

# 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  
з. 1-29

кф.цитп инв 7776/1

# ТИПОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

ТП 820-02-1с

## НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ ИЗ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБ ДИАМЕТРОМ до 500 мм для оросительных систем с широкозахватной дождевальнoй 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

Нач. отдела трубопроводов  
и каналов

Ответственный исполнитель,  
рук. группы

*Борисов* Б. В. Орлов

*Ясовский* С. Р. Ясовский

*Мамонтова* Л. В. Мамонтова

#### УТВЕРЖДЕН

Минводхозом СССР

Протокол №319 от 27.12.1978г.  
введен в действие

с 1.08.1980г.

Приказ №270 от 17.07.1980г.

кф/цтп инь/7776/1

№ листов	Наименование	№ 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 $K'_H$ .	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.

№ листов	Наименование	№ стр.
	Дополнительные номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	
20	Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления грунта (грунты основания прочные, $K_H = 1,4$ ).	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
25-30	Методика построения номограмм для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	27-32

Пояснительная записка.  
I Общая часть.

- 1.1. "Номаграммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность." (альбом 1 типовых проектных решений "Несущие 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. Номаграммы составлены в соответствии с методикой, в основу которой вошли теоретические разработки НИИИ 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 номаграмм: циркульных из выравненных и равноудаленных точек.
- 1.4. На номаграммах вычислительная работа заменяется выполнением простейших геометрических операций с помощью линейки или циркуля.
- 1.5. Номаграммы обеспечивают достаточную точность вычислений, имеют преимущество в скорости получения ответов, наглядности и общедоступности. На номаграммах приведены основные расчетные формулы, позволяющие при необходимости провести и аналитический расчет.
- 1.6. При составлении номаграмм использованы последние работы сектора номаграмм вычислительного центра Академии наук СССР. Методика построения номаграмм приведена в разделе V данного альбома.

- 1.7. Разработанные номаграммы дают возможность оценить несущую способность трубопровода при различных сочетаниях действующих нагрузок:
  - при совместном действии внешних нагрузок и внутреннего давления;
  - при действии внутреннего давления и отсутствии внешних нагрузок;
  - при действии внешних нагрузок на опорах трубопровода
- 1.8. Номаграммы 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;
  - транспортные подвижные нагрузки, 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.)

7796/1

					ТП-820-02-1с		
					Напорные трубопроводы из а/ц труб ф до 500мм. для оросит. систем с широким разб. дожд. т.е. т.е.		
Изм.	Лист	И.П.К.И.М.	Подп.	Лист			
Зам. Гл. инж.		Орлов			Лит.	Лист	Листов
Науч. сотр.		Степанчик				1	
рук. ЦР.		Козлов					
					Номаграммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.		В/о, Союзводпробостр. 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. стенки Dн, мм	Толщина стенки δ, мм	Диаметр наружн. стенки Dн, мм	Толщина стенки δ, мм.	Диаметр наружн. стенки Dн, 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 заморозки трубопровода до верха трубы H (м)

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

Таблица 2

Условные категории грунтов засыпки.	Наименование грунтов.	$\gamma$ кгс / см <sup>3</sup>	$E_{gr}$ кгс / см <sup>2</sup>
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/см<sup>2</sup> устанавливается по данным инженерно-геологических исследований.

7776/1

2.5. Степень прочности грунтов основания устанавливается в зависимости от отношения  $E_0 / E_{гр}$  (табл.3.)

Таблица 3.

№ п/п	Характеристика грунтов основания	$\frac{E_0}{E_{гр}}$
1.	Грунты плотные, прочные	4-5
2.	Грунты средней плотности, прочности.	2-3
3.	Грунты слабые	1

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

При укладке труб на ненарушенный грунт и плоское основание:

- при  $\frac{H}{D_H} \geq 2,5$  коэффициент  $K_H$  принимается по таблице 4;
- при  $0,5 \leq \frac{H}{D_H} < 2,5$  табличное значение  $K_H$  (табл.4) уточняется по номограмме  $K'_H$ , - лист 13, за расчетное принимается  $K_H = K'_H$ ;
- при  $\frac{H}{D_H} < 0,5$  коэффициент  $K_H = 1$ .

7776/1

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 пыльные. Пески пылеватые средней плотности. Глинистые грунты слабые.
$K_H$	1,4	1,3	1,15

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

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

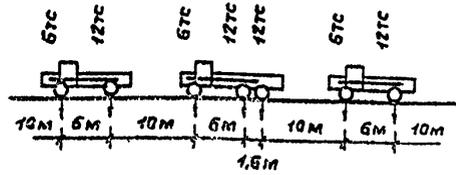
Таблица 5.

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

5



а) нагрузка по схеме Н-18.



б) нагрузка по схеме Н-10.

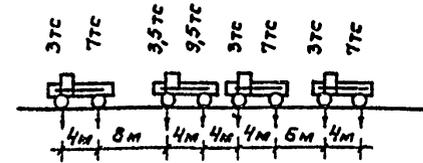


таблица 9.

Значения  $q(H, D_H)$  тс/м<sup>2</sup>, соответствующие схеме Н-18.

$\frac{D_H}{H, M}$	122	165	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	8,396	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	4,879	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	1,538	1,531	1,522	1,514	1,506	1,500	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

Таблица 10.

Значения  $q(H, D_H)$  тс/м<sup>2</sup>, соответствующие схеме Н-10.

$\frac{D_H}{H, M}$	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	1,673	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

7776/1

					Напограммы для расчета оседания	Лист
Изм/лист	№ докум	Проф.	Дата		ных трубопроводов на прочность.	5

б) нагрузка по схеме Н-30

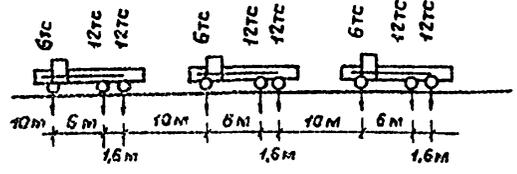


Таблица 11.

Значения  $q$  (Н, Дн) тс/м<sup>2</sup>, соответствующие схеме Н-30

Дн, мм Н, м	122	168	224	274	324	375	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	6,998	6,956	6,920	6,876	6,832	6,746	6,614	6,386
0,8	5,838	5,296	5,262	5,219	5,184	5,116	5,024	4,888
0,9	4,214	4,188	4,156	4,137	4,112	4,068	4,012	3,924
1,0	3,090	3,080	3,070	3,058	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

в) нагрузка по схеме НГ-60

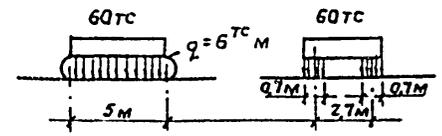


Таблица 12

Значения  $q$  (Н, Дн) тс/м<sup>2</sup>, соответствующие схеме НГ-60.

Дн, мм Н, м	122	168	224	274	324	375	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

Типовые проектные решения. Альбом 1. ТТ 820-02-10

Изм. и подп. в деталях

7776/1

Изм.	ИСП.	И.О.К.И.М.	ПОДП.	В.И.О.	Напограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	Лист 6

2.11. Динамический коэффициент повышенной транспортной нагрузки  $\mu$ , 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	$\geq 1,0$
$\mu$	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 <sup>2</sup>	18	24	30

2.13. Коэффициент условий работы  $\eta$ , изменяющийся в пределах значений  $0,5 \div 0,85$ , 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:

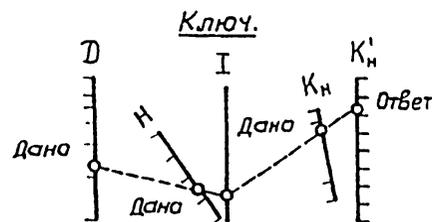
- при совместном действии внешних нагрузок и внутреннего давления;

- 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  $K_H$  (табл. 4) при  $0,5 \leq \frac{H}{D} < 2,5$  по номограмме - лист 13.



