (воды), кгс/м.

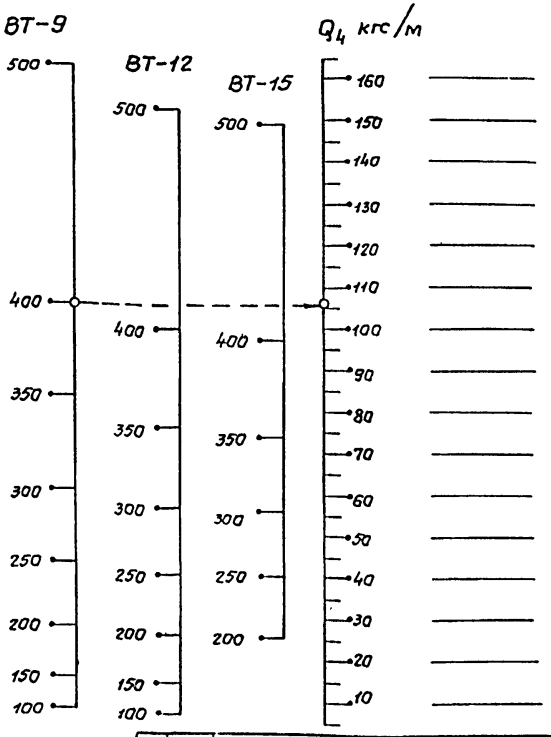
$D_н$ – наружный диаметр, мм.

$\gamma_н$ – объемный вес воды (1000 кгс/м³.)

Ключ







Пример расчета:

Дано: ВТ-9

$D = 400$ мм.

Ответ: $Q_3 = 81$ кгс/м.

$Q_4 = 106$ кгс/м.

19

7776/1

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для определения нагрузок от собственной массы труб-да и наполнителя.	Лист 17

Инв.№ подл. | Подп. и дата

Номограммы для определения допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе.

$$P = P^o \left(1 - \frac{P_{пр}}{P^o}\right)$$

где:

$$P^o = m P_{исп}$$

$$P^o = 11 m P_{исп} \frac{[D_н - 2\delta(D_н)]\,\delta(D_н)}{D_н - \delta(D_н)}$$

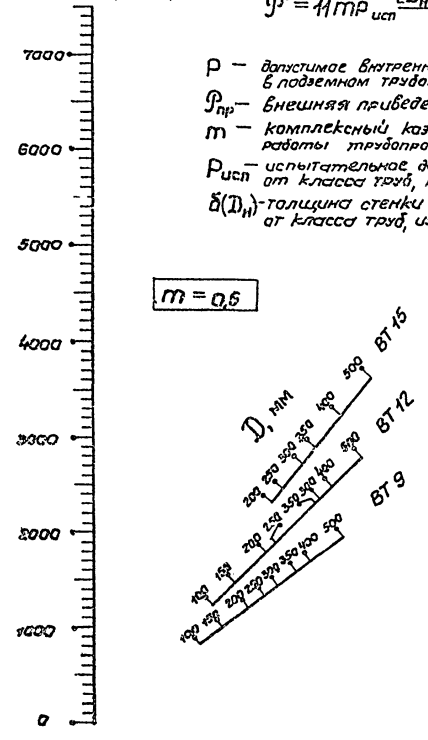
P — допустимое внутреннее давление в подземном трубопроводе, кгс/см.

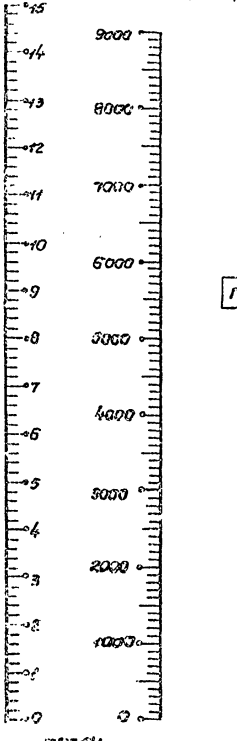
$P_{пр}$ — внешняя приведенная нагрузка, кгс м

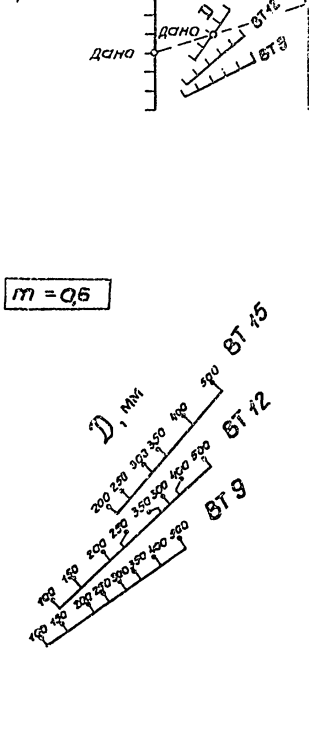
m — комплексный коэффициент условия работы трубопровода.

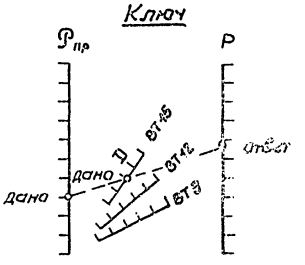
$P_{исп}$ — испытательное давление, зависящее от класса труб, кгс см$^{-2}$, табл.14.

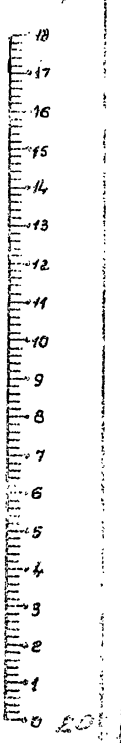
$\delta(D_н)$ — толщина стенки трубы (мм), зависящая от класса труб, их диаметра $D_н$ (табл.1).







