

Москва 2010 г.

ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП»

 ТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП»
И.И. Гормозов
« 01 » февраля 2010 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по проектированию и монтажу осушительных и
орошительных дренажей из полиэтиленовых двухслойных
гофрированных дренажных труб производства ООО
«ПОЛИТЭК ПАЙП».

Разработано
Начальник производства
ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП»
И.Е. Миронов
« 01 » февраля 2010 г.

Москва 2010 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Предисловие.....	4
2. Техническая характеристика труб	5
3. Проектирование горизонтальных дренажей, трубопроводов подпочвенного орошения и оросителей полей подземной фильтрации сточных вод	12
3.1. Определение секундных расходов воды.....	12
3.2. Определение секундного расхода поливочной воды.....	14
3.3. Определение секундного расхода сточных вод.....	15
4. Строительство трубопроводов	23
5. Техническая эксплуатация и ремонт дренажей.....	27
6. Транспортирование и хранение гофрированных полиэтиленовых труб	28
7. Техника безопасности при строительстве дренажей	29
8. Литература	30
Приложения:	
А. Химическая стойкость полиэтиленовых труб	31
В. Таблицы для гидравлического расчета безнапорных гофрированных труб производства ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП»	35

Введение

Настоящее руководство разработано в помощь организациям, проектирующим и строящим трубопроводные системы осушительных и оросительных горизонтальных закрытых дренажей и оросителей полей подземной фильтрации с применением полиэтиленовых двухслойных дренажных труб.

В руководстве приведены методики определения величины расчетных (секундных) расходов приточной и поливочной воды, а также диаметра, наполнения, уклона дренажного трубопровода и скорости течения воды в нем. Гидравлические расчеты трубопроводов базируются на регламентах СП 40-102-2000 «Свода правил по проектированию и монтажу трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования». Для удобства проектных организаций в руководстве приводятся таблицы для гидравлических расчетов самотечных дренажных трубопроводов из двухслойных полиэтиленовых гофрированных дренажных труб производства ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП» по ТУ 2248-009-78546651-2010 «Трубы из полиэтилена гофрированные двухслойные для дренажных систем», а также их сортамент.

Руководство содержит также рекомендации по строительству дренажных трубопроводных систем с применением этих труб.

1. Предисловие.

Естественная насыщенность почвы водой, как правило, не совпадает с нужной для роста и развития растений влажностью и во многих случаях является серьезной помехой для строительной деятельности человека. Поэтому необходимо искусственно создавать и поддерживать благоприятный водный режим почвы, т.е. в одном случае (при недостатке влаги) ее орошать для обеспечения влагой растений, а в другом (при избытке влаги) - осушать - для обеспечения требуемых условий строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

В связи с бурным развитием в последние годы индивидуального строительства все чаще применяются локальные системы очистки сточных вод - системы местной канализации с устройством септиков и полей подземной фильтрации. Последние состоят из уложенных в песок дренажных труб (оросителей), по которым осветленная сточная вода из септика поступает в песчаный слой (поле подземной фильтрации) и, фильтруясь сквозь песок, проходит очистку.

Для орошения засушливых земель существует множество различных способов, одним из которых является подпочвенное орошение с использованием безнапорных дренажных труб. Для осушения подтопленных территорий (городских, промышленных, сельскохозяйственных) предусматриваются водопонижающие мероприятия, в число которых входит строительство закрытых подземных дренажей с использованием названных безнапорных дренажных труб. Эти же трубы находят широкое применение при устройстве полей фильтрации в системах местной канализации.

В задачу проектной организации входит, в конечном счете, определение диаметра оросительного или осушительного трубопровода с определенным количеством щелевых прорезей (или отверстий) и его уклона, обеспечивающих прием или выпуск расчетного количества приточной или поливочной воды. В связи с этим, необходимо с достаточной степенью точности, прежде всего, определить расчетный (т.е. секундный) расход воды, а затем, в зависимости от величины этого расхода, - диаметр трубы и гидравлические параметры течения воды в трубопроводе. Иными словами, учитывая, что ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП» выпускает гофрированные дренажные трубы диаметрами 100 - 315 мм с различным количеством водоприёмных отверстий, в задачу проектной организации входит выбор требуемой (для данного конкретного расчетного случая) трубы из их многообразия, приведенного в сортаменте (таблицы 2.1 и 2.2).

Инженерно-гидрогеологическое обоснование защитного дренажа территорий, подтапливаемых подземными водами, представляет достаточно сложную задачу, которая подробно рассматривается в рекомендациях [1, 2] Госстроя СССР, расчет водоприемной способности труб горизонтального дренажа - в справочном пособии к СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территорий от затопления и подтоплений» (актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85) [3].

В соответствии с [4], величина секундного расхода поливочной воды зависит от многих переменных факторов (вид сельскохозяйственной культуры, поливочная площадь, время года, вид грунтов и т.п.)

В настоящем руководстве кратко рассмотрены обе эти задачи, приводятся исчерпывающие рекомендации по гидравлическому расчету осушительных и оросительных трубопроводных систем, а также освещаются вопросы их строительства с применением полиэтиленовых гофрированных дренажных труб производства ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП»

2. Техническая характеристика труб.

ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП» производит двухслойные дренажные гофрированные трубы кольцевого сечения с номинальным внутренним диаметром от 100 до 315 мм из полиэтилена низкого давления (полиэтиленовые трубы высокой плотности) марки PE 80 (MRS 8,0). Дренажные предназначенные для устройства закрытого горизонтального дренажа на осушаемых и орошаемых землях с глубиной заложения не более 6 м. (рис. 2.1).

Дренажные гофрированные двухслойные трубы производятся методом шнековой экструзии с формованием непрерывного гофра на наружной поверхности, сваркой гладкого внутреннего слоя трубы по местам впадин гофрированной поверхности и перфорацией во впадинах гофра прорезей для входа дренируемой воды. (рис. 2.2).

Во впадинах гофра перфорируются в определённом порядке щелевые прорези (водоприёмные отверстия) для входа дренируемой и выхода оросительной воды (рис. 2.3 и табл. 2.1).

Геометрические размеры труб и гофр приведены в таблице 2.2, физико-механические свойства материала труб - в табл.2.3.

Таблица 2.2. Геометрические размеры труб и гофр.

Номинал. диаметр труб, мм	Внутренний диаметр труб, мм	Наружный диаметр труб, мм	Толщина стенки в местах сварки трубы и гофра, мм	Толщина стенки гофра, мм	Шаг гофр, мм	Номинальная длина труб	
						в отрезках, мм	в бухтах, м
100	100 ^{+3,5} _{-2,0}	120,0 ±0,2	0,8 ±0,2	0,7 ±0,2	13,75	3000 ⁺⁵⁰	100 ^{+2,0}
150	150 ^{+3,5} _{-2,0}	177,0 ±0,2	1,0 ±0,3	0,9 ±0,3	20,63	5000 ⁺⁵⁰	50 ^{+1,0}
200	200 ^{+3,5} _{-2,0}	233,8 ±0,2	1,4 ±0,3	1,1 ±0,3	23,57	6000 ⁺⁵⁰	-
250	250 ^{+3,5} _{-2,0}	292,2 ±0,2	2,8 ±0,4	1,3 ±0,3	33,0	10000 ⁺⁵⁰	-
315	315 ^{+3,5} _{-2,0}	368,2 ±0,2	3,4 ±0,5	1,8 ±0,3	41,25	12000 ⁺⁵⁰	-

Трубы как в отрезках, так и в бухтах выпускают с без раструбными (гладкими) концами. Соединяются трубы с помощью двух раструбных муфт, конструкция и размеры которых приведены на рис. 2.4 и в таблице 2.4.

В соответствии с ТУ 2248-009-78546651-2010, полиэтиленовые двухслойные гофрированные трубы для дренажных систем имеют кольцевую жесткость 8 кН/м и рекомендуются для укладки в землю на глубину до 6 м.

Расчетный коэффициент шероховатости труб рекомендуется принимать равным 0,10 мм, коэффициент теплового линейного расширения - 0,2 мм/м °С ($2 \cdot 10^{-4} 1/°С$)

Срок службы труб не менее 50 лет.