7776/1

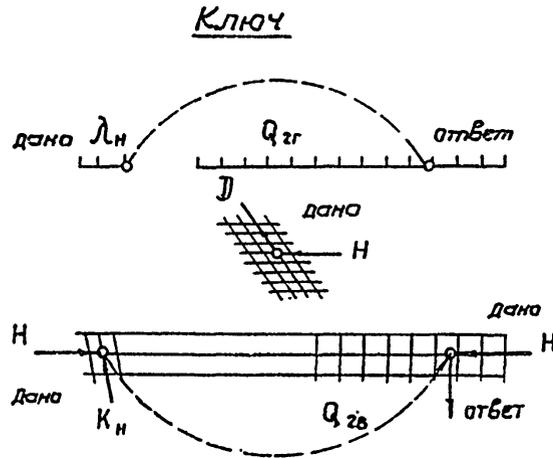
9

Изм. лист	Исход. ум.	Подп.	Дата	Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность	Лист
					7



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.



Номограмма состоит из поля центров  $(H, D)$ , поля засечек  $(H, K_H)$  и  $(H, Q_{2в})$ , а также шкал засечек  $\lambda_H$  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  $K_H$  устанавливаем в поле засечек  $(H, K_H)$ . Найденным раствором циркуля из заданной точки поля центров делаем засечку на той же прямой  $H$  поля засечек

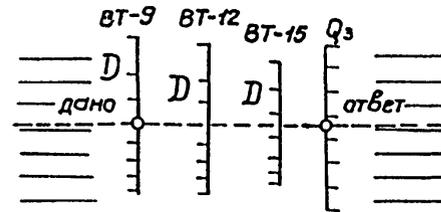
$(H, Q_{2в})$ . Паметка линии  $Q_{2в}$ , проходящая через полученную точку, дает ответ.

**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  $\lambda_H$ . 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: BT9, BT12 и BT15 и ответной шкалы  $Q_3$ .

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

4776/1

Классы 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  $P_{пр}$ , действующей на подземный трубопровод по формуле:

$$P_{пр} = P_1 + P_2 - P_3, \text{ кгс/м.}$$

где:  $P_1 = 0,739 (Q_{1B} + Q_{2B})$

$$P_2 = 0,566 (Q_3 + Q_4)$$

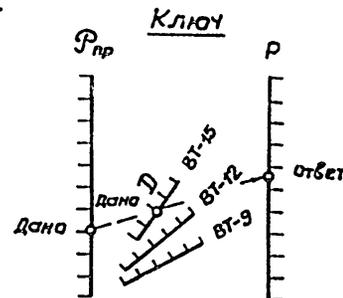
$$P_3 = 0,399 (Q_{1Г} + Q_{2Г})$$

Данные расчетов по п.п. 3.2 и 3.3 сносим в таблицу 15.

Таблица 15.

$Q_{1B}$ кгс/м	$Q_{2B}$ кгс/м	$P_1 = 0,739 (Q_{1B} + Q_{2B})$ кгс/м
$Q_3$ кгс/м	$Q_4$ кгс/м	$P_2 = 0,566 (Q_3 + Q_4)$ кгс/м
$Q_{1Г}$ кгс/м	$Q_{2Г}$ кгс/м	$P_3 = 0,399 (Q_{1Г} + Q_{2Г})$ кгс/м.
$P_{пр} = P_1 + P_2 - P_3$ кгс/м		

3.3.2. Расчет на прочность при одновременном действии внешних и внутренних нагрузок состоит в определении допустимого внутреннего давления  $P$ , кгс/см<sup>2</sup>, в подземном трубопроводе. При этом используются номограммы - лист 18-19.



Номограмма при  $m = const$  состоит из шкал  $P_{пр}$  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  $P_{пр}$ , 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 давления  $P$ , кгс/см<sup>2</sup> при  $P_{пр} = 0$ . При этом используются номограммы - лист 18-19.

7796/1

3.3.4. Расчет на прочность асбестоцементного трубопровода при действии внешних нагрузок на опорах. Расчет 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. Ключу 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 (супеску);
  - объемный вес грунта засыпки  $\gamma = 1800$  кгс/м<sup>3</sup>;
  - модуль деформации грунта основания  $E_0 = 70$  кгс/см<sup>2</sup>;
  - испытательное давление на водонепроницаемость  $P_{исп} = 18$  кгс/см<sup>2</sup>;
  - коэффициент условий работы  $m = 0,7$ ;
  - подвижная транспортная нагрузка Н-18.

4.2. По таблицам 2 и 5 для категории грунта Г-IV супеси принимается:

модуль деформации грунта засыпки  $E_{гр} = 25$  кгс/см<sup>2</sup>;  
коэффициент бокового давления грунта  $\lambda_H = 0,2$ .

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  $K_H = 1,3$ .

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

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

следовательно, за расчетное значение  $K_H$  принимаем  $K'_H = 1,296$ , 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

					Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	лист
Кем	лист	и	дата	Подл.	Дата	11

Тупловые проектные решения. Альбом I, ТИГ 820-02-10

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

$Q_{18}$ кгс/м	$Q_{28}$ кгс/м	$P_1 = 0,739 (Q_{18} + Q_{28})$ 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
$Q_{1r}$ кгс/м	$Q_{2r}$ кгс/м	$P_3 = 0,399 (Q_{1r} + Q_{2r})$ 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 подъемном трубопроводе  $P = 4,5 \text{ кгс/см}^2$  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 подъемном трубопроводе  $P^0 = 12,6 \text{ кгс/см}^2$  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  $P^0 = 3780 \text{ кгс/м}$  по номограмме лист 24 (решение на номограмме показано штриховой линией.)  
Условие прочности соблюдается, т.к.  $2450 < 3780$ .

7776/1

Тупловые проектные решения. Альбом I, ТИГ 820-02-10

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

# Номаграмма для определения коэффициента концентрации давления грунта $K'_H$ .

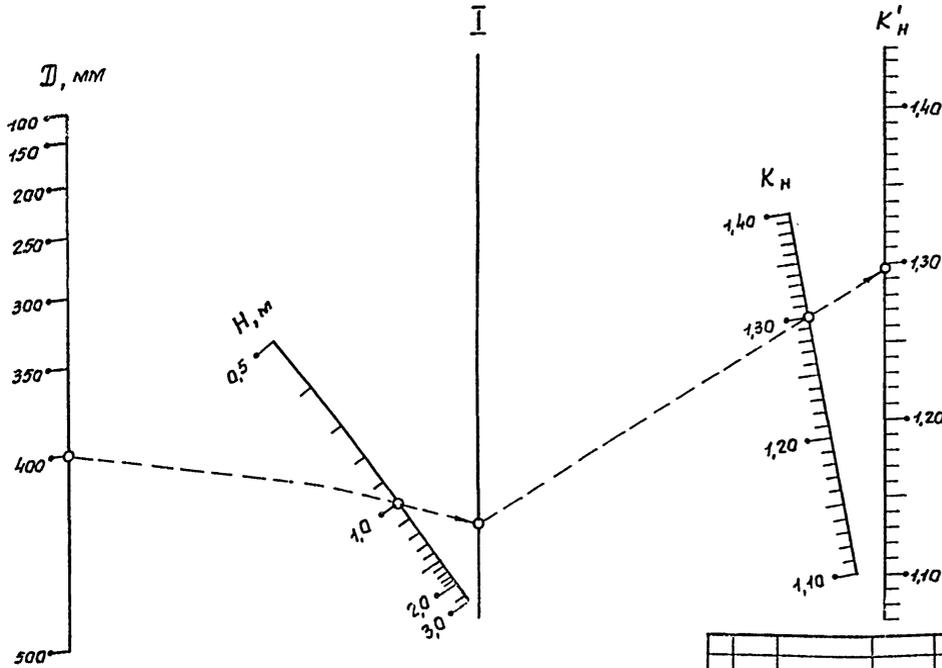
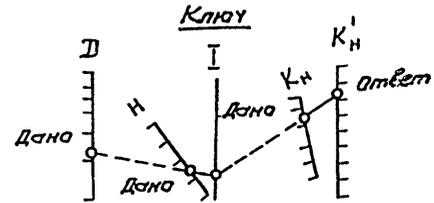
Укладка труб в траншее на ненарушенный грунт плоское основание

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

$K_H$  - коэффициент, зависящий от прочности грунтов основания, определяемый по таблице 4 пояснительной записки.