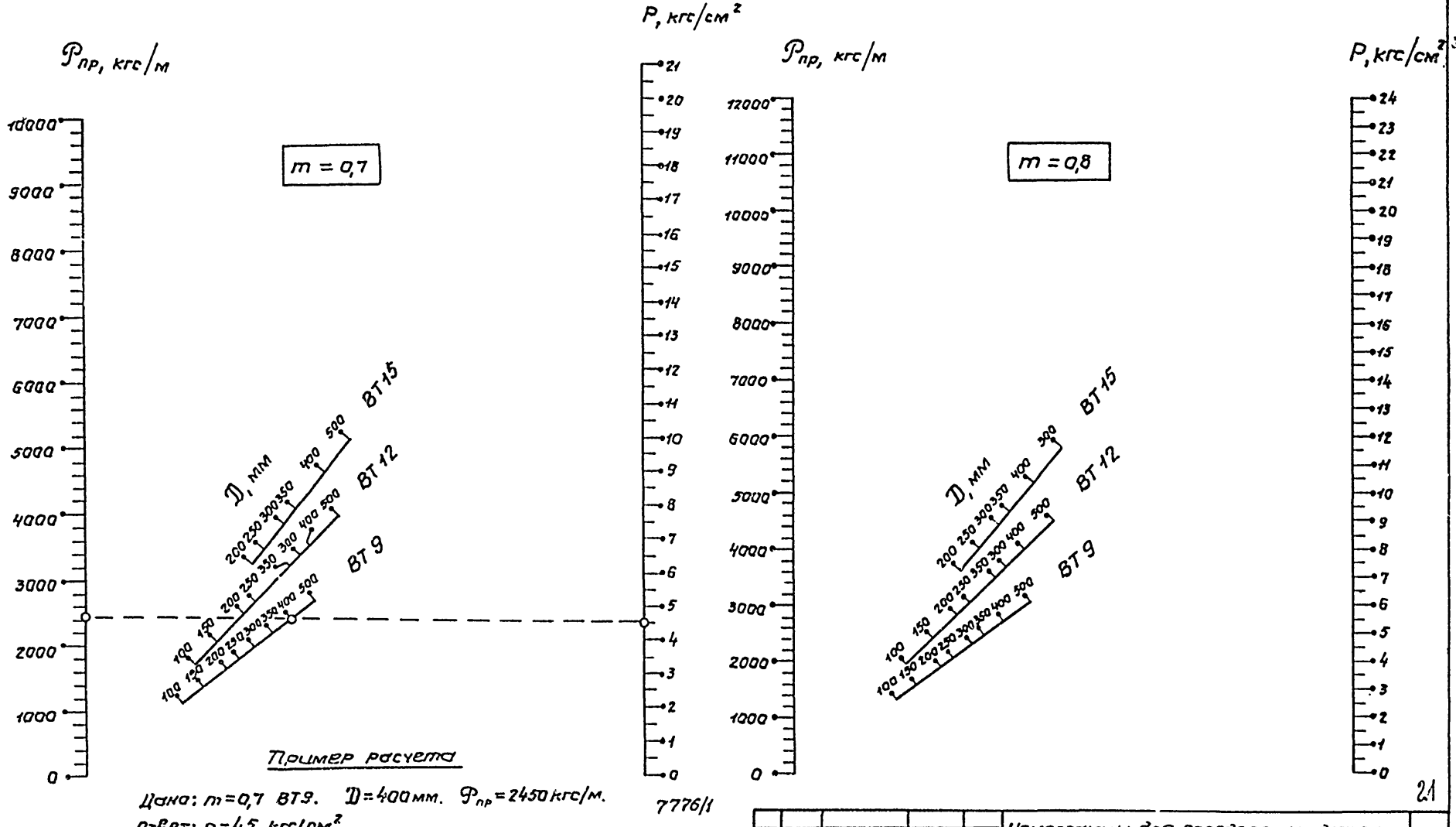




Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата

Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для определения допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе.

Номограммы для определения допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе.



Пример расчета

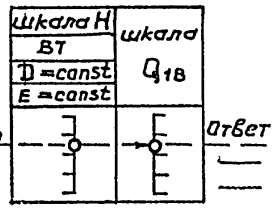
Дано: $m=0,7$ ВТ9. $D=400$ мм. $P_{пр}=2450$ кгс/м.

Ответ: $p=4,5$ кгс/см².

Инв.№подл. | Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для определения допустимого давления в подземном трубопроводе.	Лист 19

Ключ



$$Q_{1в} = 2{,}04\ H B \Psi K_{тр}(H,B)$$

$$Q_{1г} = 1{,}36\ H D_н\ \lambda_{тр} K_{тр}(H,B)$$

где: $\Psi = \dfrac{1}{1 + \dfrac{150\ E_{гр}}{3{,}932 \cdot 10^{5} D_н \left(\frac{B}{D_н} - 5\right)^{3}}}$

H — глубина заложения до верха труб, м

$B = D_н + 600$ — ширина траншеи, мм.

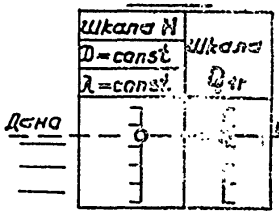
$D_н$ — наружный диаметр, мм.

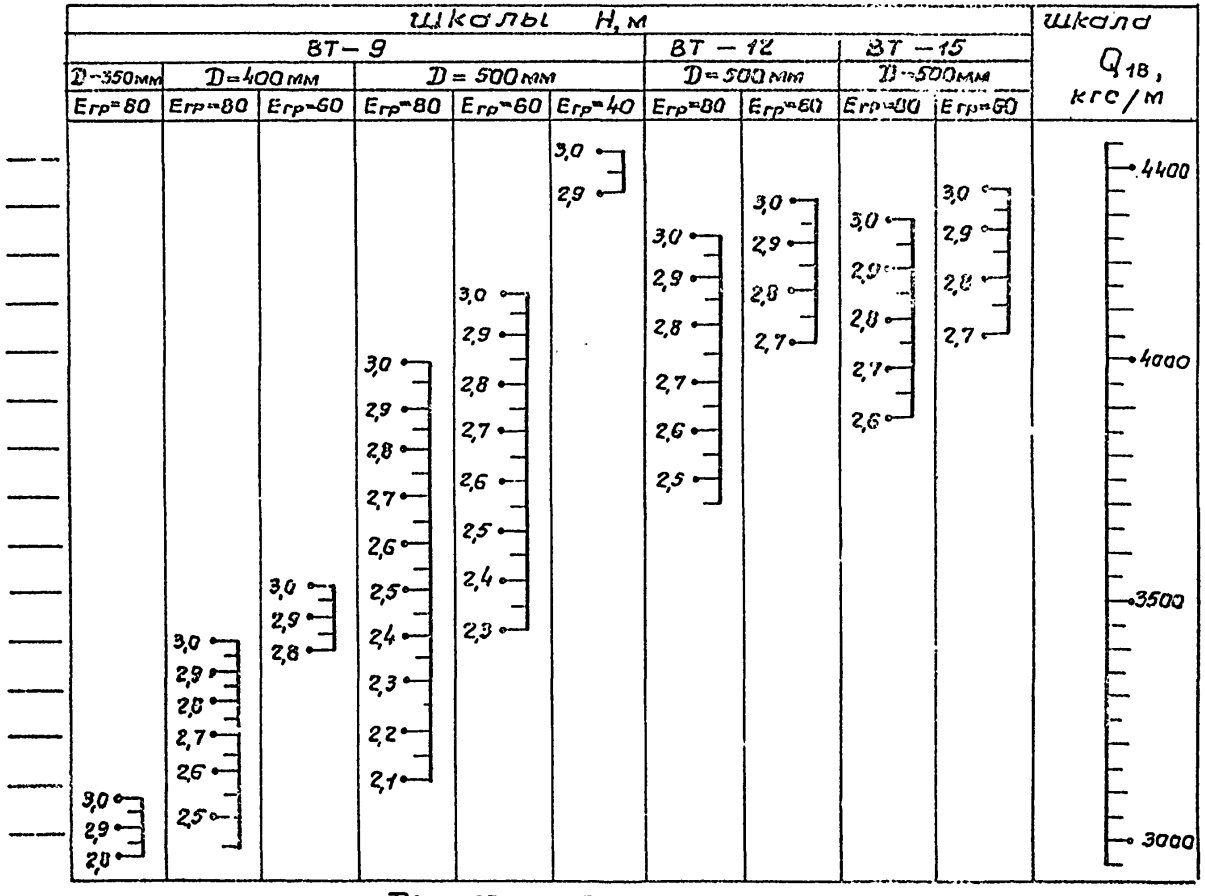
$K_{тр}(H,B)$ — коэффициент „зависания" зависящий от категории грунта, H и B (табл. 8.)