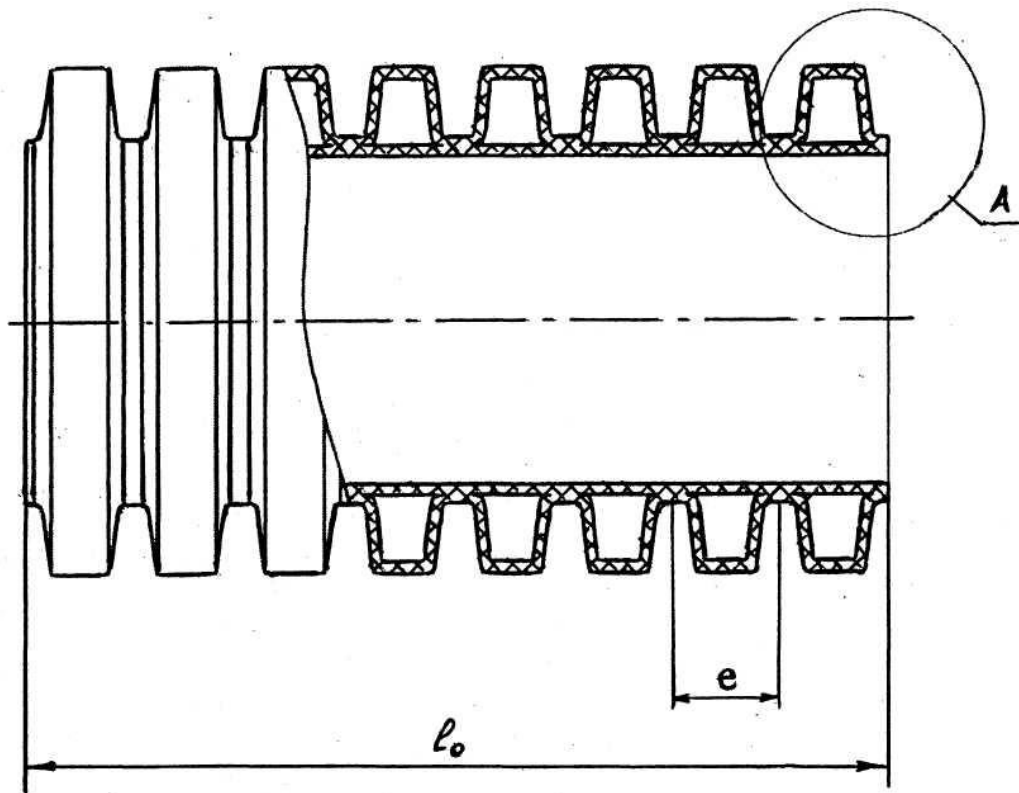


Рис. 2.1. Двухслойная гофрированная труба.

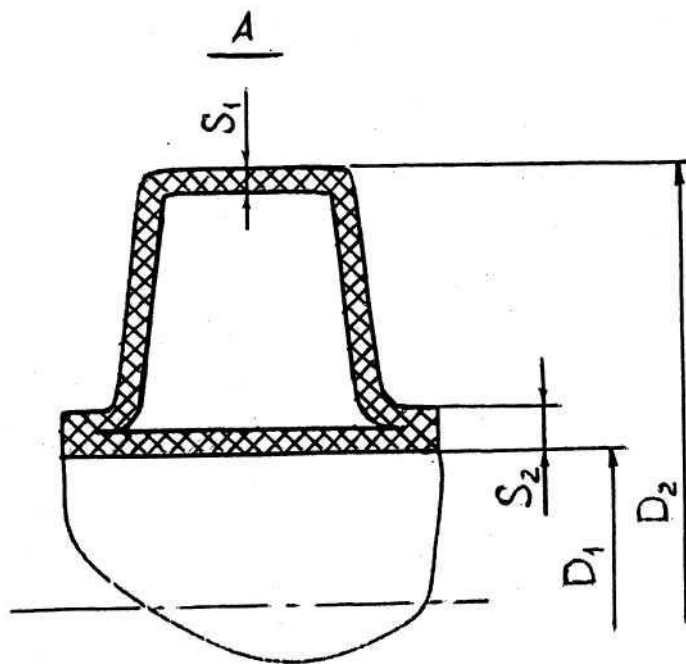


Рис. 2.2. Конструкция и размеры гофра.

Рис. 2.3. Расположение и размеры водоприемных отверстий дренажных гофрированных двухслойных труб из полиэтилена.

Таблица 2.1. Размеры водоприемных отверстий дренажных гофрированных двухслойных труб из полиэтилена.

Номинальный диаметр <i>DN, мм</i>	Размеры водоприёмных отверстий		Расположение водоприёмных отверстий	Количество отв. рядов перфорации по шагу гофры	Номинальная площадь водоприёмных отверстий, см ² /п.м.
	<i>n*</i> , мм	<i>m*</i> , мм			
100	1	12	Рисунок 1.3 а	4	18,5
			Рисунок 1.3 в	6	27,75
			Рисунок 1.3 д	8	37
150	1	15	Рисунок 1.3 б	4	34,2
			Рисунок 1.3 г	6	51,3
			Рисунок 1.3 е	8	68,4
200	1	20	Рисунок 1.3 б	4	37,6
			Рисунок 1.3 г	6	56,4
			Рисунок 1.3 е	8	75,2
250	1	25	Рисунок 1.3 б	4	37
			Рисунок 1.3 г	6	55,5
			Рисунок 1.3 е	8	74
315	1	30	Рисунок 1.3 б	4	37,2
			Рисунок 1.3 г	6	55,8
			Рисунок 1.3 е	8	74,4

* Размер для справок

Таблица 2.3. Физико-механические свойства материала труб.

№№ п/п	Наименование показателя	Методика определения	ПЭ80
1	Плотность, г/см ³	ISO 1183 ГОСТ 15139	0,935 – 0,950
2	Температура плавления, °С	ISO 3146-19 ГОСТ 21553	130-140
3	Температура размягчения по Вика, °С	ISO 306 ГОСТ 15065	125
4	Предел текучести при растяжении, МПа	ISO 527/1A ГОСТ 11262	15 - 19
5	Модуль упругости при растяжении, МПа	ISO 527/1A ГОСТ 11262	700
6	Относительное удлинение при разрыве, %	ISO 527/1A ГОСТ 11262	350-900
7	Коэффициент линейного теплового расширения, 1/°С	VDE 0304 ГОСТ 15173	1,9 x 10 ⁻⁴
8	Коэффициент теплопроводности, Вт/м ⁰ С	DIN 52612	0,38
9	Удельная теплоёмкость, кДж/кг °С	ГОСТ 23630.1	2,0

Таблица 2.3. Продолжение

№№ п/п	Наименование показателя	Методика определения	ПЭ80
10	Показатель текучести расплава, г/10 мин.: 190 ⁰ /5,0 кг 190 ⁰ /21,6 кг	ISO 1133 ГОСТ 11645	0,5-1,30 14,0-18,0
11	Разброс показателя текучести расплава в пределах партии, %, не более	ГОСТ 16338	±10
12	Термостабильность при 200°С, мин., не менее	ГОСТ Р 50838-95	20 до 40
13	Массовая доля летучих веществ, мг/кг, не более	ГОСТ 26359	350
14	Содержание сажи, % масс.	ГОСТ 26311	2,0-2,5
15	Стойкость к медленному распространению трещин, ч	ГОСТ Р 50838-95	более 600
16	Стойкость к быстрому распространению трещин, МПа	ГОСТ Р 50838-95	более 1,8
17	Температура хрупкости, °С	-	-100

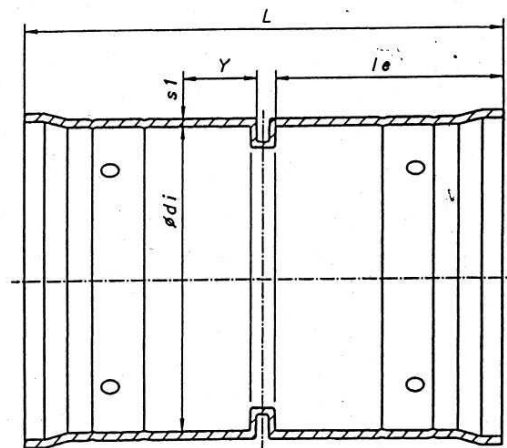


Рис. 2.4. Соединительная муфта.

Таблица 2.4. Размеры соединительной муфты.

DN, мм	d_i , мм		S_{1min} , мм	Y, мм	L, мм	l_e , мм
	номинал	пред. откл.				
100	122,0	±1,5	2,5	30	193	90
150	181,0	±1,5	3,0	30	260	122
200	238,0	±1,5	3,0	40	326	155
250	293,0	±1,5	3,5	40	340	165
315	348,7	±1,5	3,5	40	404	190

Трубы предназначены для строительства безнапорных трубопроводов осушительных и оросительных мелиорации и полей подземной фильтрации в системах местной канализации. Для строительства в песках средней крупности со средним диаметром частиц, меньшим 0,3 - 0,4 мм, а также в мелких и пылеватых песках, супесях и при слоистом строении водоносного пласта трубы выпускаются в защитно-фильтрующей оболочке, в качестве которой используется лента из нетканого полотна по ТУ 8390-008-05283280-96. Для уменьшения количества фильтрующих дренажных обсыпок, а в некоторых случаях и отказа от них, помимо ленты из нетканого материала, могут быть применены фильтрующие обертки из других материалов.