$D_H$  - наружный диаметр, мм. (табл. 1)

$H$  - глубина заложения от верха трубы, м.



Пример расчета

Дано:  $D = 400$  мм

$H = 1,0$  м.

$K_H = 1,3$

Ответ:  $K'_H = 1,296$

7776/1

Типовые проектные решения. Ялдам I. 717 820-02-1с

Исполнитель: Падьян А. В.

ИЗМ.	Лист	Имя докум.	Подп.	Дата	Номаграммы для определения коэффициента концентрации давления грунта $K'_H$	Лист
	15					15





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

$$Q_{2B} = 1,4 \mu(H) K_H D_H q(H, D_H)$$

$$Q_{2Г} = \lambda_H D_H q(H, D_H)$$

$Q_{2B}$  — вертикальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$Q_{2Г}$  — горизонтальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$K_H$  — коэффициент концентрации давления грунта.

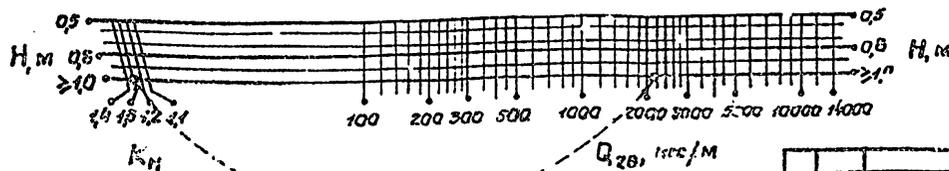
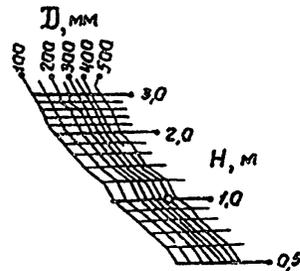
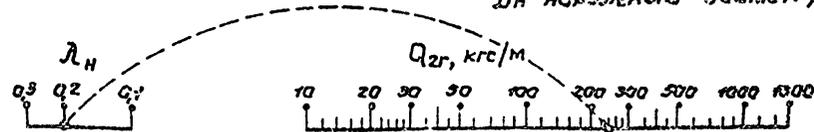
$\lambda_H$  — коэффициент бокового давления грунта (табл. 5)

$\mu(H)$  — динамический коэффициент транспортной нагрузки (табл. 9).

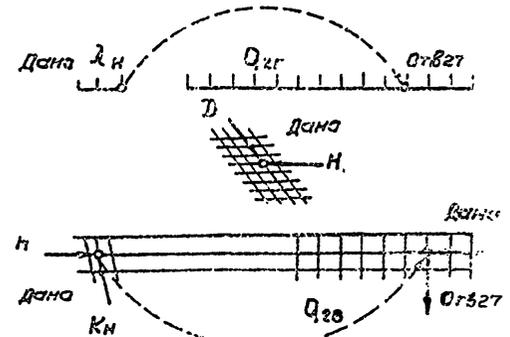
$q(H, D_H)$  — равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл. 9).

где:  $H$  — глубина заложения до верха трубы, м.

$D_H$  — наружный диаметр, мм.



Ключ.



### ПРИМЕР РАСЧЕТА

Дано:  $D = 400$  мм.

$H = 1,0$  м.

$K_H = 1,296$

$\lambda_H = 0,2$

Ответ:  $Q_{2B} = 2180$  кгс/м.

$Q_{2Г} = 240$  кгс/м.

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

$$Q_3 = 1,1 \cdot 10^{-5} \pi \gamma_T \delta \cdot (D_H - \delta)$$

$Q_3$  — масса трубы, кгс/м

$D_H$  — наружный диаметр, мм.

$\delta$  — толщина стенки трубы, мм (табл.1).

$\gamma_T$  — объемный вес материала труб (2000 кгс/м<sup>3</sup>).

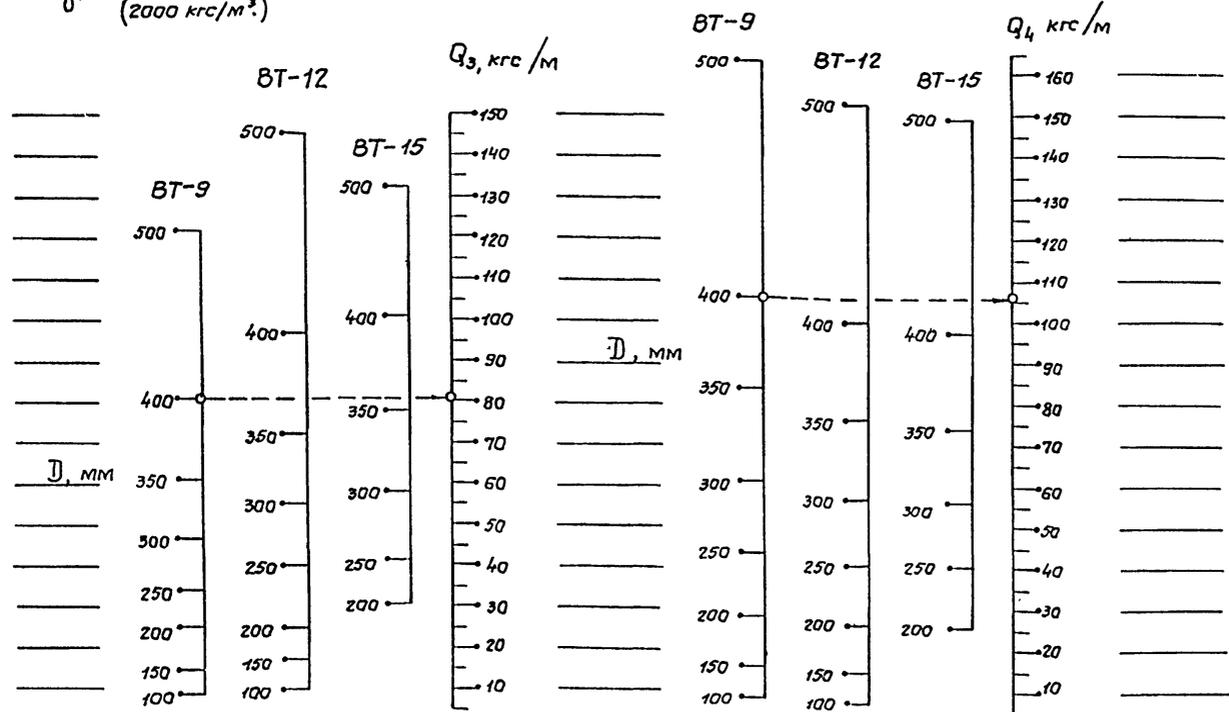
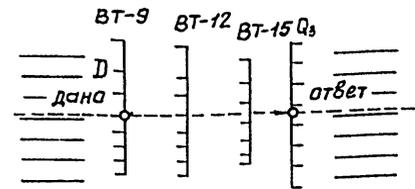
$$Q_4 = 0,25 \cdot 10^{-6} \pi \gamma_H \cdot (D_H - 2\delta)^2$$

$Q_4$  — масса наполнителя (воды), кгс/м.