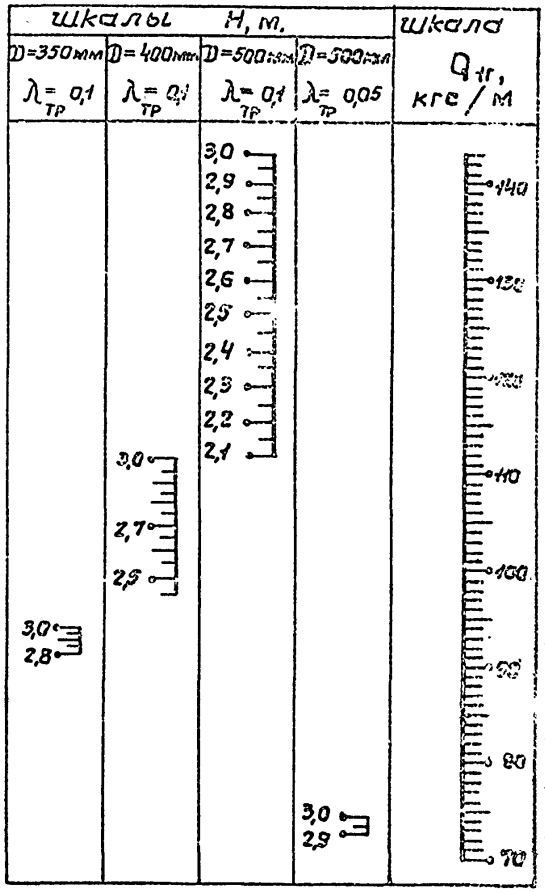
$\lambda_{тр}$ — коэффициент бокового давления грунта (табл. 7.)

$E_{гр}$ — модуль деформации грунта кгс/см² (табл. 1.)

Ключ







Пример расчета

Дано: ВТ-9, D=400мм, $E_{гр}$=80 кгс/см², H=2,75м. Ответ: $Q_{1в}$=3240 кгс/м.

Пример расчета:

Дано: D=400мм, $\lambda_{тр}$=0,1 H=1,0м. Ответ: $Q_{1г}$=106 кгс/м.

7776/1

Намограммы для определения нагрузок от давления грунта при укладке труб на плоское, плотное основание ($K_{н}$ 1,4)

Инв.№подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№ | Инв.№дубл. | Подп. и дата

Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема Н-10.)

$$Q_{2в} = 1{,}4\,\mu(H)\,K_н\,D_н\,q_v(H, D_н)$$

$$Q_{2г} = \lambda_н\,D_н\,q_v(H, D_н)$$

$Q_{2в}$ – вертикальная нагрузка от давления транспорта кгс/м.

$Q_{2г}$ – горизонтальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$K_н$ – коэффициент концентрации давления грунта.

$\lambda_н$ – коэффициент бокового давления грунта (табл.5)

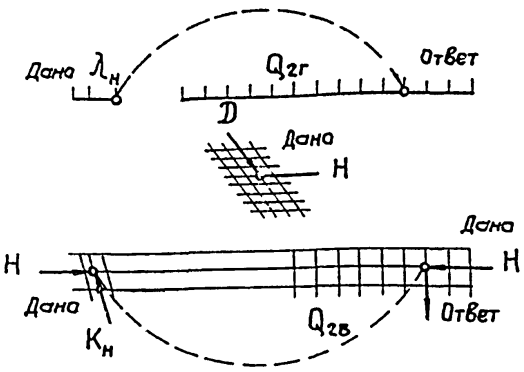
$\mu(H)$ – динамический коэффициент транспортной нагрузки (табл.13)

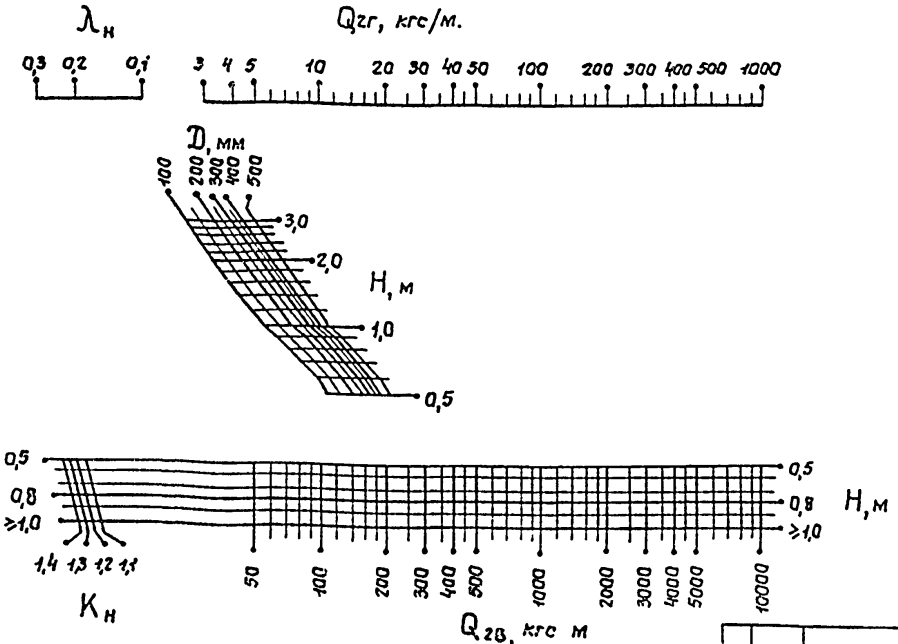
$q_v(H D_н)$ – равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл.10.)