Полиэтиленовые трубы химически стойки к подавляющему большинству химически активных веществ и соединений, что особенно важно для пластовых дренажных трубопроводов, предназначенных для перехвата и отвода утечек из емкостей с техническими жидкостями (приложение А).

3. Проектирование горизонтальных дренажей, трубопроводов подпочвенного орошения и оросителей полей подземной фильтрации сточных вод.

3.1. Определение секундных расходов воды.

Определение секундных расходов воды в осушительных и оросительных трубопроводных системах, при прочих равных условиях, представляет разные задачи. В осушительных системах величина притока зависит от мощности грунтовых потоков и атмосферных осадков, в оросительных - от вида сельскохозяйственных растений, климатических условий, времени года и т.п., в системах местной канализации - от расхода сточных вод на канализуемом объекте.

В настоящем разделе приводятся рекомендации по расчету водоприемной и водопропускной способности осушительных и оросительных трубопроводных систем из полиэтиленовых гофрированных труб производства ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП».

3.1.1. Расчёт водоприёмной способности труб горизонтального дренажа.

3.1.1.1. Водоприёмная часть труб производства ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП» представляет собой прямоугольные щелевые отверстия, размеры и количество которых в сечении труб приведены на рис.2.3 и в таблице 2.1. Шаг отверстий соответствует шагу гофр и приведен в таблице 2.2. Количество отверстий $n_{отв.}$ на расчётной длине трубопровода L , м, равно:

$$n_{отв.} = \frac{L \cdot m_{отв.}}{l}, \quad (3.1.)$$

l – шаг отверстий, м;

$m_{отв.}$ – среднее количество отверстий в сечении трубы, шт. При шахматном расположении отверстий $m_{отв.}$ равно половине суммы отверстий в двух соседних сечениях трубы.

3.1.1.2. В общем случае количество отверстий n_{mp} , требуемое для отведения всего притока дренажных вод на расчетном участке, определяется гидравлическими расчетами, основанными на том, что при истечении воды из фильтрующей обсыпки через отверстие во внутреннюю полость трубы имеют место потери напора h_o , которые не должны превышать 0,5-1,0 см в.ст.

3.1.1.3. Щели в виде вертикальных пропилов в боковой поверхности труб, как это предусмотрено в трубах ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП», работают как водосливы. Их требуемое количество на единицу длины трубы (например, на 1 метр) определяется по формуле водослива:

$$n_1 = \frac{q}{\mu_o \sigma_n n H_B \sqrt{2gH_B}}, \quad (3.2.)$$

где q - приток воды на единицу длины дрены, м³/с

μ_o - коэффициент расхода щели;

σ_n - коэффициент подтопления;

g - ускорение свободного падения, м/с²

H_B - превышение уровня воды над порогом щели на внешнем контуре трубы, м.

Коэффициент расхода щели зависит от отношения d_{25}/n и числа Рейнольдса Re . Его значения приведены в табл.3.1.

Параметр d_{25} является характерным показателем поровой структуры материала фильтровой обсыпки вблизи вертикальной щели и определяется из расчетного состава обсыпки (или примыкающего к отверстию грунта), включающего фракции крупнее 0,6 мм.

Значения коэффициента расхода μ_o вертикальной щели - водослива в тонкой стенке приведены в Табл. 3.1.

$$\mu_o = f \left(\frac{d_{25}}{n}, Re \right)$$

Таблица 3.1. Значения коэффициента расхода μ_o

Re	d_{25}/n							
	0,6	1	1,5	2	3	4	6	8
10^5	0,13	0,11	0,18	0,22	0,29	0,34	0,40	0,42
10^4	0,12	0,10	0,18	0,22	0,29	0,34	0,40	0,42
5×10^3	0,11	0,10	0,17	0,23	0,30	0,35	0,41	0,43
2×10^3	0,07	0,06	0,12	0,17	0,24	0,28	0,34	0,36

Число Re определяется по формуле:

$$Re = \frac{n\sqrt{2gh_0}}{\nu} \quad (3.3.)$$

где ν - кинематическая вязкость воды, принимается равной $1,31 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Коэффициент подтопления определяется по формуле:

$$\sigma_n = \left(1 + \frac{H_H}{H_B}\right) \sqrt{1 - \frac{H_H}{H_B}} \quad (3.4.)$$

где H_H - превышение уровня воды над порогом щели внутри трубы, м;

H_B - превышение уровня воды над порогом щели с внешней стороны трубы, м.

3.1.1.4. Гидравлические сопротивления при расчётах водоприёмной способности труб, обёрнутых в геотекстильные фильтрующие материалы, принимаются равными гидравлическим сопротивлениям гравийно-щебёночных обсыпок и в качестве дополнительных сопротивлений не учитываются при расчётах.

3.1.1.5. Сопоставление результатов расчетов по формулам (3.1) и (3.2) позволяет выбрать трубу с конкретным числом щелей-пропиллов в сечении трубы. Рекомендации по расчёту диаметра труб приведены в разделе 4 настоящего руководства.

3.2. Определение секундного расхода поливочной воды.

3.2.1. Секундный расход поливочной воды зависит от режима орошения. Режим орошения - наиболее благоприятные для той или иной сельскохозяйственной культуры количество и норма поливов и сроки их проведения. Режим орошения устанавливается расчетом и даже для одной и той же культуры в одних и тех же климатических условиях характеризуется высокой неравномерностью водопотребления.

3.2.2. Количество воды на один полив $q_{1п}$, м³/Га (поливная норма) определяется по формуле:

$$q_{1п} = \frac{10000 H A (\beta - \beta_0)}{100} \quad (3.5.)$$

где H - глубина корневой системы, м;
 $10000 H$ - объем корнеобитаемого слоя на 1га, м³;
 A - объемный вес почвы, т/м³;
 β - влажность почвы перед поливом, % от веса сухой почвы;
 β_0 - влажность почвы после полива, % от веса сухой почвы.

3.2.3. Поливной режим для всех культур рассматриваемого орошаемого участка рассчитывают аналогично расчёту поливного режима отдельной культуры. Для этого после установления норм и сроков полива каждой культуры определяют количество воды, требующееся для орошения 1га площади в единицу времени (секунду), т.е. находят отношение поливной нормы ко времени полива. Это отношение называется гидромодулем q_{Γ} и определяется по формуле:

$$q_{\Gamma} = \frac{\alpha q_{1н}}{t} = \frac{\alpha q_{1н} 1000}{24 \cdot 3600} = \frac{\alpha q_{1н}}{86,4} \quad (3.6.)$$

где α - отношение площади, занимаемой данной культурой, ко всей площади орошаемого участка;

t - время полива, сут. (24 часа).

3.2.4. Расчетный секундный расход поливочной воды, q_p , л/с га, равен сумме гидромодулей различных культур, сроки полива которых совпадают. За расчётный принимается максимальный расход воды.

3.2.5. Допускается, в целях сглаживания большой неравномерности водопотребления на полив, сокращать на 5-10% поливные нормы отдельных (как правило, второстепенных) культур.

3.2.6. Количество щелей n_1 на единицу длины трубы допускается определять по формуле:

$$n_1 = \frac{q_p}{\mu n m \sqrt{2gh_{TP}}} \quad (3.7.)$$

где μ - коэф. расхода, равный 0,4-0,5;

n, m - ширина и длина щели (см. табл. 2.1), м;

h_{TP} - превышение уровня воды в трубе над верхней кромкой щелевого отверстия, м.

3.3 Определение секундного расхода сточных вод.

3.3.1. Определение секундного расхода сточных вод регламентируется Сводом правил СП 40-107-2003 «Проектирование, монтаж и эксплуатация систем внутренней канализации из полипропиленовых труб» [5], проектирование систем местной канализации (септики и поля подземной фильтрации) – СНиП 2.04.03-84 [6].

3.3.2. Величину расчётного расхода сточных вод рекомендуется определять в соответствии с регламентами СП 40-107-2003, учитывающими аккумулирующую ёмкость самотёчных трубопроводов:

$$q^{tot} = Q_n^{tot} + K_s q_o^{s,2} \quad (3.8.)$$

где q^{tot} - расчётный расход сточных вод, л/с;

Q_n^{tot} - часовой расход сточных вод, м³/ч;

K_S - коэффициент, учитывающий влияние аккумулирующей ёмкости отводных трубопроводов на величину расчётного расхода сточных вод, принимаемый по Таблице 3.2 в зависимости от длины отводного трубопровода L , м, и количества санитарно-технических приборов N , шт., на расчётном участке;

$q^{S,2}_o$ - удельный расход стоков от прибора с максимальной вместимостью из их типов, установленных на расчётном участке, л/с.