$D_H$  — наружный диаметр, мм.

$\gamma_H$  — объемный вес воды (1000 кгс/м<sup>3</sup>).

Ключ



Пример расчета:

Дано: BT-9

$D = 400$  мм.

Ответ:  $Q_3 = 81$  кгс/м.

$Q_4 = 106$  кгс/м.

Номограммы для определения допустимого внутреннего давления

$$P = P^0 \left( 1 - \frac{P_{np}}{P^0} \right) \text{ в подземном трубопроводе.}$$

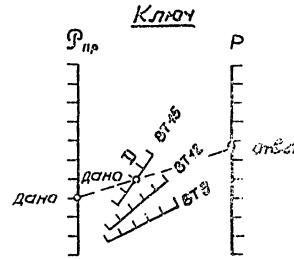
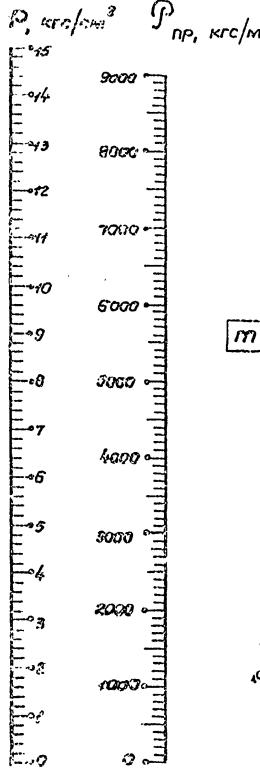
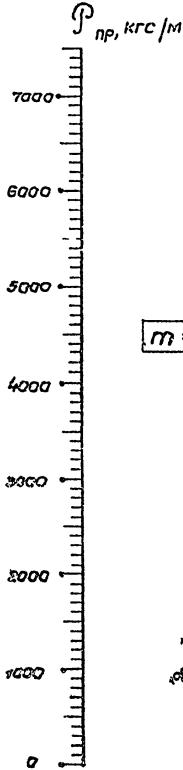
где:

$$P^0 = mP_{исп}$$

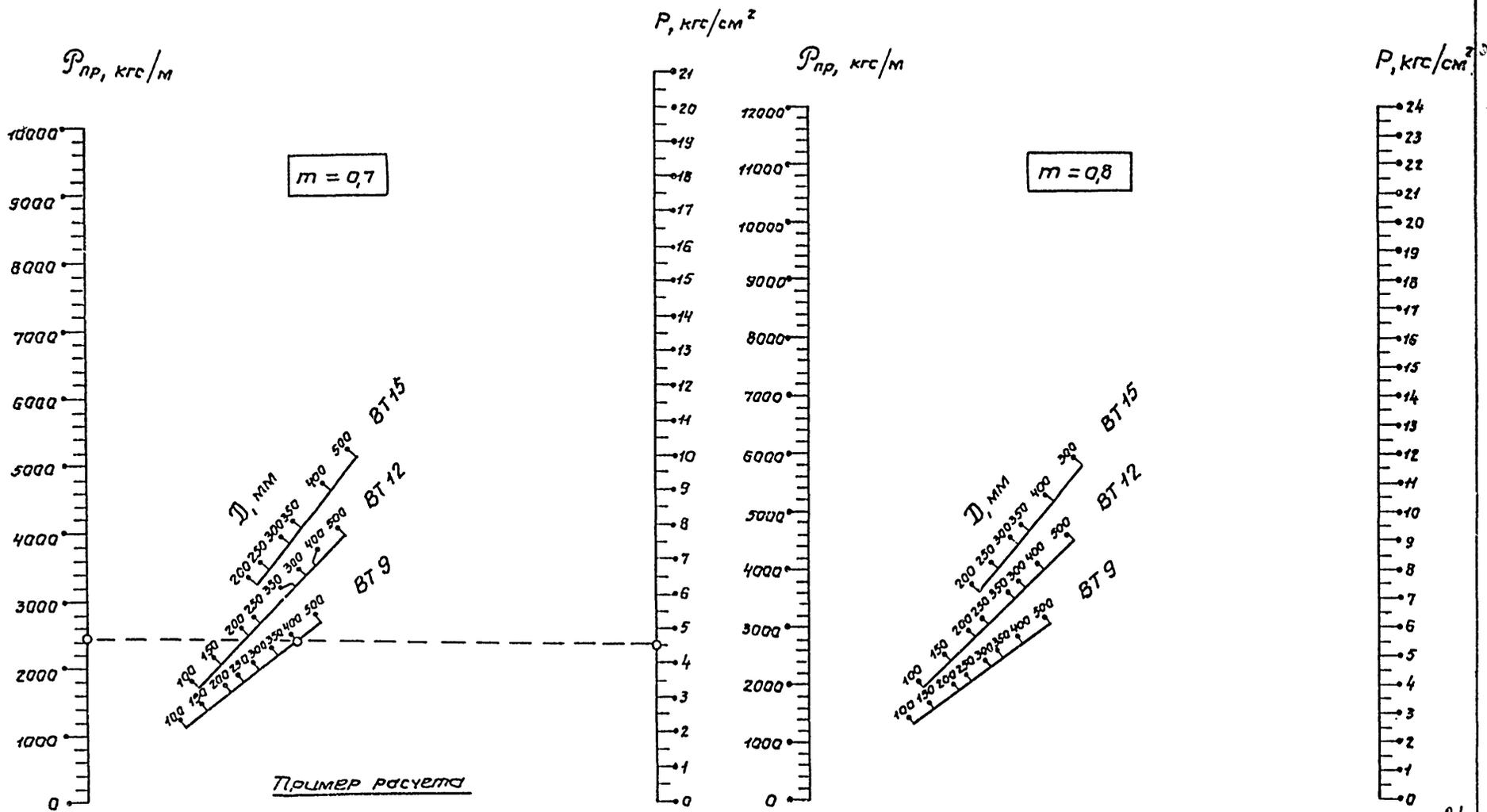
$$P^0 = 11 m P_{исп} \frac{[D_H - 2\delta(D_H)] \delta(D_H)}{D_H - \delta(D_H)}$$

- $P$  — допустимое внутреннее давление в подземном трубопроводе, кгс/см.
- $P_{np}$  — внешняя приведенная нагрузка, кгс/м
- $m$  — комплексный коэффициент условия работы трубопровода.
- $P_{исп}$  — испытательное давление, зависящее от класса труб, кгс/см<sup>2</sup>, табл. 14.
- $\delta(D_H)$  — толщина стенки трубы (мм), зависящая от класса труб, их диаметра  $D_H$  (табл. 1).

$m = 0,6$



# Номаграммы для определения допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе.



ПРИМЕР РАСЧЕТА

Дано:  $m=0,7$  ВТЗ.  $D=400$  мм.  $P_{пр} = 2450$  кгс/м.  
 Ответ:  $p = 4,5$  кгс/см<sup>2</sup>.

