ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА Г. МОСКВЫ
ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ МОСИНЖКПРОЕКТ

СК 2110-88

КОНСТРУКЦИЯ УПОРОВ ДЛЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ, АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ, ЧУГУННЫХ И СТАЛЬНЫХ ТРУБ

ЧАСТЬ I

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА САМОХВАЛОВ Ю.М.
НАЧАЛЬНИК ОНСК КОЗЕЕВА Н.К.

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ УКАЗАНИЕМ
ПО ИНСТИТУТУ «МОСИНЖКПРОЕКТ»
№ ОТ

МОСКВА 1988 Г. ЗАКАЗ № 88-6704

gost.e-ecolog.ru

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

В настоящем альбоме представлены материалы для проектирования упоров на подземных напорных трубопроводах водоснабжения и канализации из труб с разъемными (раструбными, муфтовыми и т.п.) стыковыми соединениями.

В альбоме приведены чертежи упоров, их размеры и основные показатели, таблицы и графики, необходимые для выбора размеров упоров, а также таблицы-заготовки для привязки упоров в конкретных проектах.

С введением в действие настоящего альбома аннулируются материалы выпуска 2 альбома № I3 (Детали и конструкции водопроводных сетей. Мосинжпроект, I972 г.) в части конструкций упоров, а также альбом ПС-I95 (Конструкции упоров для подземных напорных трубопроводов из железобетонных напорных труб. Мосинжпроект, I984 г.).

2. ТИПЫ УПОРОВ И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

2.I. В настоящем альбоме разработаны конструкции упоров для подземных напорных трубопроводов диаметром I00 - I600 мм, сооружаемых с применением железобетонных, чугунных, асбестоцементных, а также стальных при поворотах $\alpha \leq 30^\circ$ в вертикальной плоскости выпуклостью вверх (якоря) и упоров вертикальных стояков $Д_у \leq 1000$ мм. На трубопроводах из раструбных труб или соединяемых муфтами с рабочим давлением до I МПа (I0 кгс/см^2) при углах поворота до I0° упоры допускается не предусматривать.

2.2. Разработаны конструкции упоров, устанавливаемых на поворотах трассы трубопроводов, в плане - горизонтальные упоры и в профиле - вертикальные. Вертикальные упоры разработаны трех типов:

- нижние - для поворотов выпуклостью вниз, при нижнем горизонтальном участке трубопровода;
- верхние (якоря) - для поворотов выпуклостью вверх при верхнем участке трубопровода.
- вертикальных стояков при перепаде трубопроводов по высоте заложения.

			СК2110-88-0.000 ПЗ			
Нач.отд.	Козеева		Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Гл.спец.	Афонин			Р	I	
				Мосинжпроект		

Подпись и дата | Взам.инв.

2.3. Предусмотрены конструкции упоров для поворотов трассы трубопроводов в плане и профиле под углами I5°- 90° диаметром I00 - I600 мм с радиусом гнутья трубы, равным для труб $Д_у < 500$ мм - $R_{гн.} = I,5\ Д_у$ и $Д_у \geq 500$ мм - $R_{гн.} = Д_у$, при испытательном давлении в трубопроводах 0,6; I,2; I,5 и I,8 МПа (6,0; I2,0; I5,0 и I8,0 кгс/см^2), при глубинах заложения верха труб от поверхности земли от I,0 до 5,0 м в песчаных и глинистых грунтах, физико-механические характеристики которых даны в таблице I. Для трубопроводов Ду=I00-700мм при высоте перепада $H_1 \leq 3,0$м и Ду=800-I000мм при $H_1 \leq 5,0$м предусмотрены упоры вертикальных стояков.

Таблица I

Наименование грунтов	Расчетное сопротивление грунта R_0, кгс/см^2	Удельное сцепление C, кгс/см^2	Коэффициент трения о бетон f	Угол внутреннего трения φ, град.	Модуль деформации $E_г$, кгс/см^2
Пески пылеватые насыщенные средней плотности. Пески насыпные слежавшиеся пылеватые влажные. Пески насыщенные средней плотности.			0,4	23	50
Суглинки и глины текучие с коэффициентом пористости не более e=0,8. Суглинки и глины текучепластичные с коэффициентом пористости e=0,6 ÷ 0,8. Супеси текучие. Глинистые грунты насыпные	I,0	0	0,2	I0	40
Пески пылеватые влажные средней плотности. Пески насыпные слежавшиеся влажные крупные, средние, мелкие и пылеватые.	I,5	0	0,4	25	I00
Супеси пластичные с коэффициентом пористости e≤0,7. Суглинки и глины текучепластичные с коэффициентом пористости e = 0,6. Глинистые грунты насыпные маловлажные, влажные			0,25	I2	80
Пески мелкие влажные средней плотности. Пески пылеватые маловлажные средней плотности, влажные плотные. Пески насыпные слежавшиеся пылеватые маловлажные, крупные, средние	2,0	0	0,4	26	I50

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

Продолжение табл. I

Наименование грунтов	Расчетное сопротивление грунта R_0, кгс/см^2	Удельное сцепление С, кгс/см^2	Коэффициент трения о бетон f	Угол внутреннего трения φ, град.	Модуль деформации E_0, кгс/см^2
Супеси твердые и пластичные с коэффициентом пористости не более $e \leqslant 0,7$. Суглинки, глины: твердые с коэффициентом пористости $e \geqslant 0,8$; тугопластичные, мягкопластичные с $e=0,6 \div 0,8$; текучепластичные с коэффициентом пористости "е" до 0,6	2,0	0	0,25	I5	I00
Пески маловлажные пылеватые плотные. Пески мелкие маловлажные средней плотности. Пески мелкие влажные плотные. Пески насыпные слежавшиеся крупные, средние и мелкие маловлажные	3,0	0	0,4	27	200
Галечниковые и гравелистые грунты с глинистым наполнителем твердые, полутвердые, тугопластичные и мягкопластичные. Глины и суглинки тугопластичные и мягкопластичные с коэф. пористости $e < 0,6$. Супеси твердые	5,0	0,05	0,3	I6	200
Грунты гравелистые и галечниковые с песчаным заполнителем. Пески крупные плотные и средней плотности. Пески средней крупности плотные	5,0	0	0,5	36	300
Глины и суглинки твердые и полутвердые с коэффициентом пористости $e < 0,6$	5,0	0,35	0,35	I8	250

2.4. Упоры разработаны для сухих и осушенных грунтов при расчетном уровне подземных вод ниже подошвы упора не менее, чем на I м с характеристиками, приведенными в таблице I.

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

Для трубопроводов, прокладываемых в водонасыщенных песчаных и текучепластичных глинистых грунтах без осушения территорий, величины высот горизонтальных и вертикальных нижних упоров, предусмотренные в настоящем альбоме, увеличиваются на I0% при уровне подземных вод выше указанного уровня и ниже горизонтальной оси трубопровода и на 25% – при уровне подземных вод выше горизонтальной оси трубопровода с соответствующим увеличением расхода бетона на устройство упора. Применение вертикальных упоров выпуклостью вверх (якорей) в водонасыщенных грунтах не рекомендуется. В противном случае размеры упора должны быть увеличены для компенсации выталкивающего действия подземных вод.

Для вертикальных упоров выпуклостью вниз (нижних), располагаемых в грунтах с $R_0 < 2$ кгс/см^2 для $A_y \leqslant 900$ мм с $\lambda \leqslant 90°$, $A_y > 900$ мм с $\lambda \leqslant 15°$; $R_0 < 3$ кгс/см^2 с $\lambda > 90°$ с $\lambda > 15°$ должно производиться упрочнение грунтов основания путем втрамбовки щебня на глубину не менее 20 см или устройство бетонного основания.

2.5. При наличии „плеч" стальных труб, примыкающих к поворотам с обеих сторон, значительной длины возможно уменьшение размеров горизонтальных упоров или вообще отказ от их применения. Длины „плеч" стальных участков, при которых не требуется устройство упоров, приведены в таблице 2. Указания по этому вопросу приведены в разделе 5 настоящей пояснительной записки.

2.6. При укладке трубопроводов в скальных грунтах, а также в твердых прочных и очень прочных глинистых грунтах с расчетным сопротивлением $R \geqslant 0,5$ МПа (5 кгс/см^2) при условии исключения возможности замачивания последних допускается не устраивать горизонтальные и вертикальные нижние упоры.

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

3. КОНСТРУКЦИИ УПОРОВ

3.I. Основной несущей частью предусмотренных альбомом упоров, передающей усилие от внутреннего давления в трубопроводе на грунт, является массивный блок из монолитного или сборного бетона класса В7,5 – В15 по прочности и F50 по морозостойкости.