Обычно принимается равным 1,1 л/с - расходу стоков от полностью заполненной ванны.

Таблица 3.2. Значение K_S в зависимости от числа приборов N и длины отводного трубопровода L

N	Значение K_S при L , м, равной												
	1	3	5	7	10	15	20	30	40	50	100	500	1000
4	0,61	0,51	0,46	0,43	0,40	0,36	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,15	0,13
8	0,63	0,53	0,48	0,45	0,41	0,37	0,35	0,32	0,28	0,26	0,24	0,16	0,13
12	0,64	0,54	0,49	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26	0,24	0,16	0,14
16	0,65	0,55	0,50	0,47	0,43	0,39	0,37	0,33	0,30	0,27	0,25	0,17	0,14
20	0,66	0,56	0,51	0,48	0,44	0,40	0,38	0,34	0,30	0,28	0,25	0,17	0,14
24	0,67	0,57	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,35	0,31	0,28	0,26	0,17	0,15
28	0,68	0,58	0,53	0,49	0,46	0,42	0,39	0,36	0,31	0,29	0,27	0,18	0,15
32	0,68	0,59	0,53	0,50	0,47	0,43	0,40	0,36	0,32	0,30	0,27	0,19	0,16
36	0,69	0,59	0,54	0,51	0,47	0,43	0,40	0,37	0,33	0,31	0,28	0,19	0,17
40	0,70	0,60	0,55	0,52	0,48	0,44	0,41	0,37	0,33	0,31	0,28	0,19	0,17
100	0,77	0,69	0,64	0,60	0,50	0,52	0,49	0,45	0,40	0,37	0,34	0,28	0,23
500	0,95	0,92	0,89	0,88	0,86	0,83	0,81	0,77	0,73	0,70	0,66	0,56	0,24
1000	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,77	0,25

Примечание:
За длину L следует принимать расстояние от последнего на расчетном участке стояка (объекта) до септика.

3.4 Гидравлический расчёт самотёчных трубопроводов.

3.4.1. Гидравлический расчёт самотёчных пластмассовых трубопроводов регламентирован СП 40-102-2000. [7].

3.4.2. При расчетах осушительных трубопроводов следует иметь в виду, что секундный расход воды по мере ее движения постоянно прибывает, а при расчёте поливочных трубопроводов и оросителей в системах местной канализации - постоянно убывает. В связи с этим, величину наполнения в дренажных трубопроводах рекомендуется принимать дифференцированно: в дренах - осушителях не менее 0,1 диаметра трубы, в трубах - собирателях — не менее 0,3, в магистральных коллекторах - не менее 0,5. При этом дренажная труба не должна работать полным сечением.

Скорость движения воды в этих трубопроводах принимается в пределах 0,15 - 1 м/с (в глинистых грунтах 0,15 - 0,2 м/с, в песчаных - 0,3 - 0,35 м/с).

Величину наполнения в трубопроводах оросительных систем на начальных участках рекомендуется принимать равной 0,7 - 0,8 диаметра трубы, на конечных - такой, чтобы все пропилены-щели были заполнены водой.

3.4.3. Уклон трубопровода следует определять по формуле:

$$i = \frac{\lambda V^b}{2g 4R} \quad (3.9.)$$

где λ - коэф. гидравлического сопротивления трубопровода (канала);
 V - средняя скорость течения жидкости, м/с;
 g - ускорение свободного падения, м/с;
 R - гидравлический радиус потока, м;
 b - безразмерный показатель степени, характеризующий режим турбулентного течения жидкости - переходный ($b < 2$) или квадратичный ($b \geq 2$). При $b > 2$ следует принимать $b = 2$.

$$\lambda = 0,2 \left(\frac{K_{\text{э}}}{4R} \right)^a \quad (3.10.)$$

где a - эмпирический показатель степени, зависящий от $K_{\text{э}}$.

$$a = 0,314 K_{\text{э}}^{0,05} \quad (3.11.)$$

$$b = 3 - \frac{\lg Re_{KB}}{\lg Re_{\phi}} \quad (3.12.)$$

Число Рейнольдса Re_{KB} определяется по формуле:

$$Re_{KB} = \frac{500 4R}{K_{\text{э}}} \quad (3.13.)$$

Число Рейнольдса Re_{ϕ} определяется по формуле:

$$Re_{\phi} = \frac{V 4R}{\nu} \quad (3.14.)$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости воды. Обычно принимается равным $1,13 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ (температура воды 10°C);

$K_{\text{Э}}$ - коэффициент шероховатости материала труб. Принимается равным 0,1 мм.

3.4.4. Распределение средних скоростей движения воды по сечению кругло цилиндрического трубопровода подчиняется зависимости:

$$\frac{V_H}{V_{\Pi}} = \left(\frac{R_H}{R_{\Pi}} \right)^{\frac{1+a}{b}} \quad (3.15.)$$

или

$$\left(\frac{V_H}{V_{\Pi}} \right)^b = \left(\frac{R_H}{R_{\Pi}} \right)^{1+a} \quad (3.16.)$$

где $V_H, V_{\Pi}, R_H, R_{\Pi}$ - скорости течения и гидравлические радиусы потока воды при неполном и полном наполнении трубопровода.

3.4.5. Коэффициент шероховатости гофрированных труб с учетом режимов их эксплуатации следует принимать равным $K_{\text{Э}} = 0,1$ мм. Тогда параметр a по формуле (3.11) равен: $a = 0,28$; из (3.16):

$$\left(\frac{V_H}{V_{\Pi}} \right)^b = \left(\frac{R_H}{R_{\Pi}} \right)^{1,28} \quad (3.17.)$$

Значения $\left(\frac{V_H}{V_{\Pi}} \right)^b = f \left(\frac{R_H}{R_{\Pi}} \right)^{1,28}$ представлены в таблице 3.3.и графиком на рис. 3.1.

Таблица 3.3.

Наполнение трубопровода	Значение $\left(\frac{V_H}{V_{\Pi}} \right)^b$	Наполнение трубопровода	Значение $\left(\frac{V_H}{V_{\Pi}} \right)^b$
0,1	0,173	0,6	1,143
0,2	0,3933	0,7	1,242
0,3	0,614	0,8	1,285
0,4	0,82	0,9	1,252
0,5	1,0	1,0	1,0