где: H – глубина заложения до верха трубы, м.

$D_н$ – наружный диаметр, мм.

Ключ.





Пример расчета:

Дано: $D = 400$мм.

$H = 1{,}0$м

$K_н = 1{,}296$

$\lambda_н = 0{,}2$

Ответ: $Q_{2в} = 1270$ кгс/м

$Q_{2г} = 140$ кгс/м.

7776/1

23

					Номограммы для определения нагрузок от давления транспорта (схема Н-10.)
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист

Инв. № подл. | Подп. и дата

Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема Н-30)

$$Q_{2в} = 1{,}4\ \mathcal{M}(H) K_н D_н q_v (H, D_н)$$

$$Q_{2г} = \lambda_н D_н q_v (H, D_н)$$

$Q_{2в}$ – вертикальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$Q_{2г}$ – горизонтальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$K_н$ – коэффициент концентрации давления грунта.

$\lambda_н$ – коэффициент бокового давления грунта. табл.5.

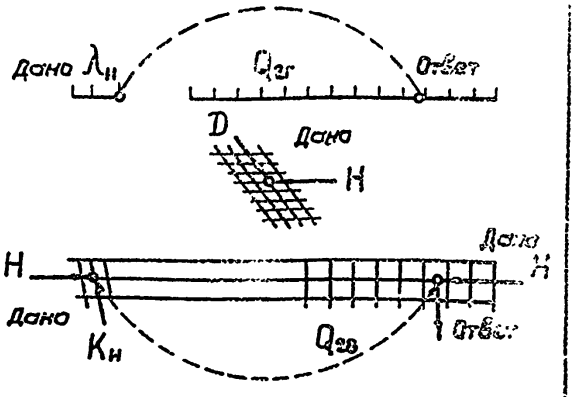
$\mathcal{M}(H)$ – динамический коэффициент транспортной нагрузки (табл. 13)

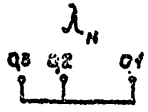
$q_v(H, D_н)$ – равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл. 11.)

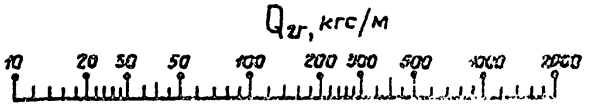
где: H – глубина заложения до верха трубы, м.

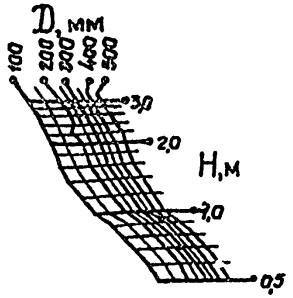
$D_н$ – наружный диаметр, мм.

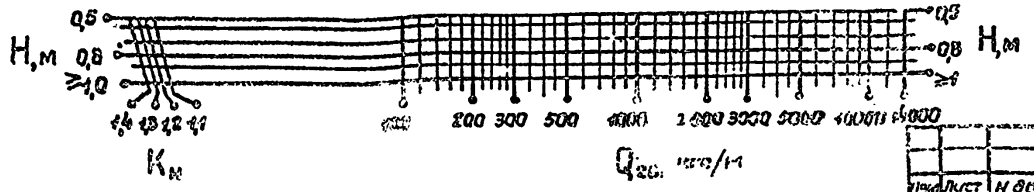
Ключ











Пример расчета

Дано: $D = 400$ мм

$H = 1{,}0$ м

$K_н = 1{,}296$

$\lambda_н = 0{,}2$

Ответ: $Q_{2в} = 2300$ кгс/м

$Q_{2г} = 260$ кгс/м

Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема НГ-60.)

$$Q_{2в} = 1{,}1\,\mu(H) K_н D_н q(H, D_н)$$

$$Q_{2г} = \lambda_н D_н q(H, D_н)$$

$Q_{2в}$ – вертикальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$Q_{2г}$ – горизонтальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$K_н$ – коэффициент концентрации давления грунта

$\lambda_н$ – коэффициент бокового давления грунта (табл. 5)

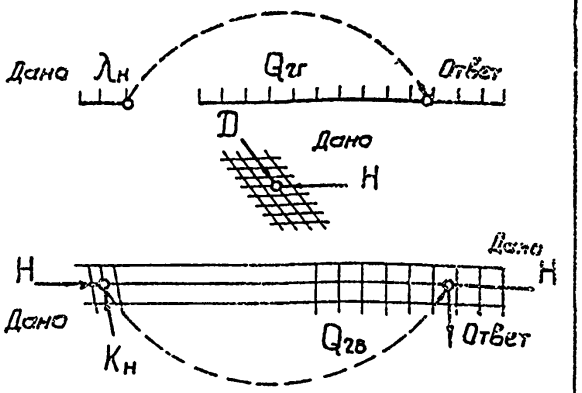
$\mu(H)$ – динамический коэффициент транспортной нагрузки (табл. 13)

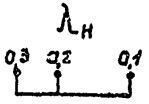
$q(H, D_н)$ – равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл. 12)

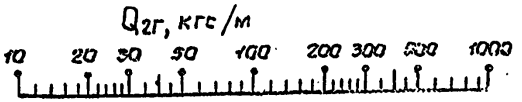
где: H – глубина заложения до верха трубы, м

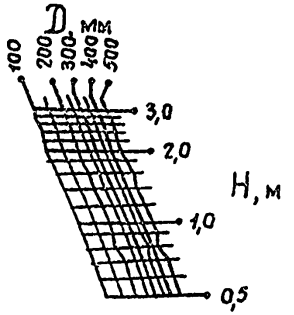
$D_н$ – наружный диаметр, мм.