Для поворотов в вертикальной плоскости выпуклостью вверх отрыву трубопровода от основания препятствует вес самого упора и вес грунта, лежащего на нем. Связь трубопровода с упором в этом случае осуществляется за счет заделки в него анкеров из арматурной стали с последующим закреплением на них хомутов для крепления фасонных частей трубопровода. Все элементы хомутов должны иметь антикоррозийное покрытие согласно СНиП 2.03.II-85 п. 5.26.

3.2. Между упором и фасонной частью трубопровода до или после монтажа выполняется опорная подушка из бетона класса В7,5 по прочности и F50 по морозостойкости.

В горизонтальных упорах между упором и бетонной подушкой устраивается деформационный шов из двух слоев рубероида или толя.

3.3. При применении для устройства упоров сборных конструкций зазор между опорной поверхностью упора и грунтом заполняется бетоном класса В7,5 по прочности или раствором марки I00.

3.4. В трубопроводах диаметром 800 мм и более, в ближайших к углу поворота не менее 5-6 стыках, торцевые зазоры между трубами должны быть заделаны изнутри цементным раствором.

4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ

4.I. При производстве работ по устройству упоров следует соблюдать требования, изложенные в СНиП 03.05.84 и Пособии "Монтаж и укладка чугунных, железобетонных и асбестоцементных трубопроводов водоснабжения и канализации" (Госстрой СССР I985 г.).

4.2. При сооружении упоров с применением сборных элементов зазоры между последними и опорной стенкой котлована заполняются бетоном класса В7,5 по прочности и F50 по морозостойкости или раствором марки I00 с тщательным уплотнением.

4.3. Бетонирование монолитных упоров должно производиться без устройства опалубки вдоль опорной стенки котлована. Если в котловане устроено крепление, то оно разбирается постепенно по мере возведения упора. Крепления, находящиеся ниже уровня подземных вод, не разбираются, а оставляются заделанными в упор.

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

При уровне подземных вод выше отметки основания бетонирование должно производиться с водоотливом. При этом должны приниматься меры против выноса грунта из под основания упора.

4.4. Вертикальные стенки горизонтальных упоров, обращенные к фасонным частям, должны иметь строго вертикальную выравненную поверхность. Между упором и подушкой устраивается деформационный шов путем прокладки двух слоев рубероида или толя.

4.5. Установку сборных элементов упоров допускается производить до укладки труб и фасонных частей. Бетонирование монолитных упоров и устройство опорных подушек должно выполняться только после укладки трубопроводов и монтажа фасонных частей.

4.6. Проведение гидравлических испытаний трубопровода допускается после достижения бетоном упоров и опорных подушек прочности, не менее проектной, засыпки грунтом вертикальных упоров (якорей и вертикальных стояков) и плеч стальных труб, примыкающих к поворотам с обеих сторон, при учете защемления стальных участков трубопроводов при определении размеров упоров. Засыпка упора и примыкающих к нему участков стальных труб должна производиться слоями I5–20 см с увлажнением по оптимальной влажности и тщательным уплотнением. Степень уплотнения грунта должна обеспечивать достижение удельного веса скелета уплотненного грунта I,5 т/м^3 – для песчаных грунтов и супесей и I,6 т/м^3 – для суглинков и глин.

4.7. В тех случаях, когда упоры не устраиваются, пазухи между фасонной частью и стенкой траншеи из ненарушенного грунта засыпаются песчаным грунтом с уплотнением до $K \geqslant 0,97$ или заполняются тощим бетоном.

4.8. Величины давлений в трубопроводах при предварительных и окончательных испытаниях не должны превышать величин, предусмотренных проектом, из условия обеспечения сохранности упоров.

5. УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

5.I. Выбор конструкции упора производится в следующем порядке:

– по таблицам, приведенным в альбоме, для заданного диаметра трубопровода, по величине испытательного давления Р, глубине заложения над верхом труб и углом поворота трассы α определяются размеры упоров и расход материалов на их устройство в зависимости от характеристик грунтов (табл. I), в которых осуществляется строительство;

– если для устройства поворота трассы в плане используются стальные фасонные части с приваренными к ним "плечами" стальных труб, то размеры упора подбираются с учетом защемления стальных "плеч" в в грунте.

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

Для этого по номограммам 2 и 3, приведенным на лист.18,19 док.-0.000 ПЗ в зависимости от вида грунта (песчаный, глинистый) находим $R_т$ (силу защемления на I пог.м "плеча"), затем по номограмме I (лист17 док.-0.000 ПЗ) определяем величину усилия, передаваемого на упор R ; фактическое значение усилия, передаваемого на упор, будет равно $R_у = R - R_т \cdot \ell$, где ℓ – длина "плеча " стальных труб; по величине $R_у$ для того же диаметра труб и угла поворота трассы находим величину условного испытательного давления, по которой находим требуемую конструкцию упора. Примеры подбора конструкций упоров даны в разделе 6 настоящей пояснительной записки.

5.2. При прокладке упоров в водонасыщенных песчаных грунтах и текучепластичных глинистых грунтах размеры упоров должны быть увеличены в соответствии с указаниями п. 2.4 настоящей пояснительной записки.

5.3. В конкретный проект трубопровода должны быть включены сборочные чертежи применяемых на трубопроводе упоров и таблицы с вписанными в них размерами и показателями расхода материалов упоров. Для упоров на трубопроводах диаметром 800 мм и более под таблицами должны быть даны указания о необходимости заделки изнутри торцевых зазоров стыковых соединениях труб цементным раствором (см. сводные табл.

5.4. При многорядном расположении трубопроводов размеры упора назначаются из условия восприятия суммарных усилий от максимального испытательного давления в одной нитке и рабочего давления – в остальных. Расчет и чертежи таких упоров выполняются индивидуально для каждого случая. На чертежах обязательно должно быть дано примечание о том, что допускается испытание только одной нитки. Расчет таких упоров должен производиться в соответствии с расчетными положениями, приведенными в разделе 7 настоящей пояснительной записки.

5.5. В случае изменения размеров упоров по сравнению с приведенными в настоящем альбоме необходимо произвести контрольные расчеты их в соответствии с расчетными положениями , приведенными в разделе 7 настоящей пояснительной записки.

5.6. Расчет и конструирование упоров с использованием грунтовых анкеров, "стены в грунте", секущихся свай и т.п. должны выполняться индивидуально с учетом характерных особенностей применяемых способов их устройства.

5.7. При наличии "стальных плеч", примыкающих к поворотам с обеих сторон и имеющие длины приведенных в табл. 2, устройство горизонтального упора не требуется.

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

6. ПРИМЕРЫ ПОДБОРА УПОРОВ

6.I. Пример I

Подобрать упор для горизонтального поворота с углом $\alpha = 45^0$ чугунного трубопровода диаметром условного прохода $Д_у$ = 600 мм с испытательным давлением P = I,I МПа (II кгс/см^2); грунт – песок маловлажный с расчетным сопротивлением грунта R_0 = 2кгс/см^2. Глубина заложения над верхом трубопровода $H_з$ = I,8 м.

Решение.

По заданным параметрам и в соответствии с док.-0.038 лист 22 для испытательного давления P = I,2 МПа (I2 кгс/см^2) и $H_з$ = I,5 м принимаем горизонтальный упор размерами A = 50 см; B = I55 см; H = 205 см; a = 92 см.

Расход материалов и объем работ на данный упор:
плита упора из бетона класса В7,5 – I,50 м^3,
подушка из бетона класса В7,5 – 0,I8 м^3,
гидроизоляционная прокладка – 0,7I м^2,
подготовка из щебня – 0,04 м^3.

6.2. Пример 2

Подобрать упор для горизонтального поворота с углом $\alpha = 90^0$ железобетонного трубопровода диаметром условного прохода $Д_у$ = I000 мм с испытательным давлением 0,9 МПа (9 кгс/см^2); грунт – водонасыщенный песчаный с расчетным сопротивлением грунта R_0 = I,5 кгс/см^2. Глубина заложения над верхом трубопровода $H_з$ = 2,3 м при уровне подземных вод ниже горизонтальной оси трубопровода и выше отметки подошвы упора.