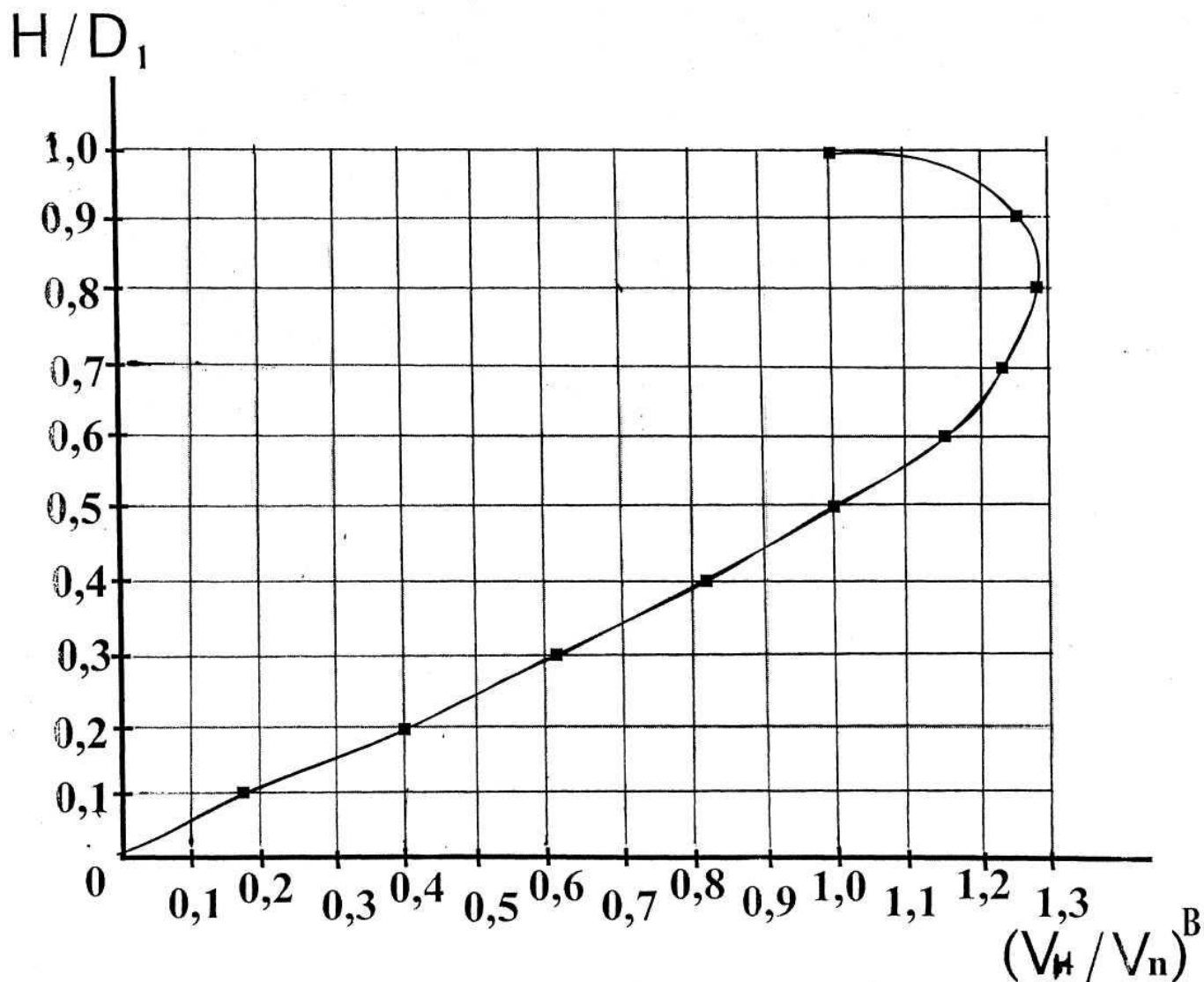


График (рис.3.1) служит для пересчёта скорости течения воды при полном наполнении трубопровода (V_{II}) на скорость при любом другом его наполнении (V_H)

Для этого следует табличное или снятое с графика (рис.3.1) значение возвести в степень $1/b$, где параметр « b » определяется по формуле (3.12.).

3.4.6. Расчетный (внутренний) диаметр D_1 , м, самотечных гофрированных труб может быть определён из следующих зависимостей:

- при наполнении трубопровода

$$\frac{h}{D_1} \leq 0,6$$

$$D_1 = \frac{1,13 \sqrt{\frac{q}{V}}}{\left(\frac{h}{D_1}\right)^{0,7}} \quad (3.18)$$

- при наполнении трубопровода

$$\frac{h}{D_1} > 0,6$$

$$D_1 = \frac{1,13 \sqrt{\frac{q}{V}}}{\left(\frac{h}{D_1}\right)^{0,4}} \quad (3.19.)$$

При скоростях течения воды 0,5 м/с и выше для определения внутреннего диаметра трубопровода допускается пользоваться номограммой (рис.3.2). При расчетах по номограмме результат достигается двумя наложениями линейки. Сначала прямой линией соединяются точки со значением V (первая шкала номограммы) и h/D_1 (третья шкала) и на немой шкале A делается засечка. Затем эта засечка соединяется прямой линией с точкой на шкале q (расход воды, правая сторона третьей шкалы номограммы) и прямая линия продолжается до пересечения с четвертой шкалой номограммы, где и определяется диаметр трубопровода.

Если полученное значение диаметра не предусмотрено сортаментом труб, выпускаемых ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП», на шкале диаметров выбирается ближайшее большее или меньшее значение, которое прямой линией соединяется со значением расхода жидкости (правая сторона третьей шкалы номограммы), и это прямая линия продолжается до пересечения с немой шкалой, где ставится новая засечка.

Далее к этой засечке прикладывается край линейки, с помощью которой на пересечениях со шкалами V и h/D_1 уточняются значения скорости течения воды и наполнение трубопровода.

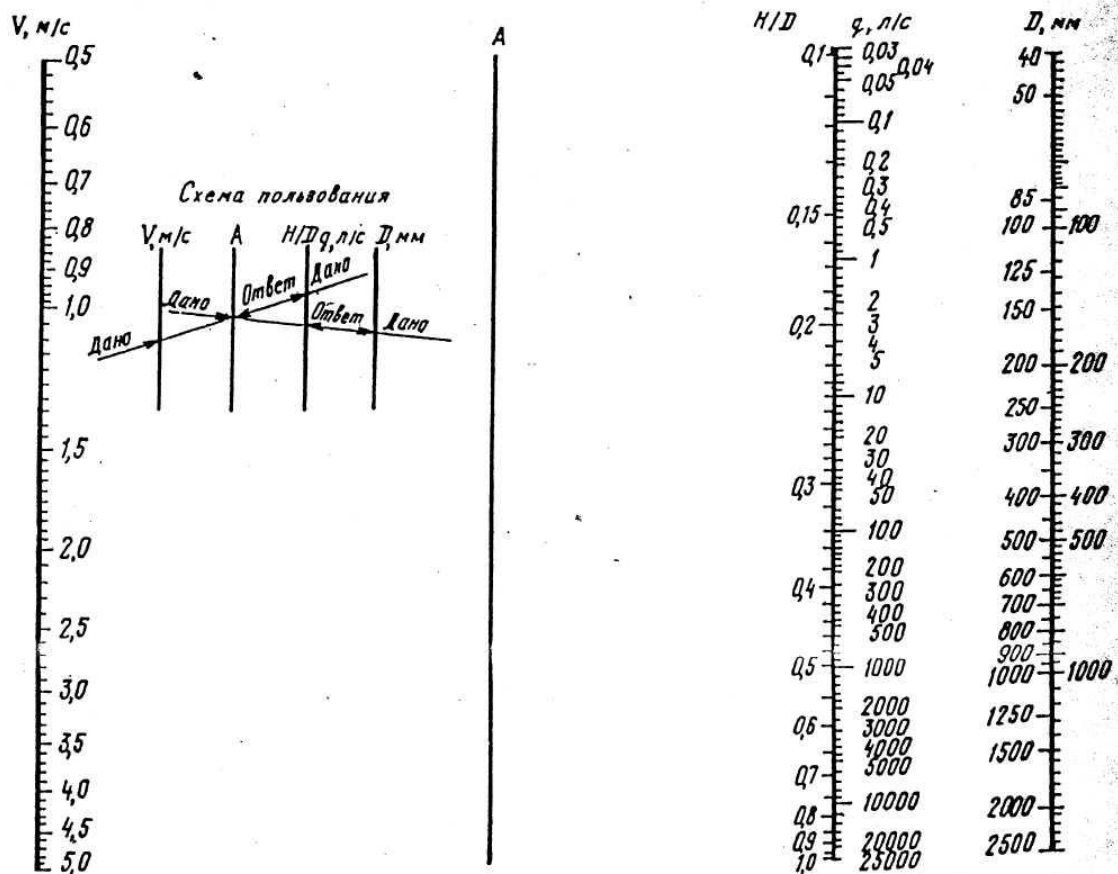


Рис. 3.2. Номограмма для определения диаметра самотёчного трубопровода.

3.4.7. После того, как определены все параметры - внутренний диаметр трубы и ее наполнение, расход и скорость течения воды—по формулам (3.4) - (3.9) рассчитывается уклон трубопровода.

Примечание. Допускается уклон гофрированных полиэтиленовых трубопроводов производства ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП» определять по таблицам приложения В. Эти же таблицы удобно использовать в тех случаях, когда уклон трубопровода задан и требуется определить диаметр трубопровода и параметры течения в нём воды.

Диаметр трубы и количество щелевых пропилов, имеющих конкретные размеры, - необходимые и достаточные параметры для окончательного выбора дренажных гофрированных труб по сортаменту ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП».

4. Строительство трубопроводов.

- 4.1. Монтаж трубопроводов из двухслойных гофрированных полиэтиленовых труб производства ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП» выполняется на дне траншеи, выровненном по нивелиру, в соответствии с регламентами федеральных нормативных документов [8,9,10].
- 4.2. Профиль траншеи может быть прямоугольным или с откосами 1:1. Ширина траншеи по дну равняется наружному диаметру трубы плюс 40-50 см, глубина траншеи определяется местными условиями объекта, учтёнными при проектировании.
- 4.3. Стенки прямоугольных траншей крепятся с помощью инвентарных щитков.