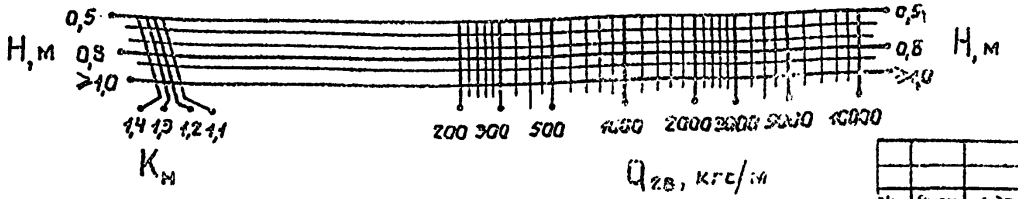
Ключ











Пример расчета

Дано: $D = 400$ м.

$H = 1{,}0$ м.

$K_н = 1{,}296$

$\lambda_н = 0{,}2$

Ответ: $Q_{2в} = 2180$ кгс/м

$Q_{2г} = 310$ кгс/м

Типовые проектные решения. Альбом I. ТП 820-02-1с

Номограмма для определения допустимой внешней нагрузки при отсутствии внутреннего давления.

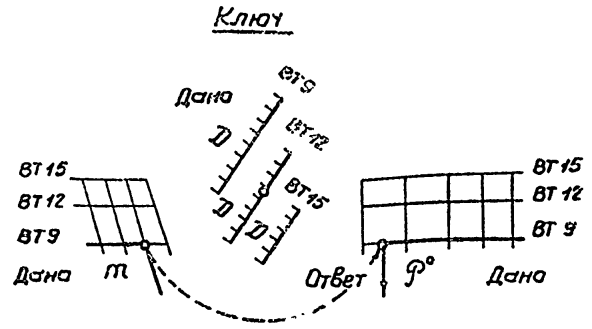
$$\mathcal{P}^{\circ} = 11\, m\, p_{исп} \frac{[D_н - 2\delta(D_н)]\cdot\delta(D_н)}{D_н - \delta(D_н)}$$

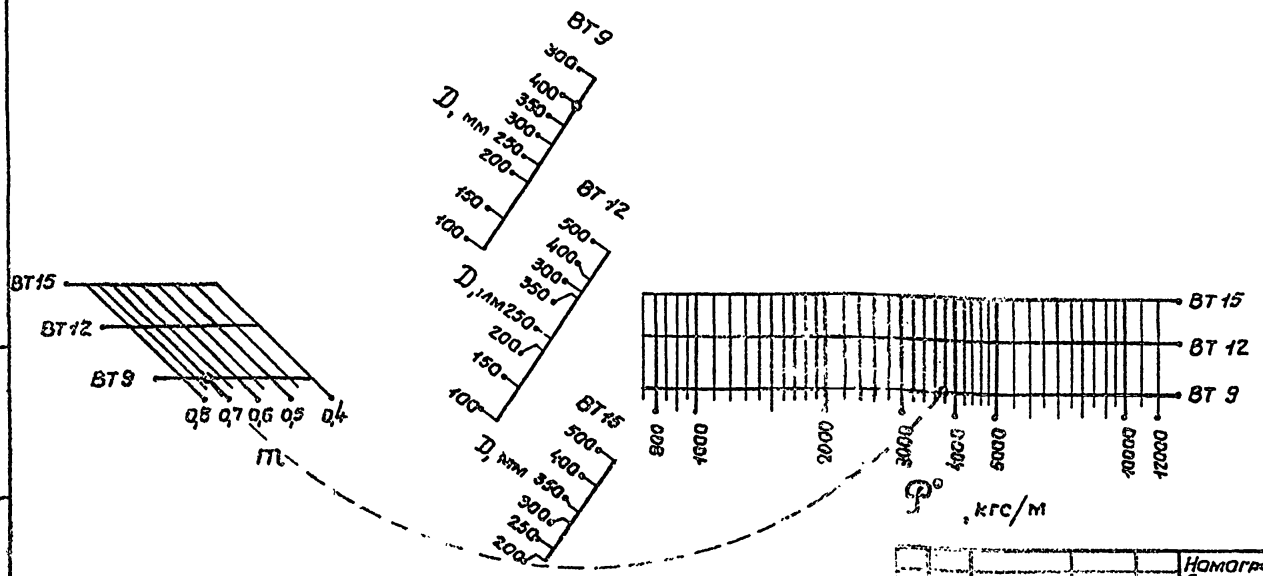
$\mathcal{P}^{\circ}$ – допустимая внешняя нагрузка при отсутствии внутреннего давления, кгс/м.

$p_{исп}$ – испытательное давление на водонепроницаемость, кгс/см².

$\delta(D_н)$ – толщина стенки труб (мм), соответствующая классу труб и их диаметру $D_н$ (табл. 1.)

m – комплексный коэффициент условия работы трубопровода.





Пример расчета

Дано: ВТ 9

$D = 400$ мм.

$m = 0{,}7$

Ответ: $\mathcal{P}^{\circ} = 3780$ кгс/м

7776/1 26

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для определения допустимой внешней нагрузки при отсутствии внутреннего давления.	Лист 24

Инв. № подл. | Подп. и дата

Методика построения номограмм.

Для инженеров-проектировщиков и сотрудников вычислительных центров Гипроводхозов представляет определенный интерес методика построения настоящих номограмм. Может возникнуть потребность построить новые номограммы для других условий и пределов изменения переменных.

Методика построения номограмм [I, стр. 8] состоит из нескольких этапов:

1) Для номографирования данной зависимости ее приводят тем или иным способом к номографируемому виду:

2) Составляют уравнения элементов номограммы в декартовой системе координат;

В эти уравнения входят соответствующие функции из номографируемого соотношения, а также вводятся параметры преобразования, а иногда и произвольные функции, выбором которых стараются каждому элементу номограммы и всей номограмме в целом придать удобный для пользования вид;

3) Рассчитывают на ЭЦВМ таблицы координат отдельных элементов номограммы;

4) Вычерчивают номограмму.

В настоящей работе нашли применение следующие типы номограмм:

- номограммы из выравненных точек;
- номограммы из равноудаленных точек;
- циркульные номограммы;
- сдвоенные шкалы.

Конструирование номограммы – лист 13.