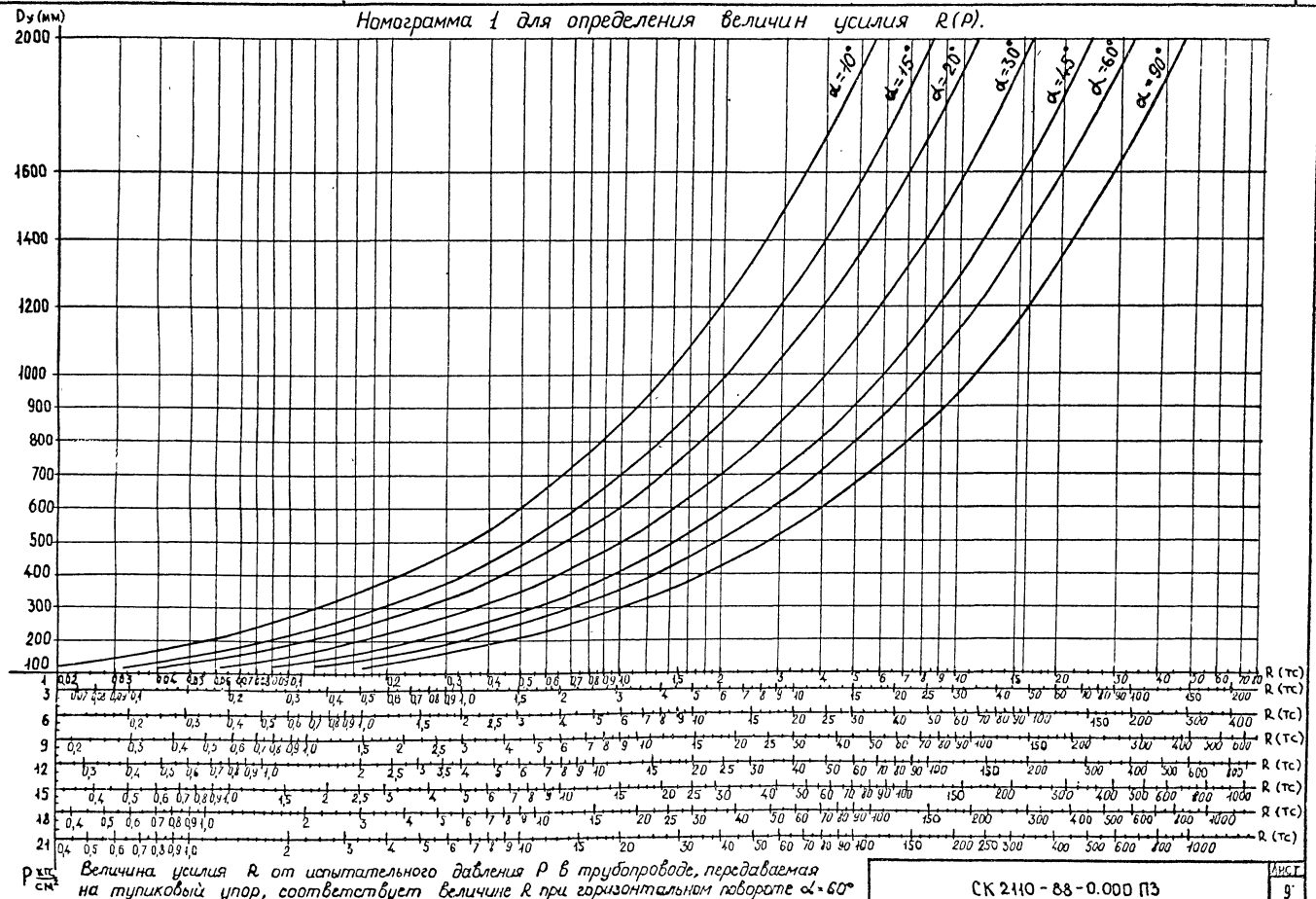
Решение.

По заданным параметрам и в соответствии с док.-0.055 лист I для испытательного давления P = I,2 МПа (I2 кгс/см^2) и $H_з$ = 2,0 м принимаем для сухих грунтов горизонтальный упор размерами A = I02 см; B = 405 см; H = 232 см. Для водонасыщенных грунтов высоту упора следует увеличить на I0%, т.е. принять размеры упора следующие: A_I = I02 см; B_I = 405 см; H_I = 255 см; a^I = 342 см.

Расход материалов и объем работ на данный упор:
плита упора из бетона класса В15 – 9,9 м^3,
подушка из бетона класса В7,5 – I,55 м^3,
гидроизоляционная прокладка – 3,89 м^2,
подготовка из щебня – 0,2I м^3.

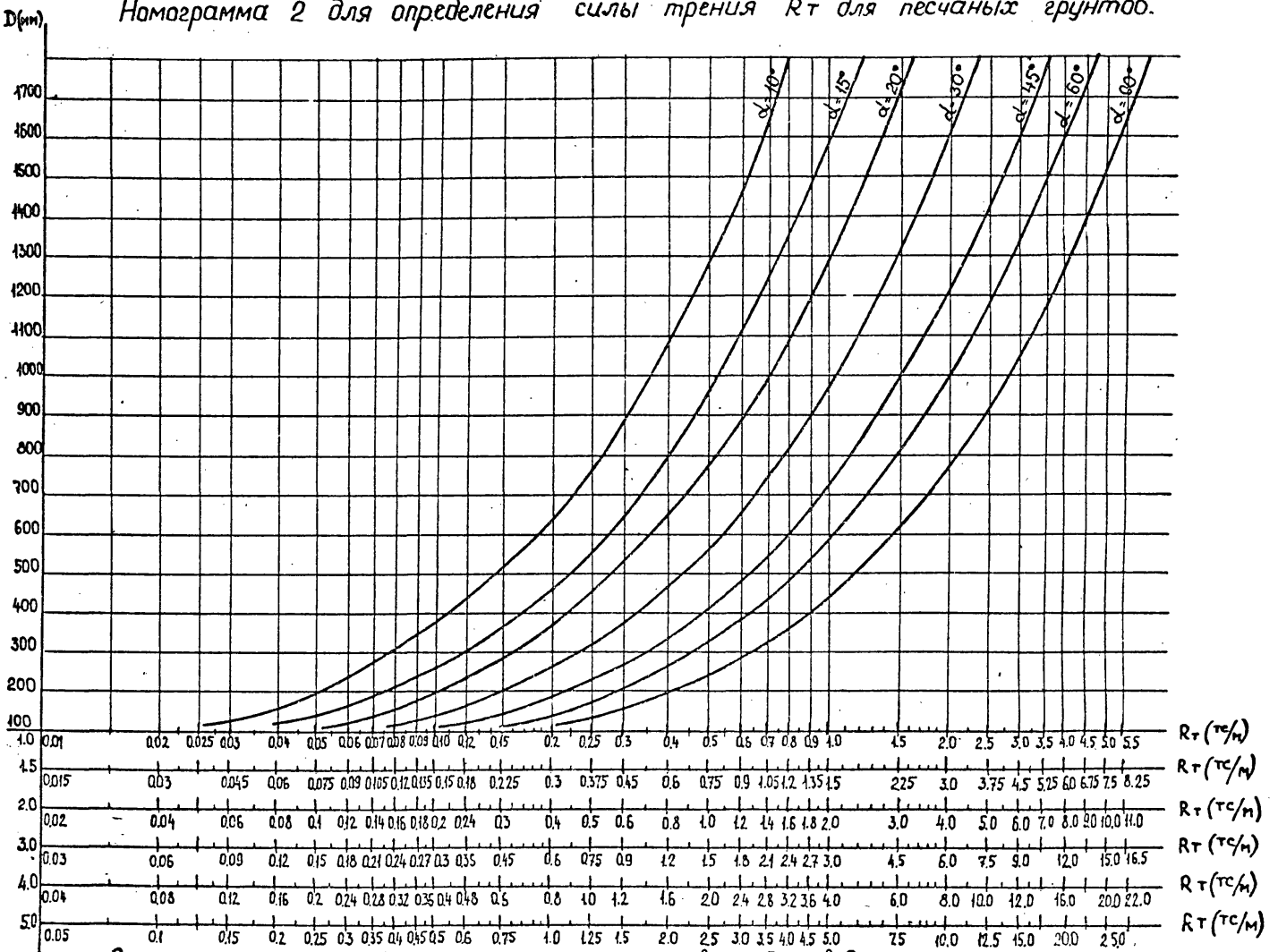
Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

Номограмма 1 для определения величин усилия R(P).