- 4.4. Трубы укладываются в осушенные траншеи, на непромерзшее дно.
- 4.5. При строительстве гидравлически совершенных дренажей, когда дно траншеи является водоупором (рис.4.1), оно укрепляется втрамбованным в грунт щебнем, поверх которого устраивается песчаная подушка толщиной 50 мм. [11].
- 4.6. При строительстве гидравлически несовершенных дренажей, когда дно траншеи не является водоупором (рис.4.2), на него укладывается слой дренирующих обсыпок определённого гранулометрического состава, определяемого расчётом. Трубопровод укладывается на этот слой дренирующих обсыпок. Общая толщина слоя зависит от количества слоёв дренажной обсыпки, но толщина каждого слоя должна быть не менее 200 мм.
- 4.7. После укладки трубопровода он засыпается также дренирующими обсыпками.
- 4.8. При расположении дренажа в песках гравелистых, крупных и средней крупности со средним диаметром частиц 0,3-0,4 мм и крупнее устраиваются однослойные обсыпки из гравия или щебня; при расположении в песках со средним диаметром частиц менее 0,3 мм, а также в мелких и пылеватых песках, супесях и при слоистом строении водоносного пласта устраиваются двухслойные обсыпки - внутренний слой из щебня, а внешний - из песка. В последнем случае могут применяться дренажные трубы в защитно-фильтрующей оболочке с однослойной обсыпкой из гравия и щебня.

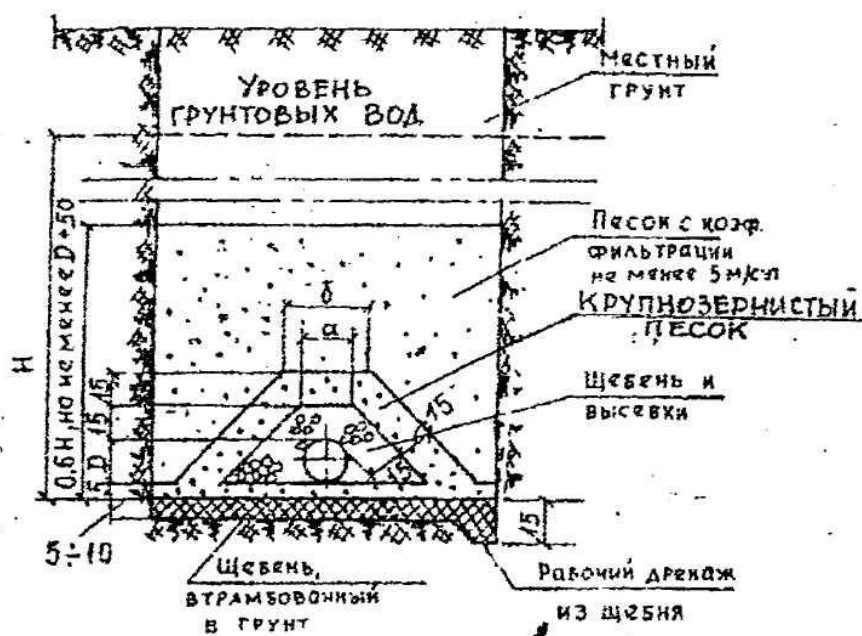


Рис. 4.1. Гидравлически совершенный дренаж

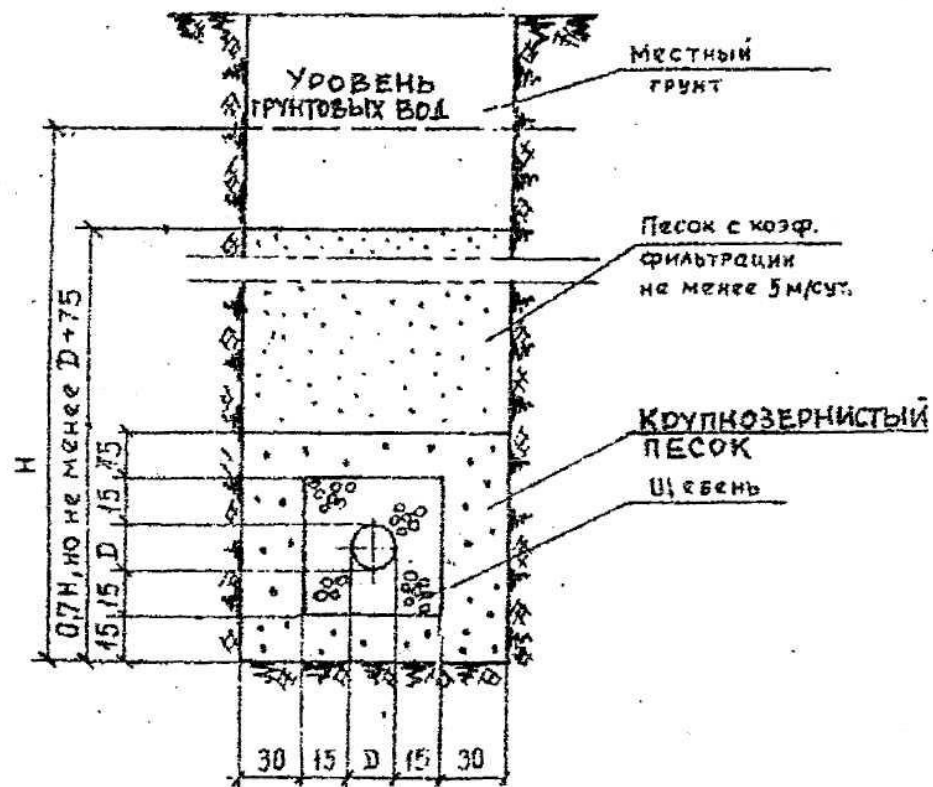


Рис. 4.2. Гидравлически несовершенный дренаж

- 4.9. Принципиальные схемы устройства закрытых горизонтальных дренажей представлены на рис. 4.3.
- 4.10. Подводящие самотёчные трубопроводы подпочвенного орошения закладывают в почве на глубине 40-50 см на расстоянии 200-400 м один от другого. Расстояние между оросительными дренажными трубами 1-2 м, длина их 100-200 м.
- 4.11. Перед монтажом дренажные трубы и соединительные муфты, поступившие на объект, должны пройти входной контроль качества, а именно:
- контроль сопроводительной документации;
 - выборочный визуальный осмотр труб и соединительных муфт;
 - выборочный контроль размеров труб и муфт;
 - периодический контроль правильности складирования труб.
- 4.12. Монтаж на дне траншеи заключается в соединении между собой с помощью монтажных муфт дренажных труб, поставляемых в бухтах или отрезках.
- 4.13. Соединенные таким образом звенья труб фиксируются грунтом дренажных обсыпок строго в горизонтальном положении с соблюдением проектного уклона.
- 4.14. При необходимости гофрированные трубы режутся между гофрами вручную ножовкой по дереву.
- 4.15. Перед соединением труб рекомендуется очистить их гладкие концы и внутреннюю поверхность муфт от грязи.
- 4.16. В процессе монтажа на конец одной трубы до упора одевается соединительная муфта, а затем в эту муфту вдвигается другая труба.

- 4.17. Монтаж труб диаметром до 150 мм выполняется вручную. При монтаже труб большего диаметра могут применяться специальные монтажные приспособления (например, конструкции НИИ Мосстрой — проект СКБ «Мосстрой» №5164).
- 4.18. Гидравлические испытания дренажных трубопроводов не производятся. Качество монтажа контролируется в процессе выполнения монтажных работ.
- 4.19. Монтаж трубопроводов следует выполнять при температуре наружного воздуха не ниже минус 10 С.