Уравнение

$$K'_H = 1{,}04\left[K_H - 0{,}04 - (K_H - 1)\left(\frac{D_H}{2\cdot 10^5 H}\right)^2\right] \qquad (1)$$

переписываем в виде

$$\frac{D_H^2}{4\cdot 10^6 H^2}(K_H - 1) + \left(\frac{K'_H}{1{,}04} + 0{,}04\right) - K_H = 0 \qquad (2)$$

и полагаем

$$\frac{D_H^2}{4\cdot 10^6 H^2} = I \qquad (3)$$

Тогда уравнение (2) запишется так:

$$I\cdot(K_H - 1) + \left(\frac{K'_H}{1{,}04} + 0{,}04\right) - K_H = 0 \qquad (4)$$

Уравнения (3) и (4) представим составной номограммой из выравненных точек [I, стр. 124-128]. Представим уравнение (3) в виде

$$-D_H^2 + I\cdot 4\cdot 10^6 H^2 = 0 \qquad (5)$$

Каноническая форма номограммы этого уравнения записывается так [I, стр. 127]:

$$f_1 + f_2 f_3 = 0 \qquad (6)$$

Сравнивая уравнение (5) с формой (6), имеем

$$f_1 = -D_H^2;\quad f_2 = I;\quad f_3 = 4\cdot 10^6 H^2$$

Каноническая форма уравнения (4) имеет вид [I стр. 126-127]

$$f_1\cdot f_3 + f_2 q_3 + h_3 = 0 \qquad (7)$$

Сравнивая уравнение (4) с формой (7) имеем

$$f_1 = I;\quad f_3 = (K_H - 1);\quad f_2 = \left(\frac{K_H}{1{,}04} + 0{,}04\right);\quad q_3 = 1;\quad h_3 = -K_H$$

Уравнения элементов составной номограммы из выравненных точек записываются так:

шкала D : $X = 0;\ y = 5\cdot 10^{-4}\left(-D_H^2 - 27{,}88\cdot 10^4\right)$

шкала I : $X = 100;\ y = 500\,I$ (8)

шкала H :

$$X = \frac{2\cdot 10^5 H^2}{500 + 2\cdot 10^3 H^2};\quad y = \frac{69700}{500 + 2\cdot 10^3 H^2};$$

7776/1

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	Лист 25

Инв. № подл. | Подп. и дата.

шкала $K_н'$: $X = 200$; $y = 400\left[\left(\frac{K_н}{1,04} + 0,04\right) - 1,07\right]$;

шкала $K_н$: $X = \frac{5 \cdot 10^4}{400 (K_н - 1) + 500}$;

$$y = \frac{-2 \cdot 10^5 (1,07 - K_н)}{400 (K_н - 1) + 500}$$

По этим уравнениям построена номограмма лист 13. Пределы изменения переменных в номограмме следующие:

$122 \leq D_н \leq 528$ мм, $0,5 \leq H \leq 3$м;

$1,1 \leq K_н \leq 1,4$; $1,07 \leq K_н' \leq 1,43$.

Конструирование номограммы – лист 14.

Уравнение

$$Q_{18} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot \gamma H D_н K_н \qquad (9)$$

представим циркульной номограммой [1, стр. 115–116].

После логарифмирования записываем это уравнение так:

$$-\lg(H \cdot D_н) - \lg(1,2\gamma) = \lg(10^{-3} K_н) - \lg Q_{18} \qquad (10)$$

Каноническая форма циркульной номограммы имеет вид

$$f_{12} - f_4 = f_{13} - f_5 \qquad (11)$$

Сравнивая уравнение (10) с формой (11), получим

$f_{12} = -\lg(H \cdot D_н)$; $f_{13} = \lg(10^{-3} K_н)$;

$f_4 = \lg(1,2\gamma)$; $f_5 = \lg Q_{18}$.

В табл. 16 приведены уравнения элементов номограммы.

Таблица 16

Координаты	поле $(H, D_н)$	поле $(H, K_н)$
X	$-100 \cdot \lg(H, D_н) + 150$	$100 \cdot \lg(10^{-3} K_н)$
y	$50 \cdot \lg H$	$50 \lg H$
Координаты	шкала $\gamma_{гр}$	шкала Q_{18}
	$100 \cdot \lg(1,2 \cdot \gamma)$	$100 \lg Q_{18} + 150$

По уравнениям табл. 16 построена номограмма лист 14.

Пределы изменения переменных следующие: $0,5 \leq H \leq 3$м;

$122 \leq D_н \leq 528$ мм; $1 \leq K_н \leq 1,4$;

$1700 \leq \gamma \leq 1900$ кгс м^3; $100 \leq Q_{18} \leq 5000$ кгс м.

Конструирование номограммы – лист 15.

Уравнение

$$Q_{1г} = 0,8 \cdot 10^{-3} \gamma \left(H + \frac{5 \cdot 10^{-4} D_н}{2}\right) D_н \cdot \lambda_н \qquad (12)$$

логарифмируем и записываем в виде

$$-\lg\left(H D_н + \frac{5 \cdot 10^{-4} D_н^2}{2}\right) - \lg(0,8 \cdot \gamma) = \lg(10^{-3} K_н) - \lg Q_{1г} \qquad (13)$$

Полученное уравнение принадлежит также, как и в предыдущем случае, к канонической форме [1, стр. 115–116.]

$$f_{12} - f_4 = f_{13} - f_5 \qquad (14)$$

Здесь:

$f_{12} = -\lg\left(H D_н + \frac{D_н^2}{2}\right)$; $f_{13} = \lg(10^{-3} \lambda_н)$;

$f_4 = \lg(0,8 \cdot \gamma)$; $f_5 = \lg Q_{1г}$

Уравнения элементов номограммы приведены в табл. 17.

7.76/1

Таблица 17.

Координаты	поле $(H, D_н)$	поле $(H, \lambda_н)$
X	$-100 \cdot lg\left(H \cdot D_н + \frac{D_н^2}{2}\right) + 230$	$100\, lg(10^{-3}\lambda)$
Y	$50\, lg H$	$50\, lg H$
Координаты	шкала γ	шкала $Q_{1г}$
	$100 \cdot lg(0{,}8 \cdot \gamma)$	$100\, lg Q_{1г} + 230$

По уравнениям табл. 17 построена номограмма – лист 15

Пределы изменения переменных следующие: $0{,}5 \leq H \leq 3$м;

$122 \leq D_н \leq 528$ мм; $0{,}1 \leq \lambda_н \leq 0{,}3$;

$1700 \leq \gamma \leq 1900$ кгс/м^3; $10 \leq Q_{1г} \leq 700$ кгс/м.