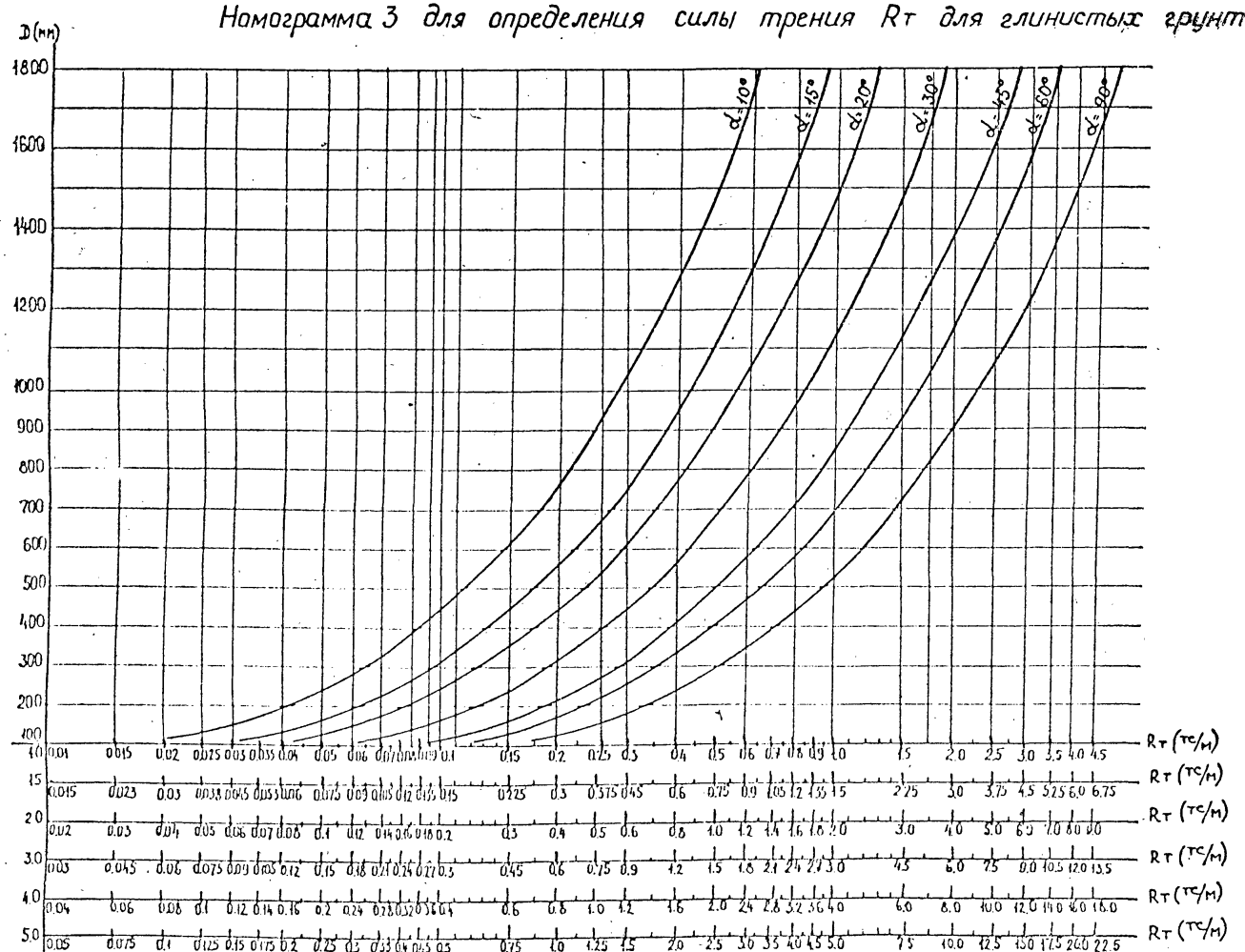
Величина усилия R от испытательного давления P в трубопроводе, передаваемая на тупиковый упор, соответствует величине R при горизонтальном повороте α=60°

Номограмма 2 для определения силы трения Rт для песчаных грунтов.



Сила защемления на 1 п.м. стального „плеча" Rт в трубопроводе, передаваемая на тупиковый упор, соответствует величине Rт при горизонтальном повороте α = 60°

Номограмма 3 для определения силы трения Rт для глинистых грунтов.



Сила защемления на 1 п.м. стального „плеча" Rт в трубопроводе, передаваемая на тупиковый упор, соответствует величине Rт при горизонтальном повороте $\alpha = 60°$

Размеры в м

Грунт	Ду, мм	P = 6 кгс/см²						P = 12 кгс/см²						P = 15 кгс/см²						P = 18 кгс/см²					
		Глубина заложения над верхом труб $H_з$, м																							
		1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
Песчаный	100	5,5	3,8	2,8	1,9	1,5	1,2	11,0	7,4	5,6	3,8	2,9	2,3	13,8	9,3	7,1	4,7	3,6	2,9	16,6	11,2	8,4	5,7	4,4	3,5
	150	7,2	5,0	3,8	2,5	1,9	1,6	14,4	9,9	7,4	5,0	3,8	3,0	18,0	10,0	9,3	6,3	4,8	3,8	21,6	14,8	11,3	7,6	5,7	4,6
	200	9,5	6,6	5,0	3,4	2,6	2,1	19,1	13,2	10,1	6,8	5,1	4,1	23,9	16,5	12,7	8,5	6,4	5,2	28,6	19,8	15,1	10,2	7,8	6,3
	250	8,6	6,1	4,6	3,1	2,4	1,9	17,2	12,0	9,2	6,3	4,8	3,8	21,6	15,0	11,5	7,8	5,9	4,8	25,9	18,0	13,7	9,3	7,2	5,7
	300	11,6	8,1	6,3	4,3	3,3	2,6	23,4	16,3	12,5	8,6	6,5	5,2	29,2	20,4	15,6	10,8	8,2	6,6	35,0	24,4	18,8	12,9	9,8	7,9
	400	21,2	15,1	11,6	8,0	6,1	5,0	42,6	30,1	23,2	16,1	12,3	9,9	53,1	37,6	29,0	20,0	15,3	12,4	63,8	45,2	34,8	24,0	18,4	14,8
	500	21,4	15,3	12,0	8,3	6,4	5,1	42,8	30,7	24,1	16,6	12,7	10,4	53,5	38,4	30,1	20,7	15,9	13,0	64,2	46,0	36,1	25,0	19,1	15,5
	600	24,4	17,8	13,9	9,6	7,5	6,1	48,9	35,5	27,8	19,4	14,9	12,2	61,1	44,4	34,7	24,2	18,7	15,2	73,3	53,3	41,2	29,0	22,4	18,2
	700-800	19,8	14,6	11,5	8,2	6,4	5,2	39,6	29,3	23,1	16,3	12,6	10,4	49,4	36,6	28,8	20,4	15,8	12,9	59,3	43,9	34,5	24,5	19,0	15,5
	900	21,5	16,0	12,8	9,1	7,1	5,8	43,1	32,0	25,5	18,3	14,0	11,6	53,8	40,0	32,0	22,8	17,6	14,4	64,6	48,0	38,4	27,3	21,1	17,3
	1000	23,2	17,4	14,0	10,0	7,8	6,4	46,4	34,9	27,8	19,9	15,5	12,7	57,9	43,6	34,8	25,0	19,4	15,9	69,6	52,2	41,7	29,9	23,3	19,1
	1200	26,1	19,9	16,1	11,8	9,1	7,5	52,4	39,9	32,1	23,4	18,3	15,1	65,5	49,8	40,2	29,3	22,9	18,8	78,5	59,8	48,2	35,1	27,5	22,6
	1400	28,8	22,4	18,2	13,2	10,4	8,7	57,7	44,7	36,3	26,5	20,9	17,3	72,1	55,9	45,3	33,1	26,1	21,7	86,5	67,1	54,4	39,8	31,4	26,0
	1600	31,2	24,4	20,0	14,8	11,8	9,7	62,4	48,9	40,0	29,6	23,5	19,5	78,0	61,1	50,1	37,0	29,4	24,3	93,5	73,3	60,1	44,4	35,3	29,2
Глинистый	100	6,8	4,5	3,5	2,4	1,8	1,4	13,5	9,1	6,9	4,6	3,6	2,8	16,9	11,3	8,6	5,8	4,4	3,6	20,3	13,7	10,3	7,0	5,2	4,3
	150	8,8	6,0	4,6	3,1	2,0	1,9	17,6	2,1	9,1	6,1	4,7	3,7	21,9	15,0	11,0	7,7	5,9	4,7	26,4	18,1	13,7	9,2	7,0	5,6
	200	11,7	8,0	6,2	4,1	3,1	2,5	23,3	16,2	12,4	8,3	6,3	5,1	29,2	20,2	15,4	10,4	7,9	6,4	35,0	24,2	18,5	12,5	9,4	7,6
	250	10,5	7,3	5,6	3,8	2,9	2,3	21,1	14,7	11,2	7,6	5,8	4,7	26,3	18,3	14,0	9,5	7,3	5,8	31,6	22,0	16,8	11,4	7,8	7,0
	300	14,2	9,9	7,7	5,2	3,9	3,2	28,5	19,9	15,3	10,5	8,0	6,4	35,7	24,9	19,2	13,1	9,9	8,1	42,8	29,8	23,0	15,7	11,9	9,6
	400	26,0	18,4	14,1	9,8	7,5	6,1	52,0	36,8	28,3	19,6	15,0	12,1	65,0	46,0	35,4	24,5	18,8	15,1	77,9	55,2	42,5	29,3	22,5	18,2
	500	26,1	18,7	14,7	10,2	7,8	6,3	52,3	37,5	29,4	20,3	15,5	12,7	65,4	46,9	36,7	25,4	19,4	15,8	78,4	56,3	44,1	30,5	23,3	19,0
	600	29,8	21,7	17,0	11,8	9,1	7,5	59,7	43,4	34,0	23,7	18,2	14,9	74,6	54,2	42,4	29,5	22,8	18,6	89,5	65,1	50,9	35,5	27,3	22,3
	700-800	24,2	17,9	14,0	10,0	7,7	6,3	48,3	35,7	28,2	19,9	15,5	12,6	60,4	44,7	35,2	24,9	19,4	15,7	72,5	53,6	42,2	29,9	23,2	18,9
	900	26,3	19,2	15,6	11,1	8,6	7,2	52,6	39,1	31,2	22,3	17,1	14,1	65,8	48,9	39,0	27,8	21,4	17,6	79,0	58,6	46,8	33,4	25,7	21,2
	1000	28,3	21,3	17,0	12,2	9,5	7,8	56,7	42,5	34,0	24,0	18,9	15,5	70,9	53,2	42,5	30,5	23,6	19,5	85,0	63,9	51,0	36,6	28,4	23,4
	1200	32,0	24,3	19,6	14,3	11,2	9,2	64,0	48,7	39,3	28,6	22,3	18,4	79,9	60,9	49,2	35,8	28,0	22,9	96,0	73,0	58,9	42,9	33,6	27,6
	1400	35,2	27,3	22,7	16,2	12,8	10,6	70,5	54,6	44,3	32,4	25,5	21,1	88,1	68,3	55,4	40,5	31,9	26,4	105,7	82,0	66,4	48,5	38,3	31,7
	1600	38,1	29,9	24,5	18,1	14,3	11,9	76,2	59,7	48,9	36,2	28,8	23,8	95,2	74,6	61,1	45,3	35,9	29,7	114,3	89,5	73,3	54,3	43,1	35,7