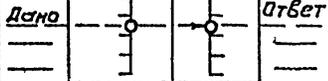
7776/1

Имя	Инициалы	Подпись	Дата	Номаграммы для определения допустимого внутреннего давления в подземном трубопроводе.	Лист 19
-----	----------	---------	------	---	---------

Типовые проектные решения. Альбом I. 717 820-02-1с

**Ключ**

шкала Н	шкала
BT	Q <sub>1B</sub>
D=const	
E=const	



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

$$Q_{1T} = 1,36 H D_H \lambda_{TP} K_{TP} (H, B)$$

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

H — глубина заложения до верха труб, м  
B = D<sub>H</sub> + 600 — ширина траншеи, мм.

D<sub>H</sub> — наружный диаметр, мм.

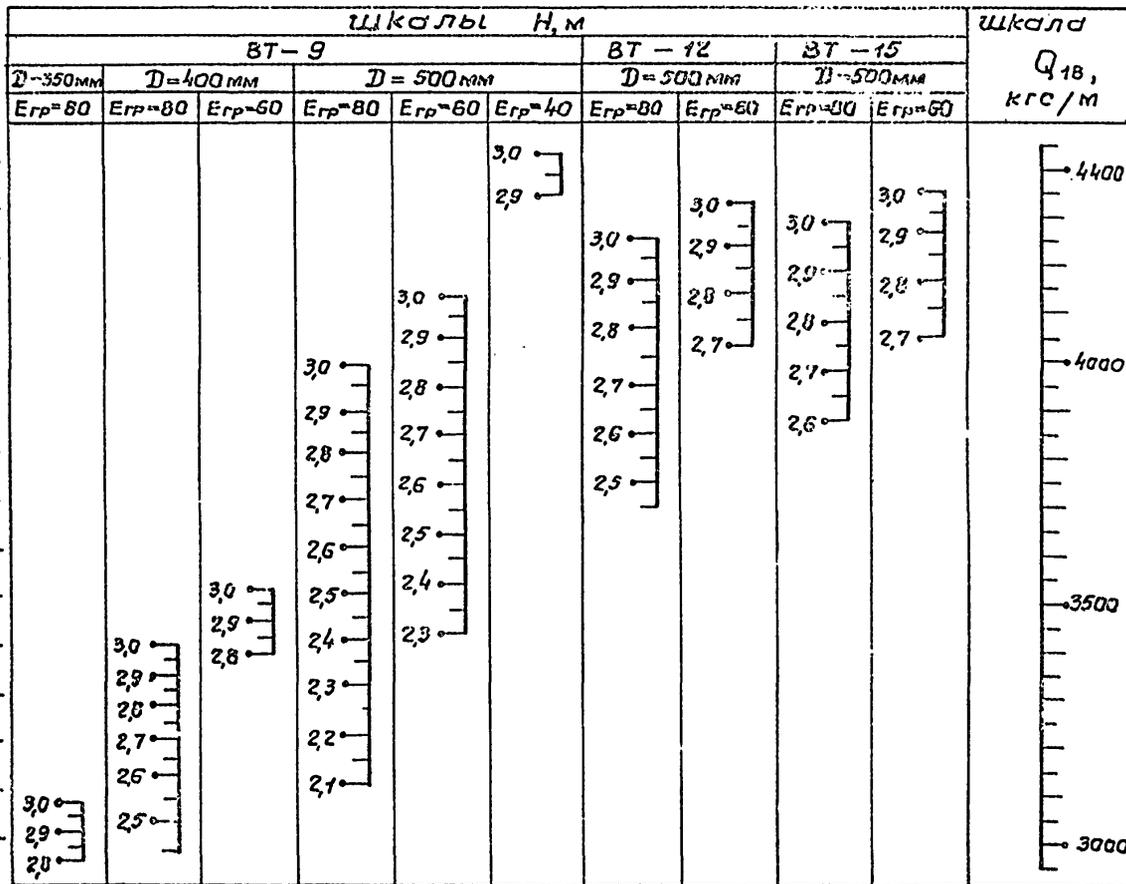
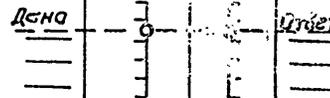
K<sub>TP</sub>(H, B) — коэффициент, зависящий от категории грунта, H и B (табл. 8.)

λ<sub>TP</sub> — коэффициент бокового давления грунта (табл. 7.)

E<sub>гр</sub> — модуль деформации грунта кгс/см<sup>2</sup> (табл. 1.)

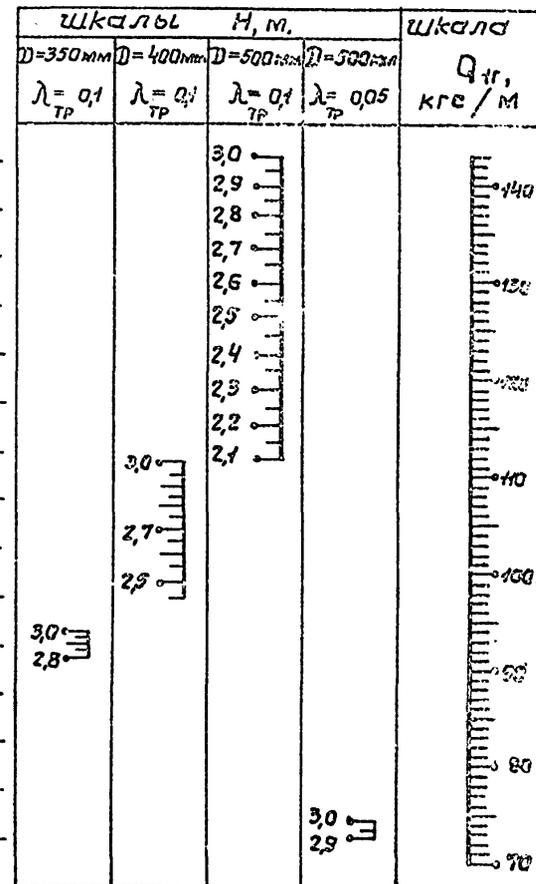
**Ключ**

шкала Н	шкала
D=const	Q <sub>1T</sub>
λ=const	



**Пример расчета**

Дано: BT-9, D=400мм, E<sub>гр</sub>=80 кгс/см<sup>2</sup>, H=2,75м. Ответ: Q<sub>1B</sub> = 3240 кгс/м.



**Пример расчета:**

Дано: D=400мм, λ<sub>TP</sub>=0,1 H=10м. Ответ: Q<sub>1T</sub> = 108 кгс/м.

Исполн. Проп. и Вып.

7776/1

Исполн.	Проп.	Вып.	Исполн.	Проп.	Вып.	Исполн.	Проп.	Вып.

Напоминание для определения нагрузки от давления грунта при укладке труб на гравийное, плитное основание (К<sub>11</sub> 1/2)

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

$$Q_{2B} = 1,4 \mu(H) K_H D_H q_r(H, D_H)$$

$$Q_{2r} = \lambda_H D_H q_r(H, D_H)$$

$Q_{2B}$  - вертикальная нагрузка от давления транспорта кгс/м.

$Q_{2r}$  - горизонтальная нагрузка от давления транспорта; кгс/м.

$K_H$  - коэффициент концентрации давления грунта.