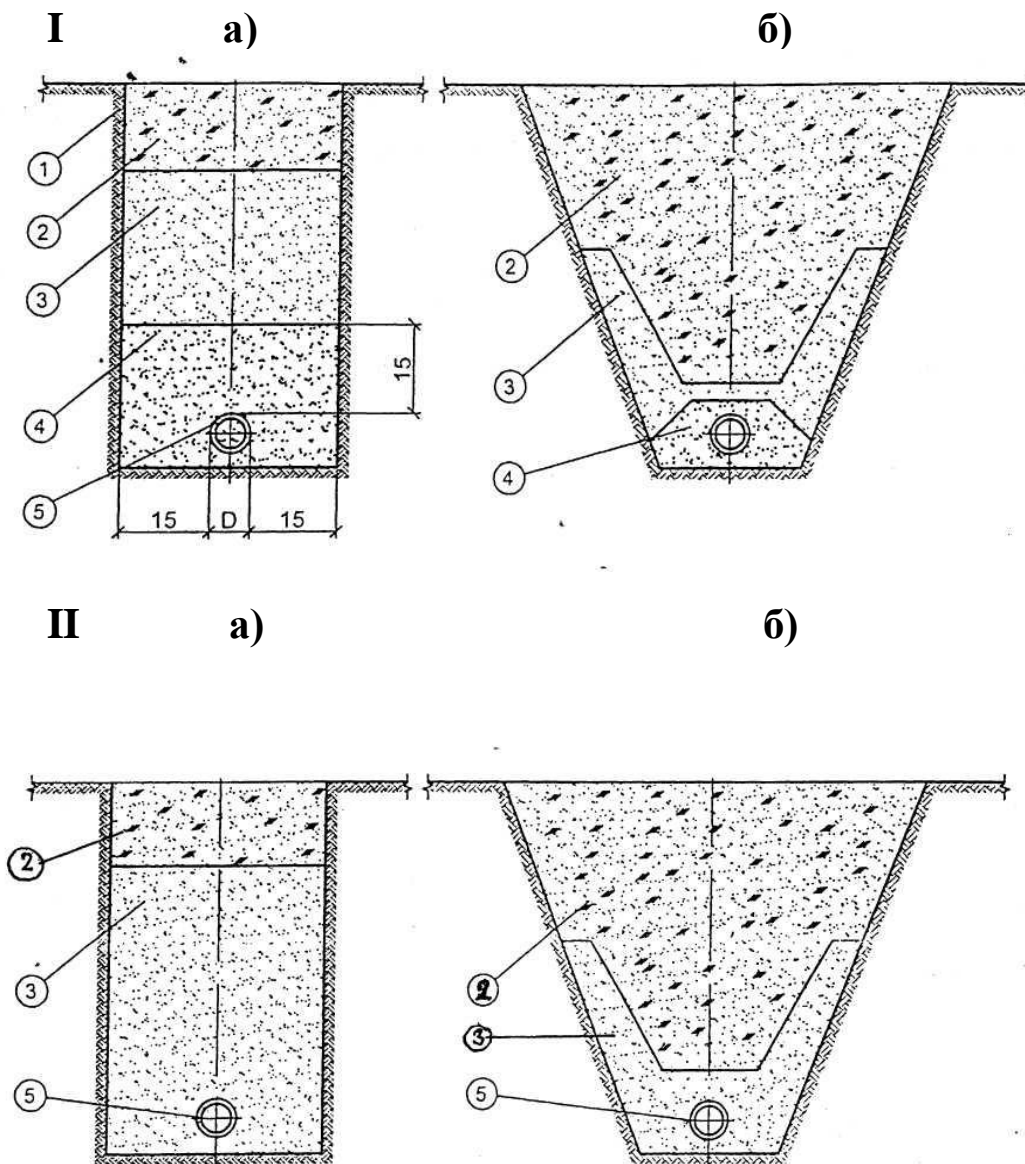


Рис. 4.3. Принципиальные конструктивные схемы горизонтальных дренажей с применением перфорированных гофрированных труб, укладываемых в траншею (однолинейный дренаж).

I - с однослойной обсыпкой песчано-гравелистым материалом;

II - с оберткой трубы геотекстильным материалом;

а) - в траншее с вертикальными стенками; б) - в траншее с откосами.

1- контур траншеи;

2- местный грунт;

3- обратная засыпка траншеи разнозернистым песком;

4- однослойная обсыпка мелким щебнем;

5- дренажная труба.

5. Техническая эксплуатация и ремонт дренажей.

- 5.1. Техническое обслуживание сети предусматривает наружный и внутренний осмотры дренажной сети и колодцев на ней.
- 5.2. Наружный осмотр имеет целью обнаружить и своевременно предупредить нарушения нормальной работы сети, выявить условия, угрожающие их сохранности.
- 5.3. Наружный осмотр проводят не реже одного раза в два месяца путём обхода трасс линий сети без опускания людей в колодцы. Результаты наблюдений заносятся в журнал.
- 5.4. Технический осмотр внутреннего состояния сети и колодцев выполняется один раз в год. При техническом осмотре колодцев обследуют стены, горловины, лотки, входящие и выходящие трубы, проверяют целостность скоб, лестниц, люков и крышек, очищают от скопившейся грязи полки и лотки.
- 5.5. Технический осмотр и диагностику внутренней поверхности трубопроводов рекомендуется проводить с помощью самоходных телевизионных установок.
- 5.6. На основании данных наружного и внутреннего осмотров сети составляют» дефектные ведомости, разрабатывают сметно-техническую документацию и производят текущий и капитальный ремонт.
- 5.7. Текущий ремонт на сети включает профилактическую прочистку линий, очистку колодцев от загрязнений, отложений и т.п., а также замену лотков, верхних и нижних крышек, скоб, лестниц, ремонт частей колодцев и т.д. Профилактическую прочистку выполняют, начиная с верховья, очищают сначала боковые линии, а затем магистральные.
- 5.8. При диаметре линий до 200 мм прочистку осуществляют промывкой водой или с помощью пластмассовых труб, резиновых шлангов меньшего диаметра. При диаметре труб свыше 200 мм используется гидродинамическая промывка высоконапорными струями.
- 5.9. Гидравлическую промывку с использованием снарядов применяют для удаления плотного осадка. В качестве снарядов могут быть использованы деревянные или надувные резиновые шары, диски, цилиндры («чушки») из полиуретана и т.д. Снаряды закрепляют на тросе, навитом на барабан ручной или механической лебедки, и запускают в верховой колодец промываемого участка. В зависимости от толщины слоя осадка диаметр снаряда должен быть на 10-30% меньше диаметра труб. Вначале пропускают снаряд меньшего диаметра, затем, по мере удаления осадка, используют снаряды большего диаметра. Скорость продвижения снаряда регулируют с помощью лебёдки и троса.
- 5.10. Гидродинамическую промывку допускается осуществлять с использованием специальной автоцистерны, оборудованной насосом высокого давления, лебедкой и гибким шлангом с соплом, создающим реактивное движение струи, для продвижения в трубопроводе снаряда и смыва осадка. Осадок из колодца извлекают насосом или бадьёй.
- 5.11. Категорически запрещается применять для механической прочистки сети из гофрированных полиэтиленовых труб металлические штанги, стальные снаряды, ерши и т.п.
- 5.12. Капитальный ремонт сети включает:
 - устройство новых или реконструкцию существующих колодцев;

- перекладку или реновацию участков трубопроводов с заменой труб.
- 5.13. Замена поврежденного участка трубопровода выполняется с помощью двух муфт в следующей последовательности: вырезают повреждённый участок трубопровода; по обе стороны вырезанного участка на свободные концы труб одевают муфты и надвигают их на трубы на всю длину муфт; вставляют в зазор между трубами гофрированную трубу, длина которой равна длине вырезанного участка, и надвигают на неё муфты.

6. Транспортирование и хранение гофрированных полиэтиленовых труб.

- 6.1. Полиэтиленовые гофрированные дренажные трубы допускается транспортировать любым видом транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.
- 6.2. При перевозке трубы следует укладывать на ровную поверхность транспортного средства. Во избежание повреждения труб в процессе транспортировки все поверхности транспортного средства, с которыми могут соприкоснуться трубы, не должны иметь острых выступов и неровностей.
- 6.3. Транспортирование, погрузка и разгрузка труб могут производиться при температуре воздуха не ниже (- 40°С).
- 6.4. При температуре наружного воздуха ниже (- 5°С) должны быть исключены удары труб друг о друга или о другие предметы.
- 6.5. При перевозке длина свешивающихся с кузова машины или прицепа концов труб не должна превышать 1,5 м.
- 6.6. Погрузку и разгрузку штучных гофрированных труб диаметром до 315 мм допускается производить вручную, упаковок труб - автомобильными кранами. В последнем случае следует пользоваться брезентовыми полотнами или другими мягкими приспособлениями, не повреждающими трубы. Сбрасывать трубы с транспортного средства и перемещать их волоком запрещается.
- 6.7. Полиэтиленовые гофрированные трубы допускается хранить в помещениях и на воздухе. Прямолинейные трубы следует хранить на стеллажах или в штабелях, рассортированными по типоразмерам, на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов, в тени, под навесом, защищенными от воздействия прямых солнечных лучей, в условиях, обеспечивающих их сохранность от механических повреждений. Трубы в бухтах следует хранить в вертикальном положении в один «этаж».
- 6.8. Высота штабеля труб не должна превышать 3 м.

7. Техника безопасности при строительстве дренажей.

- 7.1. Перед укладкой трубопроводов в траншею проводят проверку ее состояния и крепления откосов.
Траншеи, котлованы, колодцы перед работой в них людей необходимо проверять на наличие взрывоопасных и токсичных газов и паров.
- 7.2. В зоне движения людей все земляные сооружения под трубопроводы должны быть ограждены с устройством сигнального освещения.

Места переходов через траншеи должны быть оборудованы пешеходными мостиками с ограждениями.