Таблица 2. Длина "стальных плеч", при которых не требуется устройство упоров.

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

6.3. Пример 3

Подобрать упор для вертикального поворота выпуклостью вверх с углом $\alpha = 90^0$ стального трубопровода диаметром условного прохода $Д_у$ = 700 мм с испытательным давлением P = I,8 МПа (I8 кгс/см^2); грунт – супесь текучая с расчетным сопротивлением грунта R_0 = Iкгс/см^2 Глубина заложения над верхом труб $H_з$ = 2,0 м.

Решение.

По заданным параметрам и в соответствии с док.-0.176 лист I для глинистого грунта принимаем вертикальный верхний упор размерами B = 279 см; H = 274 см; A= 93см; a=43 см.

Расход материалов и объем работ на данный упор:
плита упора из бетона класса B7,5- 2I,92 м^3,
подготовка из щебня – 0,39 м^3,
хомуты марки МХ 8-6 – 4 шт.,
анкеры марки МА 7 – 8 шт.,
сталь – 449,80 кг.

6.4. Пример 4

Подобрать упор для вертикального поворота выпуклостью вниз с углом $\alpha = 45^0$ чугунного трубопровода диаметром условного прохода $Д_у$ = 800 мм с испытательным давлением P = 0,6 МПа (6 кгс/см^2); грунт сухой песчаный с расчетным сопротивлением R_0 = 2,0 кгс/см^2. Глубина заложения над верхом труб $H_з$ = 3,0 м.

Решение.

По заданным параметрам и в соответствии с док.-0.105 лист I принимаем для песчаного грунта вертикальный нижний упор размерами B = 94 см; H = 30 см; h = 35 см.

Расход материалов и объем работ на данный упор:
плита упора из бетона класса BI5 – 0,26 м^3,
подушка из бетона класса B7,5 – 0,II м^3,
подготовка из щебня – 0,04 м^3.

6.5. Пример 5

Подобрать упор для горизонтального поворота с углом $\alpha = 90^0$ железобетонного трубопровода со "стальными плечами" длиной ℓ = I0 м диаметром условного прохода $Д_у$ = I200 мм с испытательным давлением P = I,0 МПа (I0 кгс/см^2); грунт сухой песчаный с расчетным сопротивлением R_0 = I,0 кгс/см^2. Глубина заложения над верхом трубопровода $H_з$ = 2,5 м.

Решение.

По номограмме I (лист I7 настоящей пояснительной записки) для $Д_у$ = I200 мм, угла поворота $\alpha = 90^0$ и испытательного давления P = I0 кгс/см^2 определяем величину усилия, передаваемого на упор, R = I60 тс. По номограмме 2 (лист I8 п.з.) для песчаных грунтов находим силу защемления на I пог.м "плеча" $R_т$ = 9,0 тс. Тогда сила защемления "стального плеча" будет равна $R_т \cdot \ell$, а фактическое значение усилия, передаваемого на упор, $R_у = R - R_т \cdot \ell$ = 70 тс. По значению $Д_у$=I200 мм, α =90^0, $P_у$ = 70 тс находим соответствующее им $P_и$=6 кгс/см^2. По заданным параметрам и $P_и$=6 кгс/см^2, $H_з$=2,0 м и в соответствии с док.-0.060 лист I принимаем горизонтальный упор размерами A = I22 см; B = 466 см; H = I86 см и a= 402 см.

Расход материалов и объем работ на данный упор:
плита упора из бетона класса B7,5 – 9,9 м^3,
подушка из бетона B7,5 – 2,48 м^3,
гидроизоляционная прокладка – 5,37 м^2,
подготовка из щебня – 0,28 м^3.

7. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

7.I. Расчет упоров, разработанных в настоящем альбоме, выполнен в соответствии с "Рекомендациями по статическому расчету упоров и якорей напорных трубопроводов", разработанными ВНИИВОДГЕО Госстроя СССР и МИСИ им. Куйбышева (М., I979 г.), основные положения которых приведены в п. 7.4 настоящей пояснительной записки.

7.2. Упоры рассчитаны на воздействие равнодействующей от внутреннего испытательного давления.

При определении расчетных усилий учтены расчетные диаметры труб, величины которых в зависимости от условного прохода труб даны в табл. 3.

Таблица 3

Условный проход трубопровода $Д_у$, мм	I00	I50	200	250	300	400	500	600-700	800	900	1000	1200	1400	1600
Расчетный диаметр трубопровода $Д_р$, мм	I32,5	I86	255	274	35I	554	635	754	800	900	1000	1200	1400	1600

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

За расчетный диаметр труб принят максимальный расчетный диаметр:

для Ду=100–300 мм – наружный диаметр обточенного конца асбестоцементных труб;

для Ду=400–600 мм – внутренний диаметр раструба железобетонных труб;

для Ду=800–1400 мм – внутренний диаметр железобетонных труб.

7.3. Размеры упоров назначены по расчету из условия обеспечения:

- устойчивости против сдвига по основанию с преодолением пассивного сопротивления (отпора) грунта по вертикальной грани упора и сил трения между подошвой упора и его основанием;
- прочности грунта по рабочим граням упоров, характеризующейся величиной расчетного сопротивления;
- прочности против смятения материала упоров на поверхности контакта между упором и фасонной частью;
- прочности материала упора на изгиб;
- устойчивости верхних вертикальных упоров (якорей) против отрыва от поверхности основания;
- устойчивости упоров вертикальных стояков против опрокидывания от момента сил, возникающего от горизонтального усилия(Н) трубопровода.

В расчетах принимались показатели физико-механических свойств грунтов, указанные в разделе 2 настоящей пояснительной записки, при уровне подземных вод ниже подошвы упора на I м.

Расчеты выполнены на ЭВМ по программам, разработанным отделом автоматизации проектных работ Мосинжпроекта.

7.4. Основные положения "Рекомендаций по статическому расчету упоров и якорей", разработанных ВНИИВОДГЕО Госстроя СССР.

7.4.I. Расчетное усилие от внутреннего давления транспортируемой жидкости на тупиковый упор определяется по формуле

$$N = \frac{n \cdot \pi \cdot Д_б^2 \cdot P}{4} \qquad (I)$$

где, n – коэффициент надежности по нагрузке, принимаемый равным I.

$Д_б$ расчетный диаметр трубопровода, принимаемый равным внутреннему диаметру труб, если торцевые зазоры в стиках заделываются изнутри трубопровода, в противном случае – наружному диаметру труб, стикуемых на муфтах и внутреннему диаметру

раструба для раструбных труб (см. табл.3).

P – внутреннее давление при испытании трубопровода.

Расчетное усилие, передающееся на горизонтальный упор (упор при повороте трубопровода в горизонтальной плоскости), определяется по формуле

$$R = \frac{n \cdot \pi \cdot Д_р^2 \cdot P}{2} \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \qquad (2)$$

где, α – угол поворота трассы трубопровода, остальные обозначения те же, что и в формуле (I).