Конструирование номограммы – лист 20.

Рассмотрим сначала уравнение

$$Q_{1в} = 2{,}04\, H B \Psi K_{тр}(H, B); \qquad (15)$$

где:
$$\Psi = \frac{1}{1 + \frac{150\, E_{гр}}{3{,}932 \cdot 10^5 D_н \left(\frac{\delta}{D_н - \delta}\right)^3}} \qquad (16)$$

$$B = D_н + 600 \qquad (17)$$

Здесь $D_н$ и δ являются функцией класса труб (БТ9, БТ12, БТ15) – см. табл.1. Пользуясь тем, что параметры $D_н$, $E_{гр}$ в уравнениях (15) – (17) имеют всего лишь по 3 значения ($D = 350$; 400; 500 мм и $E_{гр} = 80$; 60; 40 кгс/см^2 – табл. 2), примем: $D_н = const$ и $E_{гр} = const$ для каждого класса труб. Тогда уравнение (15) примет вид

$$Q_{1в} = f(H). \qquad (18)$$

Для зависимости (18) строим график в декартовой координатной сетке, которая задана уравнениями [2, стр. 73.]

$$X = mH; \qquad Y = n\, Q_{1в},$$

где m и n – модули (масштабы) осей координат графика. Преобразуем далее график зависимости (18) в сдвоенную шкалу. Выбираем за носитель сдвоенной шкалы ось OX. Прямые H в пересечении с ней образуют шкалу H. Для построения шкалы $Q_{1в}$ находим точки пересечения прямых $Q_{1в}$ с графиком и проектируем их на ось OX. В результате получаем сдвоенную шкалу H и $Q_{1в}$. Шкала $Q_{1в}$ – равномерная, шкала H – функциональная. Такие сдвоенные шкалы построены для трех классов труб при $D_н = const$ и $E_{гр} = const$. Для наглядности и простоты работы со сдвоенными шкалами найдем способ оформления в виде таблицы шкал в заданных пределах изменения переменных.

Уравнение

$$Q_{1г} = 1{,}36\, H D_н \lambda\, K_{тр}(H, B) \qquad (19)$$

таким же способом представим в виде таблицы шкал, приняв в нем

$$D_н = const \quad и \quad \lambda = const.$$

Конструирование номограммы – лист 16.

Уравнения

$$Q_{2в} = 1{,}4\, q\,(H, D_н) D_н\, \mu(H) K_н \qquad (20)$$

и

$$Q_{2г} = q\,(H, D_н) D_н \lambda \qquad (21)$$

представим номограммой из равноудаленных точек [3, стр. 106–113]

7776/1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета забетонированных трубопроводов на прочность.	Лист 27

Инв. № подл. | Подп. и дата

с общим полем центров ($H, D_н$). После логарифмирования записываем уравнения (20) и (21) так:

$$\lg [q(H,D_н)\cdot D_н] = -\lg [1{,}4\,\mu(H)\cdot K_н] + \lg Q_{2в} \qquad (22)$$

и

$$\lg [q(H,D_н)\cdot D_н] = -\lg \lambda + \lg Q_{2г} \qquad (23)$$

Канонические формы для полученных уравнений имеют соответственно вид

$$f_{12} = f_{34} + f_5 \qquad (24)$$

и

$$f_{12} = f_3 + f_4 \qquad (25)$$

Сравнивая уравнение (22) с формой (24) имеем

$$f_{12} = \lg [q(H,D_н)\cdot D_н];\ f_{34} = -\lg [1{,}4\,\mu(H) K_н];$$

$$f_5 = \lg Q_{2в}.$$

Сравнивая уравнение (23) с формой (25) имеем

$$f_{12} = \lg [q(H,D_н) D_н];\ f_3 = -\lg \lambda;\ f_4 = \lg Q_{2г}$$

Уравнения элементов номограмм приведены соответственно в табл. 18.

Таблица 18.

Координаты.	Поле центров $(H, D_н)$	Поле засечек $[\mu(H), K_н]$	Поле засечек $[\mu(H), Q_{2в}]$
X	$25 \lg [q(H,D_н)\cdot D_н]$	$-50 \lg [1{,}4\,\mu(H) K_н] + 30$	$50 \lg Q_{2в} - 30$
Y	$50 \lg H$	$200 \lg \mu(H) + 45$	$200 \lg \mu(H) - 45$

Таблица 19.

Координаты	Поле центров $(H, D_н)$	Шкала засечек $\lambda_н$	Шкала засечек $Q_{2г}$
X	$25 \lg [q(H,D_н) D_н]$	$-50 \lg \lambda_н - 20$	$50 \lg Q_{2г} + 20$
Y	$50 \lg H$	56	56

Здесь функции $\mu(H)$ и $q(H, D_н)$ заданы табл. 9 – 13 (см. пояснительную записку). Пределы изменения переменных следующие: $0{,}5 \le H \le 3$ м; $0{,}122 \le D_н \le 0{,}528$ м; $50 \le Q_{1в} \le 14000$ кгс/м; $0{,}1 \le \lambda_н \le 0{,}5$; $3 \le Q_{2г} \le 2000$ кгс/м.

В виду того, что уравнения полей центров ($H, D_н$) в табл. 18 и 19 в обеих номограммах одинаковые, объединяем обе номограммы в одну. В результате получаем номограмму с полем центров ($H, D_н$), полями засечек ($H, K_н$) и ($H, Q_{2в}$) – для уравнения (20) и с тем же полем центров ($H, D_н$) и шкалами засечек $\lambda_н$ и $Q_{2г}$ для уравнения (21). В поле центров ($H, D_н$) номограммы пометки линий $D_н$ заменены на условный диаметр трубопроводов D в мм. На листе 16 приведена номограмма, построенная для транспорта Н-18. Аналогичные номограммы для транспорта Н-10, Н-30, НГ-60 приведены на листах 21, 22, 23.

Конструирование номограмм -- лист 17.

В уравнениях

$$Q_3 = 0{,}636\,\delta\,(D_н - \delta) \qquad (26)$$

и

$$Q_4 = 0{,}0785\,(D_н - 2\delta)^2. \qquad (27)$$

параметр δ является функцией диаметра трубы и класса труб (табл. 1.) Отсюда для каждого класса труб величины Q_3 и Q_4 являются функциями $D_н$. Представим уравнения (26) и (27) совоенными шкалами ($D_н$, Q_3) и ($D_н$, Q_4). Методика построения совоенных шкал описана выше для уравнений (15) и (19) и в работе [2, стр. 73.]