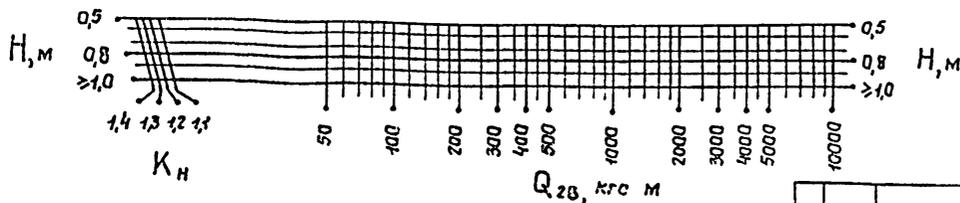
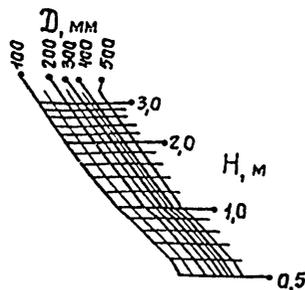
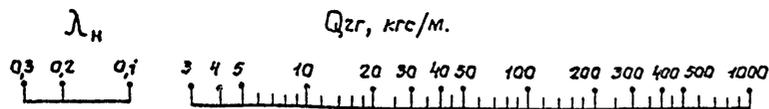
$\lambda_H$  - коэффициент бокового давления грунта (табл.5)

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

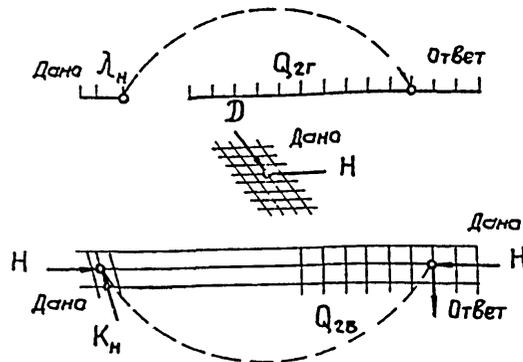
$q_r(H, D_H)$  - равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл.10.)

где:  $H$  - глубина заложения до верха трубы, м.

$D_H$  - наружный диаметр, мм.



Ключ.



Пример расчета:

Дано:  $D = 400$  мм.

$H = 1,0$  м

$K_H = 1,296$

$\lambda_H = 0,2$

Ответ:  $Q_{2B} = 1270$  кгс/м

$Q_{2r} = 140$  кгс/м.

7776/1

Исполн.	Провер.	Дата	Номограммы для определения нагрузок от давления транспорта (схема Н-10.)	Лист
---------	---------	------	--	------

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

$$Q_{2B} = 1,4 \mu(H) K_H D_H q(H, D_H)$$

$$Q_{2r} = \lambda_H D_H q(H, D_H)$$

$Q_{2B}$  — вертикальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$Q_{2r}$  — горизонтальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.

$K_H$  — коэффициент концентрации давления грунта.

$\lambda_H$  — коэффициент бокового давления грунта, табл. 5.

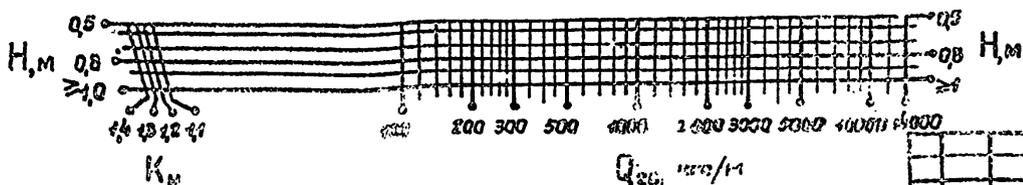
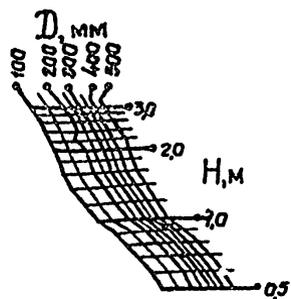
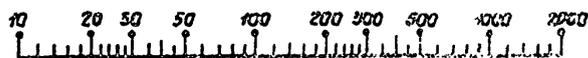
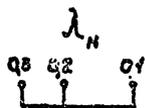
$\mu(H)$  — динамический коэффициент транспортной нагрузки (табл. 13)

$q(H, D_H)$  — равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл. 11)

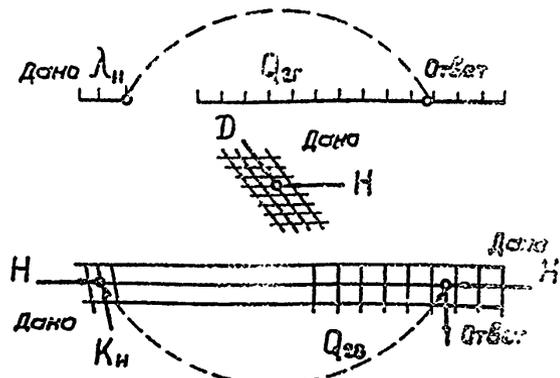
где:  $H$  — глубина заложения от верха трубы, м.

$D_H$  — наружный диаметр, мм.

$Q_{2r}$ , кгс/м



### Ключ



### Пример расчета

Дано:  $D = 400$  мм  
 $H = 10$  м  
 $K_H = 1,296$   
 $\lambda_H = 0,2$

Ответ:  $Q_{2B} = 2300$  кгс/м  
 $Q_{2r} = 260$  кгс/м

7770/1 24

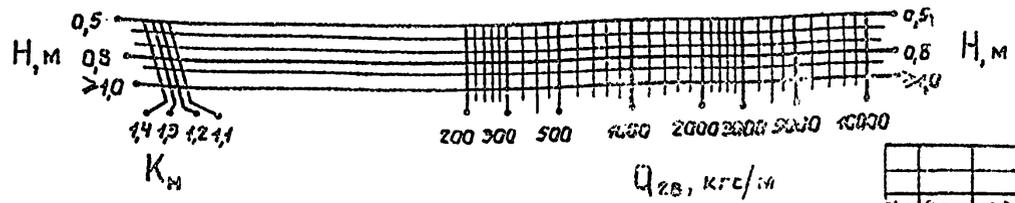
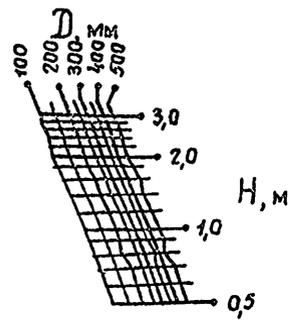
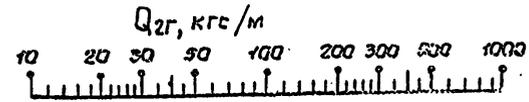
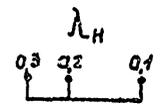
## Номограммы для определения вертикальной и горизонтальной нагрузок от давления транспорта (схема НГ-60.)

$$Q_{2B} = 1,1 \mu(H) K_H D_H q(H, D_H)$$

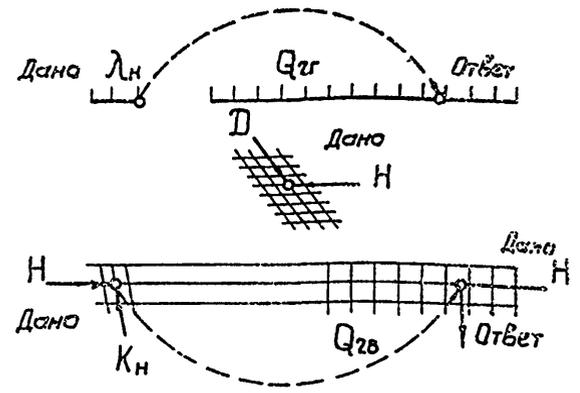
$$Q_{2Г} = \lambda_H D_H q(H, D_H)$$

$K_H$  — коэффициенту концентрации давления грунта  
 $\lambda_H$  — коэффициенту бокового давления грунта (табл. 5)  
 $\mu(H)$  — динамический коэффициент транспортной нагрузки (табл. 13)  
 $q(H, D_H)$  — равномерно распределенная нагрузка от давления транспорта (табл. 12)  
 где:  $H$  — глубина заложения со верха трубы, м  
 $D_H$  — наружный диаметр, мм.