Расчетные усилия, передающиеся на вертикальный нижний упор или якорь при одном горизонтальном участке, определяется по формулам

– вертикальное усилие $V = \frac{n \cdot \pi \cdot Д_р^2 \cdot P}{4} \sin\alpha$ (3),

– горизонтальное усилие $H = \frac{n \cdot \pi \cdot Д_р^2 \cdot P}{4}(1-\cos\alpha)$ (4)

При расчете упоров при прокладке трубопроводов в несколько нитей усилия на упор суммируются. При этом в расчет принимается испытательное давление для одной нити, а для всех остальных – рабочее.

Ниже приведены расчетные схемы упоров (рис. 9-12).

7.4.2. Расчет горизонтальных упоров

Расчет горизонтальных упоров производится по следующим состояниям:

- по несущей способности на устойчивость против сдвига;
- по прочности грунта по рабочей (вертикальной) грани упоров;
- по прочности материала упоров при изгибе;
- по прочности против смятия материала упоров.

Расчет горизонтального упора на устойчивость против сдвига по основанию с преодолением пассивного сопротивления (отпора) грунта по рабочей грани и сил трения между подошвой упора и его основанием осуществляется по формуле

$R \leq \Phi$ (5), где

Φ – несущая способность упора против сдвига

$$R = n\left(G \cdot f + Q_n\right)$$

$$R = n \cdot [G \cdot f + 0{,}5 \cdot \gamma_f \cdot g \cdot B \cdot (2H_3 + Д_н) \cdot h \cdot tg^2(45° + \frac{\varphi}{2}) + 2 \cdot c \cdot B \cdot h \cdot tg(45° + \frac{\varphi}{2})] \qquad (6)$$

где, n – коэффициент надежности по нагрузке $n = 0{,}9$;

G – вес упора;

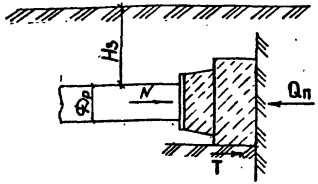


Рис. 9. Расчетная схема горизонтальных тупиковых упоров. Т-сила трения между поверхностью грунта и упором; Qп-пассивное сопротивление (отпора грунта); N-расчетное усилие от внутреннего давления в трубопроводе.

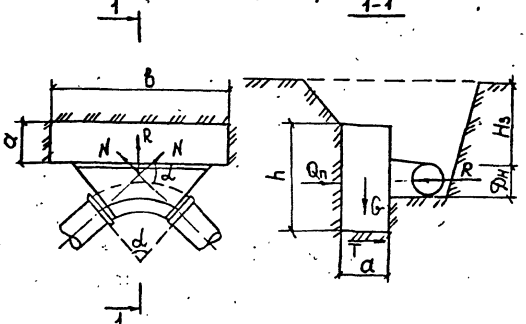


Рис. 10 Расчетная схема горизонтальных упоров при повороте трассы. G - вес упора; Т - сила трения между поверхностью грунта и упором; Qп - пассивное сопротивление (отпора грунта); N - расчетное усилие от внутреннего давления в трубопроводе; R - равнодействующая усилий от внутреннего давления в трубопроводе.

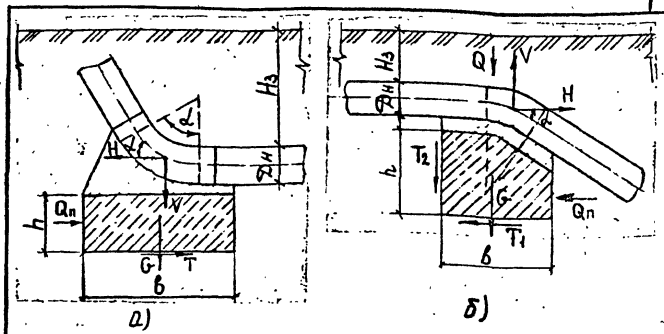


Рис. 11. Расчетная схема вертикальных упоров
а) выпуклостью вниз; б) выпуклостью вверх.
Qп - пассивное сопротивление (отпора грунта);
Q - вес грунта засыпки над верхом упора; G - вес упора;
Т; Т1; Т2 - силы трения между поверхностью грунта и упором; V - вертикальное усилие на упор;
Н - горизонтальное усилие на упор.

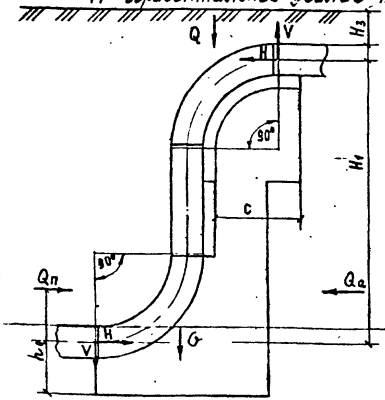


Рис. 12
Расчетная схема вертикальных стояков
G - вес упора; Q - вес грунта засыпки над верхом трубопровода; Qa - активное давление грунта; Qп - пассивное сопротивление грунта; V - вертикальное усилие на упор; Н - горизонтальное усилие на упор.

f – коэффициент трения между подошвой упора и поверхностью его основания;

$\gamma_г$ – удельный вес грунта;

ϱ – коэффициент, учитывающий ограниченную ширину упора и связанное с этим расширение выпирающего объема грунта в плане, принимается по табл. 4;

b – ширина упора в горизонтальном направлении, перпендикулярном направлению действия силы;

$H_з$ – глубина заложения над верхом трубы;

φ – угол внутреннего трения грунта;

h – высота упора;

C – удельное сцепление грунта;

$Д_н$ – наружный диаметр трубы.

Таблица 4

φ, град.	$K = b/h$										
	0,5	0,75	I	I,25	I,5	I,75	2	2,25	2,5	3	4
I0	I,5	I,35	I,2	I,I6	I,I2	I,II	I,I	I,09	I,07	I,06	I,03
I2	I,56	I,39	I,25	I,20	I,I6	I,I4	I,I3	I,II	I,09	I,08	I,05
I5	I,65	I,44	I,33	I,26	I,22	I,I9	I,I7	I,I5	I,I3	I,II	I,08
I6	I,68	I,47	I,36	I,28	I,24	I,20	I,I8	I,I6	I,I4	I,I2	I,09
I8	I,76	I,54	I,4I	I,32	I,28	I,24	I,20	I,I8	I,I6	I,I4	I,II
23	I,85	I,64	I,52	I,43	I,36	I,30	I,26	I,24	I,2I	I,I8	I,I4
25	I,87	I,67	I,56	I,46	I,39	I,33	I,29	I,26	I,23	I,I9	I,I5
26	I,86	I,67	I,56	I,46	I,40	I,34	I,30	I,26	I,23	I,I9	I,I5
27	I,86	I,67	I,56	I,47	I,4I	I,35	I,3I	I,27	I,24	I,20	I,I6
36	I,72	I,57	I,48	I,43	I,38	I,35	I,32	I,29	I,27	I,23	I,I7

Расчет горизонтальных упоров по прочности по рабочей грани упора производится по формулам

$$\frac{R - n \cdot G \cdot f}{b \cdot h} = R_г \qquad (7), \text{ где}$$

$R_г$ – расчетное сопротивление грунта у рабочей грани упора.

Остальные обозначения те же, что в формулах I–6.

Расчет горизонтальных упоров на прочность против смятия материала по поверхности контакта между трубопроводом и упором производится по формуле

$$4 \cdot P \cdot Sin\frac{\varphi}{2} \le R_в \qquad (8), \text{ где}$$

$R_в$ – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию.

Расчет горизонтальных упоров на прочность при изгибе производится на изгиб в горизонтальной плоскости по сечению, совпадающему с вертикальной плоскостью симметрии, по формуле

$$0{,}438 \cdot \frac{(R - n \cdot G \cdot f)}{h \cdot a^2} \le R_{вt,ser} \qquad (9), \text{ где}$$

a – толщина упора в направлении действия силы;

$R_{вt,ser}$ расчетное сопротивление бетона осевому растяжению для предельных состояний второй группы.

Размеры горизонтальных упоров назначаются на основе ретения приведенных уравнений с соблюдением следующих условий:

$$Д_н < h \le Д_н + 2H_з \qquad (I0)$$

Класс бетона упора по прочности не должен быть выше BI5 (марки M200).

7.4.3. Расчет нижних вертикальных упоров (при повороте трубопровода в профиле выпуклостью вниз)

Расчет нижних вертикальных упоров производится по следующим предельным состояниям:

– по несущей способности на устойчивость против сдвига;

– по прочности грунта по вертикальной и горизонтальной рабочим граням упора;

– по прочности бетона на изгиб в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

– по прочности против смятия материала упора.