Конструирование номограммы — листы 18, 19

Рассмотрим уравнение

$$P = P^0 \left(1 - \frac{\mathcal{P}_{пр}}{\mathcal{P}^0}\right); \qquad (28)$$

где

$$P^0 = m\, P_{исп}, \qquad (29)$$

$$\mathcal{P}^0 = 11\, m\, P_{исп} \frac{(D_н - 2\delta)\delta}{(D_н - \delta)} \qquad (30)$$

Здесь $P_{исп}$ является функцией класса труб (табл. 14.) Значения $D_н$ и δ для каждого класса труб приведены в табл. 1. Параметр m принимает значения: 0,5; 0,6; 0,7; 0,8. Таким образом, при m=const можно записать:

$$P^0 = f(Кл) \quad и \quad \mathcal{P}^0 = q(Кл, D)$$

Тогда уравнение 28 перепишем в виде:

$$P = P^0(Кл) \cdot \left[1 - \frac{\mathcal{P}_{пр}}{\mathcal{P}^0(Кл, D)}\right] \qquad (31)$$

или

$$\mathcal{P}_{пр} \frac{P^0(Кл)}{\mathcal{P}^0(Кл, D)} + P - P^0(Кл) = 0 \qquad (32)$$

Представим уравнение (32) номограммой из выравненных точек с двумя параллельными шкалами $\mathcal{P}_{пр}$ и P и тремя шкалами D для трех классов труб (ОТ9, ВТ12 и ВТ15). Каноническая форма номограммы из выравненных точек имеет вид [I, стр. 124–125]

$$f_1 \cdot f_{3ч} + f_2\, q_{3ч} + h_{3ч} = 0 \qquad (33)$$

Сравнивая уравнение (32) с формой (33) получим

$$f_1 = \mathcal{P}_{пр}; \qquad f_{3ч} = \frac{P^0(Кл)}{\mathcal{P}^0(Кл, D)};$$

$$f_2 = P; \quad q_{3ч} = 1; \quad h_{3ч} = -P^0(Кл)$$

Уравнения элементов номограмм:

шкала $\mathcal{P}_{пр}$: $x = 0$; $y = \bar{m}(\mathcal{P}_{пр} - a)$;

шкала P : $x = 180$; $y = n \cdot P$;

шкалы D : $x = \dfrac{\bar{m} \cdot 180}{n \dfrac{P^0(Кл)}{\mathcal{P}^0(Кл, D)} + \bar{m}}$;

$$y = \frac{-mn\left[a \dfrac{P^0(Кл)}{\mathcal{P}^0(Кл, D)} - P^0(Кл)\right]}{n \dfrac{P^0(Кл)}{\mathcal{P}^0(Кл, D)} + \bar{m}}$$

Здесь: $\bar{m}$ и n — модули шкал $\mathcal{P}_{пр}$ и P, a — параметр, определяющий положение шкалы $\mathcal{P}_{пр}$ по вертикали. Эти параметры взяты, исходя из пределов изменения переменных и размеров номограммы. На листах 18, 19 приведены номограммы уравнения (32) для m = 0,5; 0,6; 0,7 и 0,8

Конструирование номограмм – лист 24

В уравнении

$$P^0 = 11 m p_{исп} \frac{(D_н - 2\delta)\delta}{D_н - \delta} \qquad (34)$$

параметр δ является функцией класса труб и их диаметров $D_н$ (табл.1), а параметр $p_{исп}$ – функцией класса труб (табл. 14.) представим уравнение (35) номограммой из равноудаленных точек [3, стр.108.] Для этого прологарифмируем его и запишем в виде:

$$\lg\left[\frac{(D_н - 2\delta)\delta}{D_н - \delta}\right] = -\lg(11 m p_{исп}) + \lg P^0 \qquad (35)$$

Каноническая форма для этого уравнения имеет вид:

$$f_4 = -f_3 + f_{12} \qquad (36)$$

Сравнивая уравнение 35 с формой 36, имеем

$f_4 = \lg\left[\frac{(D_н - 2\delta)\delta}{D_н - \delta}\right]$ – для заданного класса труб

$f_3 = \lg P^0$

$f_{12} = -\lg(11 m p_{исп})$

Уравнения элементов номограммы приведены в табл. 20

Таблица 20.

Координаты	Шкалы центров $D_н$	Поле засечек $(m, p_{исп})$	Поле засечек (m, P^0)
X	$50 \cdot \lg\left[\frac{(D_н - 2\delta)\delta}{D_н - \delta}\right]$	$-100 \lg(11 m p_{исп}) + 200$	$\lg P^0 - 200$
Y	для ВТ-9 $1{,}4 \cdot 50 \lg\left[\frac{(D_н - 2\delta)\delta}{D_н - \delta}\right] - 9{,}27$ для ВТ12 $1{,}48 \cdot 50 \lg\left[\frac{(D_н - 2\delta)\delta}{D_н - \delta}\right] - 6{,}06$ для ВТ15 $1{,}44 \cdot 50 \lg\left[\frac{(D_н - 2\delta)\delta}{D_н - \delta}\right] - 10{,}78$	$100 \lg p_{исп}$	$100 \lg p_{исп}$

Номограмма построена в следующих пределах изменения переменных: $0{,}4 \leq m \leq 0{,}8$; $18 \leq p_{исп} \leq 30$ кгс/см^2; $750 \leq P^0 \leq 12000$ кгс м; значения $D_н$ и δ для различных классов труб приняты по табл.1. На номограмме пометки линий $p_{исп} = 18, 24, 30$ кгс см^2 обозначены соответственно классам труб ВТ9, ВТ12 и ВТ15.

Литература

1. Хованский Г.С. Методы номографирования. М., ВЦ АН СССР, 1964.
2. Хованский Г.С. Основы номографии. М, Гл. редакция физико-математической литературы из-ва „Наука", 1976г.
3. Хованский Г.С. Приспосабляемые номограммы из равноудаленных точек. В кн. . „Номографический сборник №4." М., ВЦ АН СССР 1967г.

7776/1

32

Инв.№ подл. | Подп. и дата

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ГОССТРОЯ СССР
КИЕВСКИЙ ФИЛИАЛ
г.Киев-57; ул Эжена Потье, № 12

Заказ № 116 1365 инв № 7776/1 тираж 200

Сдано в печать 2 III 1981 г. цена 1-219

gost.e-ecolog.ru