$Q_{2B}$  — вертикальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.  
 $Q_{2Г}$  — горизонтальная нагрузка от давления транспорта, кгс/м.



### Ключ



### Пример расчета

Дано:  $D = 400$  мм.  
 $H = 1,0$  м.  
 $K_H = 1,296$   
 $\lambda_H = 0,2$   
 Ответ:  $Q_{2B} = 2180$  кгс/м  
 $Q_{2Г} = 310$  кгс/м

7776/1 25

## Номаграмма для определения допустимой внешней нагрузки при отсутствии внутреннего давления.

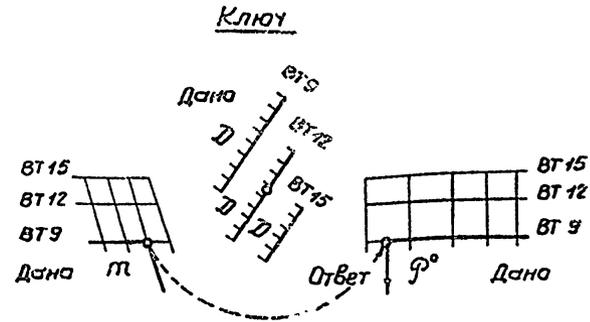
$$P^0 = 11 \pi p_{исп} \frac{[D_H - 2\delta(D_H)] \cdot \delta(D_H)}{D_H - \delta(D_H)}$$

$P^0$  — допустимая внешняя нагрузка при отсутствии внутреннего давления, кгс/м.

$p_{исп}$  — испытательное давление на водонепроницаемость, кгс/см<sup>2</sup>.

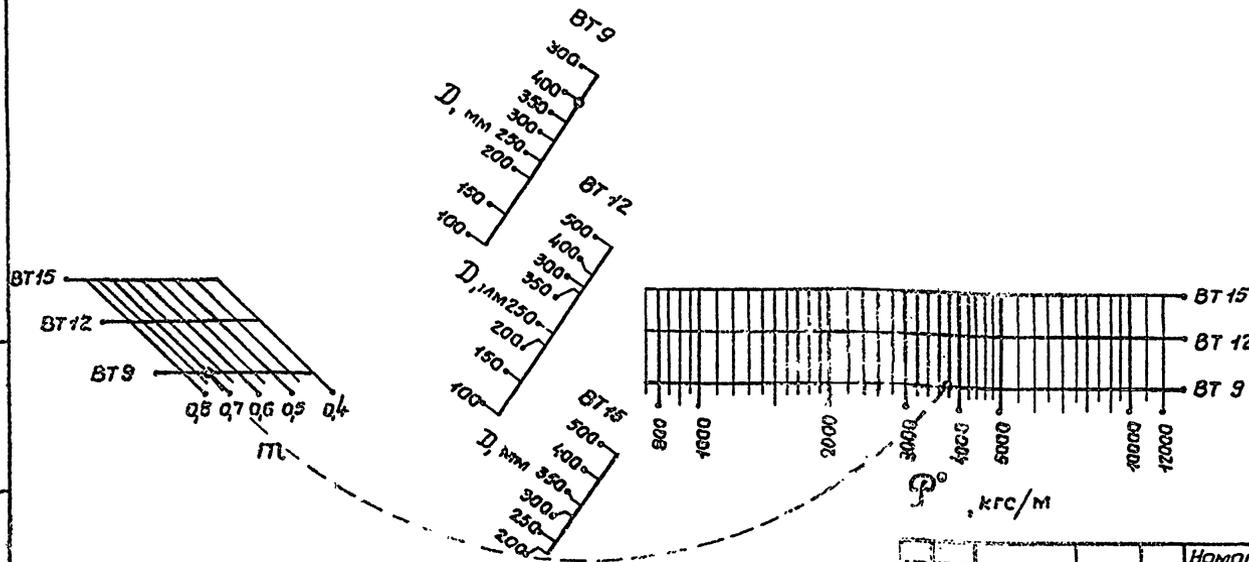
$\delta(D_H)$  — толщина стенки труб (мм), соответствующая классу труб и их диаметру  $D_H$  (табл. 1.)

$\pi$  — комплексный коэффициент условия работы трубопровода.



### Пример расчета

Дано: ВТ 9  
 $D = 400$  мм.  
 $\pi = 0,7$   
 Ответ:  $P^0 = 3780$  кгс/м



**Методика построения номограмм.**

Для инженеров-проектировщиков и сотрудников вычислительных центров Гипростроизов 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 вводят 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

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

перелисываем в виде

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

и полагаем

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

Тогда уравнение (2) запишется так:

$$I \cdot (K_H - 1) + \left( \frac{K_H^1}{1,04} + 0,04 \right) - K_H = 0 \quad (4)$$

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

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

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

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

Сравнив 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]

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

Сравнив уравнение (4) с формой (7) имеем

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

Уравнения элементов составной номограммы из выравненных точек записываются так:

$$\begin{aligned} \text{шкала } D : \quad X=0; \quad Y=5 \cdot 10^{-4} (-D_H^2 - 27,88 \cdot 10^4) \\ \text{шкала } I : \quad X=100; \quad Y=500 I \end{aligned} \quad (8)$$

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 27

Изм. лист. Подл. и дата.

Изм. лист	подк. ум.	подл.	дата	Номограммы для расчета осециментных трубопроводов на прочность.	Лист 25
-----------	-----------	-------	------	---	---------

Таблица 16.

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

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

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

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

$122 \leq D_H \leq 528 \text{ мм}$ ,  $0,5 \leq H \leq 3 \text{ м}$ ;  
 $1,1 \leq K_H \leq 1,4$ ;  $1,07 \leq K_H' \leq 1,43$ .

Конструирование номограммы - лист 14.

Уравнение:

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

представим циркулярной номограммой [1, стр. 115-116].

После логарифмирования записываем это уравнение так:

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

Каноническая форма циркулярной номограммы имеет вид

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

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

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

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

В табл. 16 приведены уравнения элементов номограммы.

Координаты.	поле (H, D <sub>H</sub> )	поле (H, K <sub>H</sub> )
X	$-100 \cdot \lg(H, D_H) + 150$	$100 \cdot \lg(10^{-3} K_H)$
Y	$50 \cdot \lg H$	$50 \lg H$
Координаты	шкала $\gamma_{гр}$	шкала Q <sub>18</sub>
	$100 \cdot \lg(1,2 \cdot \gamma)$	$100 \lg Q_{18} + 150$

По уравнениям табл. 16 построена номограмма лист 14.

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

$122 \leq D_H \leq 528 \text{ мм}$ ;  $1 \leq K_H \leq 1,4$ ;

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

Конструирование номограммы - лист 15.

Уравнение

$Q_{1r} = 0,8 \cdot 10^{-3} \gamma \left( H + \frac{5 \cdot 10^{-4} D_H^2}{2} \right) D_H \cdot \lambda_H$  (12)

логарифмируем и записываем в виде

$-\lg(H D_H + \frac{5 \cdot 10^{-4} D_H^2}{2}) - \lg(0,8 \cdot \gamma) = \lg(10^{-3} K_H) - \lg Q_{1r}$  (13)

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

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

Здесь:

$f_{12} = -\lg(H D_H + \frac{D_H^2}{2})$ ;  $f_{13} = \lg(10^{-3} \lambda_H)$ ;

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

Уравнения элементов номограммы приведены в табл. 17.