Расчет вертикальных упоров по несущей способности на устойчивость против сдвига по основанию с преодолением пассивного давления (отпора) грунта по вертикальной рабочей плоскости упора и сил трения между подошвой упора и его основанием производится по формуле

$$H \le n[(G+V)f + 0{,}5\gamma_г \varrho b \cdot h(2H_з + 2Д_н + h) \cdot tg^2(45° - \tfrac{\varphi}{2}) + 2Cbh\,tg(45° - \tfrac{\varphi}{2})] \qquad (II), \text{ где}$$

V – вертикальное усилие на упор;

H – горизонтальное усилие на упор;

n – коэффициент надежности по нагрузке допускается принимать равным I,0.

Остальные обозначения те же.

Расчет вертикальных упоров на прочность грунта по вертикальной рабочей грани осуществляется по формуле

$$\frac{H - (G + V)f}{b \cdot h} \le R_г \qquad (I2)$$

Обозначения те же, что и в формулах 7, 9.

Расчет вертикальных упоров на прочность грунта по горизонтальной рабочей грани производится по формуле

$$\frac{V+G-H\ell}{b^2} \leq R_г \qquad (13)$$

При значительном увеличении размеров в связи с необходимостью соблюдения данного условия допускается производить упрочнение грунтов основания упора с целью повышения их несущей способности путем втрамбовки щебня, укрепления цементом и другими вяжущими.

Расчет вертикальных упоров по прочности на изгиб производится по формулам

$$R_{bt,ser} \geq 0{,}438\ \frac{V-H\cdot\ell+G}{h^2} \qquad (14)$$ – изгиб в вертикальной плоскости

и $$R_{bt,ser} \geq 0{,}438\ \frac{H-(V+G)\cdot\ell}{b\cdot h} \qquad (15)$$ – изгиб в горизонтальной плоскости

Расчет вертикальных упоров по прочности против смятия материала по поверхности контакта между трубопроводом и упором производится по формуле 8.

Размеры вертикальных упоров назначаются из условия соответствия всем перечисленным уравнениям. Класс бетона упоров по прочности должен назначаться не выше В15 (марки М200).

7.4.4. Расчет вертикальных упоров при повороте трубопровода выпуклостью вверх (якорей)

Расчет якорей производится по следующим предельным состояниям:

– по устойчивости против отрыва от поверхности горизонтального основания;

– по устойчивости против сдвига горизонтальной рабочей грани;

– по прочности грунта по вертикальной рабочей грани;

– по прочности упора на изгиб;

– по прочности против смятия материала упора;

– по прочности по растяжению анкеров и хомутов, обеспечивающих крепление фасонных частей к упору.

Расчет якорей по устойчивости против отрыва от поверхности горизонтального основания проводится по формуле

$$V \leq G + Q + H\cdot\ell \qquad (16),$$ где

Q – вес грунта над упором. Остальные обозначения те же.

Расчет якорей по устойчивости против сдвига по горизонтальной рабочей грани производится по формуле

$$H \leq (G+Q-V)\cdot\ell + 0{,}5\gamma_г\cdot n\cdot b\cdot h\cdot(2H_з+2Д_н+h)\cdot tg^2(45°+\tfrac{\ell}{2}) + 2\cdot c\cdot b\cdot h\cdot tg(45°+\tfrac{\ell}{2}) + Q_п \qquad (17)$$

Обозначения в формуле те же.

Расчет якорей по прочности грунта по вертикальной рабочей грани ведется по формуле

$$R_г \geq \frac{H-(G+Q-V)\cdot\ell}{b\cdot h} \qquad (18)$$

Расчет якорей по прочности на изгиб в горизонтальной плоскости производится по формуле

$$R_{bt,ser} \geq 0{,}438\ \frac{H-(G-V+Q)\cdot\ell}{b\cdot h} \qquad (19)$$

При $G+Q<V$ правая часть в числителе принимается равной нулю.

Расчет якорей по прочности против смятия материала по поверхности контакта между трубопроводом и упором производится по формуле 8.

Расчет анкеров и хомутов, обеспечивающих крепление фасонных частей к упорам, производится из условия прочности на растяжение при восприятии стрывающего усилия.

Размеры якорей назначаются из условия удовлетворения всем зависимостям, приведенным в настоящем разделе. При этом размеры якорей должны приниматься: $h \geq 30$ см, $b \geq Д_н$. Бетон якорей по прочности следует назначать не выше класса В15 (марки М200).

7.4.5. Расчет упоров вертикальных стояков для трубопроводов.

Расчет упоров вертикальных стояков производится по устойчивости против опрокидывания от момента сил, возникающего от горизонтальных усилий трубопровода в зависимости от его перепада и диаметра:

$$M_{(н)} \leq M \qquad (20)$$

$$M_{(н)} = H\cdot H_1 \qquad (21)$$

$$M = \frac{c}{2}(G+Q) + (Q_а+Q_п)\,h_Q \qquad (22)$$

$M_{(н)}$ – опрокидывающий момент;

M – удерживающий момент;

c – расчетная длина упора;

$(Q_а+Q_п)\,h_Q$ – суммарный момент от активного давления и пассивного сопротивления грунтов;

H_1 – высота перепада трубопровода.

Остальные обозначения те же.

Упоры вертикальных стояков и его бетонная подушка должны выполняться из класса бетона по прочности В 7,5(М100).

8. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ УПОРОВ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ИНДИВИДУАЛЬНО. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЙ.

8.I. При прокладке трубоповодов в слабых грунтах (илы, заторфованные грунты, неслежавшиеся свалочные, текучие глинистые, песчаные пылеватые рыхлые насыщенные водой и т.п.) с расчетным сопротивлением R_0 менее 0,I МПа (I кгс/см^2), а также в стесненных условиях при невозможности размещения в подземном пространстве упоров с размерами, предусмотренными в данном альбоме, конструкции упоров назначаются индивидуально в зависимости от конкретных условий с использованием грунтовых анкеров, "стены в грунте", свай и др. Примеры конструктивных решений таких упоров приведены в док.-0.000 ПЗ на рис. I-3 настоящего альбома.

8.2. При многорядном расположении напорных трубопроводов рекомендуется объединять упоры в одну единую конструкцию. Конструкция и размеры таких упоров назначаются расчетом при конкретном проектировании. Примеры таких конструктивных решений горизонтальных упоров приведены в док.-0.000ПЗ на рис.4-7. настоящего альбома.

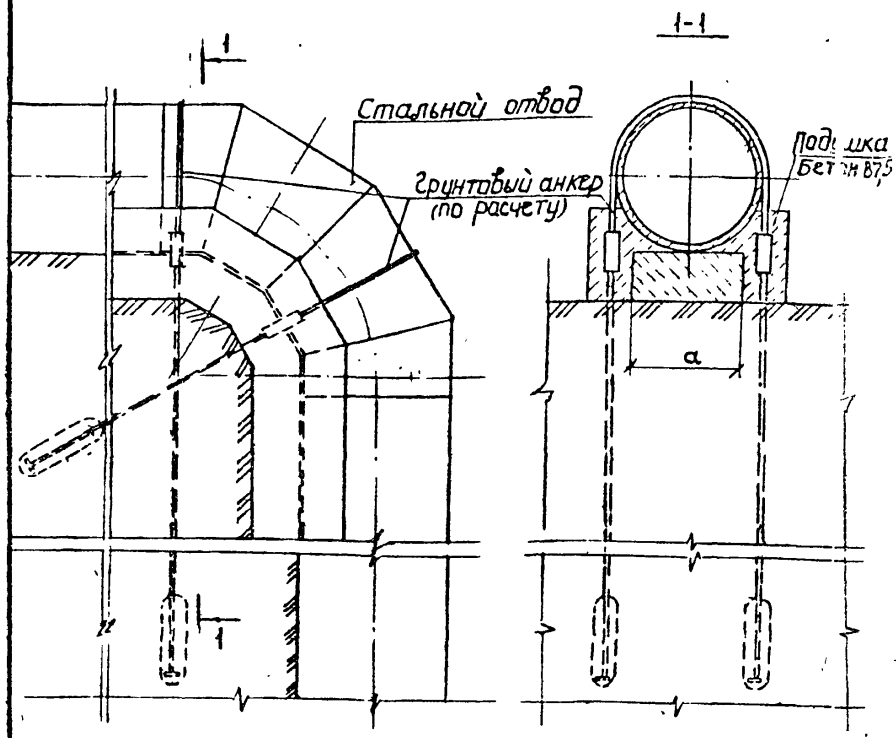


Рис. 1 Вертикальный верхний упор для трубопровода с использованием грунтовых анкеров.