7:75/1

				Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	лист 28
Исполн.	Масштаб	Дата			



Тыловые проектные решения. Альбом I. ПП 820-02-1с

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

$$\lg [q(H, D_H) \cdot D_H] = -\lg [1,4 \mu(H) \cdot K_H] + \lg Q_{2B} \quad (22)$$

$$\lg [q(H, D_H) \cdot D_H] = -\lg \lambda + \lg Q_{2r} \quad (23)$$

Канонические формы для полученных уравнений имеют соответственно вид

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

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

Сравнивая уравнение (22) с формой (24) имеем

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

$$f_5 = \lg Q_{2B}.$$

Сравнивая уравнение (23) с формой (25) имеем

$$f_{12} = \lg [q(H, D_H) \cdot D_H]; \quad f_3 = -\lg \lambda; \quad f_4 = \lg Q_{2r}$$

Уравнения элементов номограмм приведены соответственно в табл. 18.

Таблица 18.

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

7796/1

Таблица 19.

Координаты	Поле центров $(H, D_H)$	Шкала засечек $\lambda_H$	Шкала засечек $Q_{2r}$
X	$25 \lg [q(H, D_H) \cdot D_H]$	$-50 \lg \lambda_H - 20$	$50 \lg Q_{2r} + 20$
Y	$50 \lg H$	56	56

Здесь функции  $\mu(H)$  и  $q(H, D_H)$  заданы табл. 9-19 (см. пояснительную записку). Пределы изменения параметров следующие:  $0,5 \leq H \leq 3$  м;  $0,122 \leq D_H \leq 0,528$  м;  $50 \leq Q_{1B} \leq 14000$  кгс/м;  $0,1 \leq \lambda_H \leq 0,5$ ;  $3 \leq Q_{2r} \leq 2000$  кгс/м.

В виду того, что уравнения полей центров  $(H, D_H)$  в табл. 18 и 19 в обеих номограммах одинаковые, объединяем обе номограммы в одну. В результате получаем номограмму с полем центров  $(H, D_H)$ , полями засечек  $(H, K_H)$  и  $(H, Q_{2B})$  - для уравнения (20) и с тем же полем центров  $(H, D_H)$  и шкалами засечек  $\lambda_H$  и  $Q_{2r}$  для уравнения (21). В поле центров  $(H, D_H)$  номограммы метки линий  $D_H$  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

$$Q_3 = 0,636 \delta \cdot (D_H - \delta) \quad (26)$$

и

$$Q_4 = 0,0785 (D_H - \delta)^2 \quad (27)$$

Шифр полей, подп. и дата

Исполн.	Провер.	Дата	Лист	Номер
				28

Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.

Титульные проектные решения. Альбом I. 711 820-02-1С

Инв. листы Табл. и Вспом.

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

Конструирование номограммы — листы 18, 19  
Рассмотрим уравнение

$$p = p^0 \left(1 - \frac{P_{np}}{P^0}\right); \quad (28)$$

где

$$p^0 = m P_{исп}, \quad (29)$$

$$P^0 = 11 m P_{исп} \frac{(D_H - 2\delta)\delta}{(D_H - \delta)} \quad (30)$$

Здесь  $P_{исп}$  является функцией класса труб (табл. 14.) значения  $D_H$  и  $\delta$  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:

$$p^0 = f(Kл) \quad \text{и} \quad P^0 = g(Kл, D)$$

Тогда уравнение 28 перепишем в виде:

$$p = p^0(Kл) \cdot \left[1 - \frac{P_{np}}{P^0(Kл, D)}\right] \quad (31)$$

или

$$P_{np} \frac{p^0(Kл)}{P^0(Kл, D)} + p - p^0(Kл) = 0 \quad (32)$$

Представим уравнение (32) номограммой из выравненных точек с двумя параллельными шкалами  $P_{np}$  и  $p$  и тремя шкалами  $D$  для трех классов труб (ВТ9, ВТ12

и ВТ15). Каноническая форма номограммы из выравненных точек имеет вид [1, стр. 124-125]

$$f_1 \cdot f_{34} + f_2 q_{34} + h_{34} = 0 \quad (33)$$

Сравнивая уравнение (32) с формой (33) получим

$$f_1 = P_{np}; \quad f_{34} = \frac{p^0(Kл)}{P^0(Kл, D)};$$

$$f_2 = p; \quad q_{34} = 1; \quad h_{34} = -p^0(Kл)$$

Уравнения элементов номограмм:

шкала  $P_{np}$  :

$$x = 0; \quad y = \bar{m} (P_{np} - a);$$

шкала  $p$  :

$$x = 180; \quad y = n \cdot p;$$

шкалы  $D$  :

$$x = \frac{\bar{m} \cdot 180}{n \frac{p^0(Kл)}{P^0(Kл, D)} + \bar{m}};$$

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

Здесь  $\bar{m}$  и  $n$  — модули шкал  $P_{np}$  и  $p$ ,  $a$  — параметр, определяющий положение шкалы  $P_{np}$  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  $0,8$

7746/1 31

					Номограммы для расчета асбестоцементных трубопроводов на прочность.	лист
Инв. лист	номер	подл.	дата			29

Конструирование номограмм - лист 24

в уравнении

$$P^0 = 11 \pi r_{исп} \frac{(D_H - 2\delta)\delta}{D_H - \delta} \quad (34)$$

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

$$\lg \left[ \frac{(D_H - 2\delta)\delta}{D_H - \delta} \right] = -\lg(11 \pi r_{исп}) + \lg P^0 \quad (35)$$

Каноническая форма для этого уравнения имеет вид:

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

Сравнивая уравнение 35 с формой 36, имеем

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

$$f_3 = \lg P^0$$

$$f_{12} = -\lg(11 \pi r_{исп})$$

Уравнения элементов номограммы приведены в табл. 20

Таблица 20.

Координаты	Шкала центров $D_H$	Пале засечек $(m, r_{исп})$	Пале засечек $(m, P^0)$
X	$50 \cdot \lg \left[ \frac{(D_H - 2\delta)\delta}{D_H - \delta} \right]$ для BT-9	$-100 \lg(11 \pi r_{исп}) + 200$	$\lg P^0 - 200$
Y	$14 \cdot 50 \lg \left[ \frac{(D_H - 2\delta)\delta}{D_H - \delta} \right] - 927$ для BT12	$100 \lg r_{исп}$	$100 \lg r_{исп}$
	$148 \cdot 50 \lg \left[ \frac{(D_H - 2\delta)\delta}{D_H - \delta} \right] - 506$ для BT15		
	$144 \cdot 50 \lg \left[ \frac{(D_H - 2\delta)\delta}{D_H - \delta} \right] - 1078$		

Номограмма построена в следующих пределах изменения переменных:  $0,4 \leq m \leq 0,8$ ;  $18 \leq r_{исп} \leq 30 \text{ кгс/см}^2$ ;  $750 \leq P^0 \leq 12000 \text{ кгс м}$ ; значения  $D_H$  и  $\delta$  для различных классов труб приняты по табл. 1. На номограмме пометки линий  $r_{исп} = 18, 24, 30 \text{ кгс см}^2$  обозначены соответственно классам труб BT9, BT12 и BT15.

Литература

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

7776/1

32

Изд. лист	Изд. №	Подп. дата	Номограммы для расчета оседаемости песка в трубах на прочность.	лист 30
-----------	--------	------------	--	------------

Типовые проектные решения. Альбом 1. ПП 820-02-1с

Изд. лист

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

<sup>116</sup>  
Заказ № 1365 инв. № 7 776/1 тираж 200  
Сдано в печать 2 III 1981 г. цена 1-219