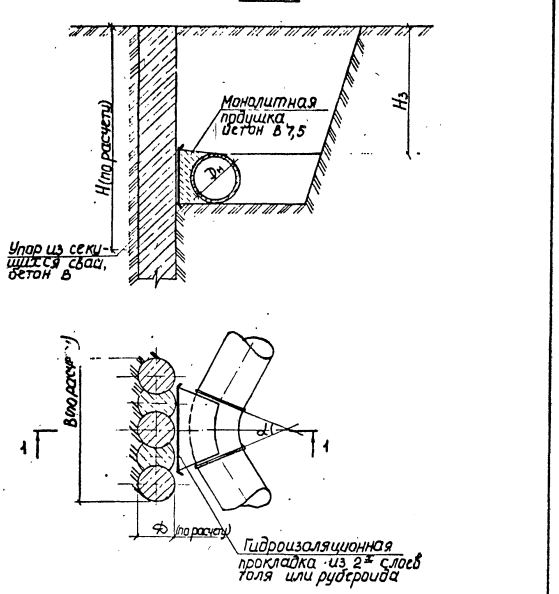


Рис. 2. Упор горизонтальный, выполненный способом секущихся свай.

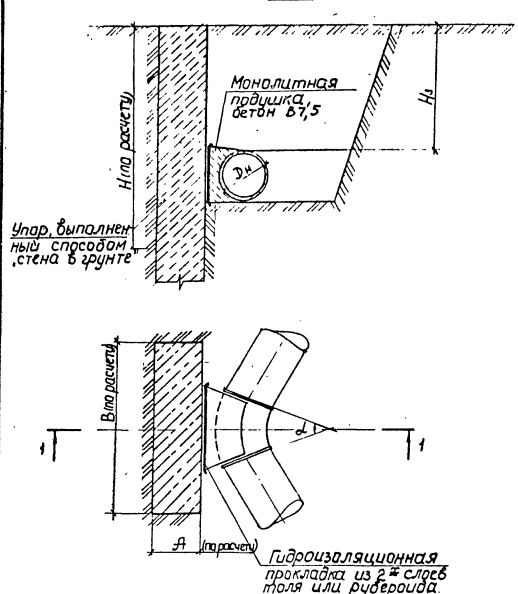
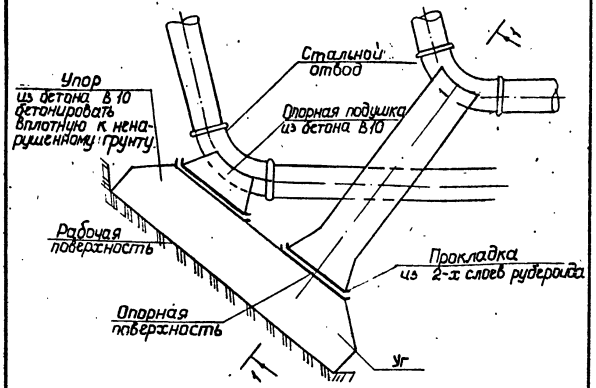


Рис. 3. Упор горизонтальный, выполненный способом „стена в грунте"

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



1-1

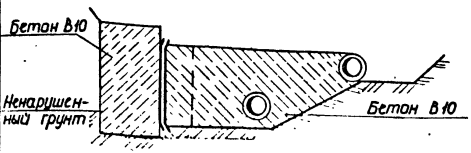
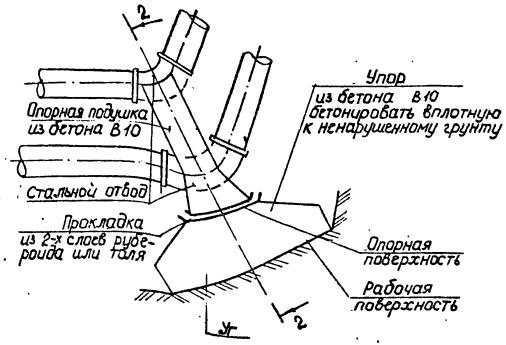


Рис. 4. Горизонтальный упор для 2-го рядного расположения трубопроводов (в разных уровнях)



2-2

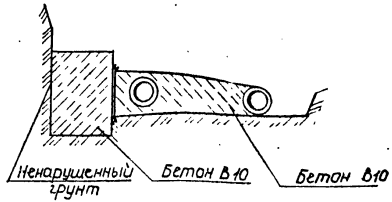
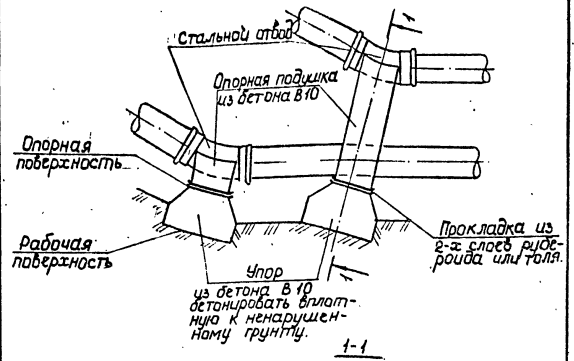


Рис. 5. Горизонтальный упор (в одном уровне) с единой опорной бетонной подушкой.



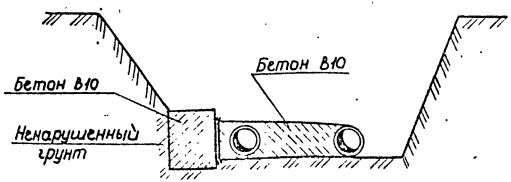
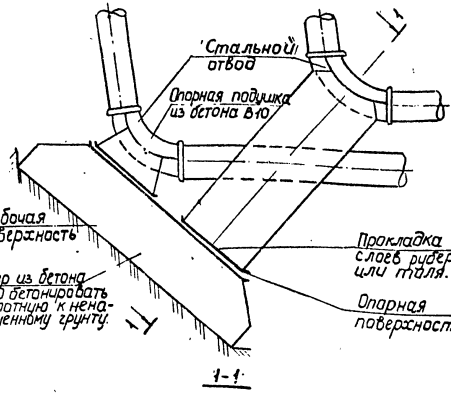


Рис. 6. Горизонтальные упоры для 2-х рядного расположения трубопроводов (в одном уровне).



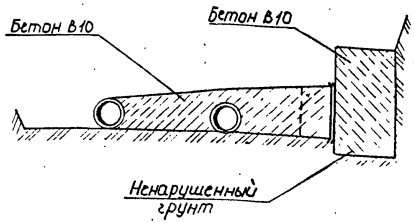


Рис. 7. Горизонтальный упор для 2-х рядного расположения трубопроводов в одном уровне

№ угла поворота	Отметки земли	Отметки низа трубы	Отметки подземных вод	Отметки низа упора	Угол поворота	Испытательное давление P кгс/см² (МПа)	Глубина заложения над верхом труб, $H_з$, м	Условный проход трубы $Д_у$, мм	Обозначение	Размеры, см A	B	H	a	Расход материалов на упор: Объем плиты упора, м³, бетон класса (марки) В7,5 (М100)	В10 (М150)	В15 (М200)	Бетонная подушка В7,5 (М100) м³	Гидроизоляционная прокладка м²	Полиэтиленовая обертка м²

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

Сводная таблица горизонтальных упоров	Стадия	Лист	Листов
	Р		
	Мосинжпроект		

№ угла поворота	Отметки				Угол поворота	Испытательное давление P кгс/см^2 (МПа)	Глубина заложения над верхом труб $H_з$, м	Условный проход трубы $Д_у$, мм	Обозначение	Размеры, см			Расход материалов на упор				
	земли	низа трубы	подземных вод	низа упора						В	Н	п	Объем плиты упора, м3, бетона класса (марки)			Бетонная подушка	Подготовка из щебня, м^3
													В7,5 (М100)	В10 (М150)	В15 (М200)	В7,5 (М100) м^3	

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

Сводная таблица вертикальных нижних упоров

Стадия	Лист	Листов

Мосинжпроект

Испытательное давление P, кгс/см^2 (МПа)	Глубина заложения над верхом труб $H_з$, м	Условный проход трубы $Д_у$, мм	Обозначение	Размеры, см				Расход материалов на упор					
				B	H	A	a	Объем плиты упора, м^3, бетона класса (марки) В7,5 (М100).	Сталь			Бетонная подушка В7,5 (М100), м^3	Подготовка из щебня, м^3
									Марка изделия, количество шт.		Масса, кг		
									хомута	анкера			

Сводная таблица вертикальных верхних упоров (якорей)

Стадия	Лист	Листов

Мосинжпроект

ИНВ.№ | ПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА | ВЗАМ.ИНВ.№

gost.e-ecolog.ru

Подписано в печать 14/12-90 Заказ 2102 Тираж 100
Ф-ка «Картолитография», ул. Зорге, 15