- 7.3. Для спуска в широкие траншеи и котлованы следует устраивать стремянки с перилами шириной не менее 0,75 м. При узких траншеях используют приставные лестницы.
- 7.4. Грузоподъемные машины, применяемые для погрузочно-разгрузочных и монтажных работ, должны быть освидетельствованы, испытаны и размещены вне пределов призм возможного обрушения грунта.
Особую осторожность следует соблюдать при опускании в траншею труб, деталей трубопроводов, арматуры, укрупненных узлов. При этом должны быть исключены удары грузов о крепления траншеи и нахождение людей под грузом.
- 7.5. При использовании для монтажа полиэтиленовых дренажных труб электрифицированного инструмента для исключения поражения работающих электрическим током необходимо соблюдать правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.
- 7.6. При любом виде механической обработки полиэтиленовых труб следует помнить, что в связи с низкой теплопроводимостью этих материалов режущий инструмент может сильно нагреваться. При снятии деталей и смене инструмента следует оберегать руки от ожогов.
- 7.7. Следует помнить, что полиэтилен горюч. В связи с этим в зоне производства монтажных работ, на складе полиэтиленовых труб должны быть исключены все работы с применением открытого огня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по выбору гидравлических параметров для обоснования способа дренирования подтопленных городских территорий. ПНИИИС Госстроя СССР, 1986.
2. Рекомендации по инженерно-гидравлическому обоснованию защитного ПНИИИС Госстроя СССР, 1986
3. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. Справочное пособие к СНиП 2.06.15-85, М., Стройиздат, 1986.
4. Кулеш Н.П. Осушительные и оросительные мелиорации. М., «Высшая Школа», 1971.
5. СП 40-107-2003 «Проектирование, монтаж и эксплуатация систем внутренней канализации из полипропиленовых труб»
6. СНиП 2.04.03-84 «Канализация. Наружные сети и сооружения» (Зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 27.13330.2010)
7. СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем Водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования».
8. СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты.
Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 (с Изменениями N 1, 2)
9. СНиП 3.05.04-85. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.
(Зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 129.13330.2011)
10. Руководство по проектированию дренажей зданий и сооружений.
Москомархитектура, 2000.

**Химическая стойкость двухслойных гофрированных
труб из полиэтилена**

В таблице приложения принята следующая оценка химической стойкости материала труб:
 С - стоек (в веществе данной концентрации при данной температуре не происходит химического разрушения материала трубы);
 О - относительно стоек (в данном веществе происходит частичная потеря несущей способности труб и трубы должны применяться с повышенным запасом прочности);
 Н - нестойк (применение труб недопустимо в данном веществе).

Вещество	Концентрация, %	Температура, °С	Оценка химической стойкости материала труб
			ПНД
Азотная кислота	5	60	-
	30	20	-
	30	60	О
	50	20	О
	50	60	Н*
Аммиак, водный	Насыщенный	20	С
	»	60	С
Аммония сульфат	»	60	С
Аммония хлорид	До 10	20	С
	» 10	60	С
Борная кислота	Насыщенная	20	С
	»	60	С
Бура	До 10	20	С
	» 10	60	С
Винная кислота	10	20	С
	10	60	С
	Насыщенная	20	С
	»	60	С
Водорода перекись	30	20	С
	30	60	С
	90	20	С
	90	60	Н
Газ природный, состоящий в основном из метана	-	20	С*
Гликоль	Технический	20	С
	»	60	С
Глицерин	Любая	20	С
	»	60	О
Декстрин	18	20	С
	18	60	С
Дрожжи	До 10	20	С
	» 10	60	С
Дубильный экстракт	Технический	20	С

ПРИЛОЖЕНИЕ А (продолжение)

Вещество	Концентрация, %	Температура, °С	Оценка химической стойкости материала труб
			ПНД
Железа нитрат	Насыщенный	20	С
	»	60	-
Животные масла	100	20	С
	100	60	О
Жирные кислоты	100	20	С
	100	60	О
Калия гидроокись (едкий калий)	50	20	С
	50	60	С
Калия карбонат	Насыщенный	20	С
	»	60	С
Калия хлорид	»	20	С
	»	60	С
Кальция гидроокись (гашеная известь)	»	20	С
	100	60	С
Кальция гипохлорит	35	20	С
	35	60	С
Кальция хлорид	Насыщенный	20	С
	»	60	С
Квасцы алюмо-калиевые	До 10	20	С
	» 10	60	С
Конденсат газовый (смесь алифатических и ароматических веществ)	-	20	С*
Крахмал	Любая	20	С
	»	60	С
Магния сульфат	До 10	20	С
	» 10	60	С
Мазут	-	20	С
Масляная кислота	Техническая	20	С
Минеральное масло	100	20	С
	100	60	С
Меди сульфат	До 10	20	С
	» 10	60	С
Меласса	Обычная	20	С
	»	60	С
Мочевина	Насыщенная	20	С
	»	60	С
Моющие вещества	До 10	20	С*
	» 10	60	С*
Муравьиная кислота	50	20	С
	50	60	С
	100	20	С
	100	60	С

ПРИЛОЖЕНИЕ А (продолжение)

Вещество	Концентрация, %	Температура, °С	Оценка химической стойкости материала труб
			ПНД
Натрия гидроокись (едкий натр)	30	20	С*
	30	60	С*
	50	20	С*
	50	60	С*
Натрия гипохлорит, содержащий 12% хлора	-	20	О*
	-	60	Н*
Натрия карбонат	Насыщенный	20	С
	»	60	С
Натрия хлорид (поваренная соль)	25	20	С*
	25	60	С*
Нефть нефрак- ционированная	-	20	С*
Олеиновая кислота	Торговая	20	С
	»	60	С
Парафин	100	20	С
	100	60	С
Перхлорная кислота	50	20	С
	50	60	О
	70	20	С
Сера	-	20	С
	-	60	С
Серебра нитрат	20	20	С
	20	60	С
Серная кислота	40	20	С*
	40	60	С*
	80	20	С*
	80	60	С*
Соляная кислота	20	20	С*
	20	60	С*
	35	20	С*
	35	60	С*
Стеариновая кислота	Техническая	20	С
	»	60	С
Трансформаторное масло	100	20	С*
	100	60	С*
Тринатрий фосфат	Технический	20	С
	»	60	С
Уксусная кислота	50	20	О*
	50	60	О*
	98	20	Н*
Фосфорная кислота	98	60	Н*
	10	20	С
	10	60	С
	50	20	С
	50	60	С

ПРИЛОЖЕНИЕ А (продолжение)

Вещество	Концентрация, %	Температура, °С	Оценка химической стойкости материала труб
			ПНД
Фотографические проявители	Торговая	20	С
	»	60	С
Хлороформ	100	20	Н*
Хромовая кислота	10	20	С
	10	60	О*
	30	20	Н*
	30	60	О*
Цинка хлорид	До 10	20	С
	» 10	60	С
Щавелевая кислота	Насыщенная	20	С
	»	60	С
Яблочная кислота	Разбавленная	20	С
Напитки:			
вода, вода	Обычная	20	С*
минеральная, водка, ликеры, молоко, пиво, сидр, соки, квас, вино		60	С*

Примечание:

1. Знак «-» означает, что данные отсутствуют.
2. * Данные получены на основании испытаний в химических веществах нагруженных образцов труб.

K_s 0,1 мм
Диаметр трубы 100 мм

h/d	$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$		$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$		$i = 0,016$	
	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с
0,1	0,121	0,296	0,115	0,282	0,122	0,299	0,129	0,315	0,135	0,331	0,141	0,346	0,147	0,360
0,2	0,519	0,464	0,515	0,461	0,544	0,487	0,572	0,512	0,600	0,537	0,626	0,560	0,652	0,583
0,3	1,175	0,593	1,191	0,601	1,257	0,634	1,321	0,667	1,384	0,698	1,444	0,728	1,501	0,757
0,4	2,039	0,695	2,095	0,714	2,210	0,753	2,321	0,791	2,430	0,882	2,533	0,863	2,632	0,897
0,5	3,041	0,774	3,156	0,804	3,327	0,847	3,492	0,889	3,655	0,931	3,809	0,970	3,957	1,008
0,6	4,101	0,834	4,283	0,870	4,514	0,917	4,737	0,963	4,956	1,007	5,163	1,049	5,363	1,090
0,7	5,123	0,872	5,371	0,915	5,659	0,964	5,938	1,011	6,212	1,058	6,471	1,102	6,720	1,144
0,8	5,988	0,889	6,288	0,933	6,625	0,983	6,951	1,032	7,271	1,079	7,573	1,124	7,865	1,168
0,9	6,523	0,876	6,841	0,919	7,208	0,968	7,563	1,016	7,912	1,063	8,242	1,107	8,559	1,150
1,0	6,083	0,774	6,312	0,804	6,654	0,847	6,985	0,889	7,310	0,931	7,618	0,970	7,914	1,008

h/d	$i = 0,017$		$i = 0,018$		$i = 0,02$		$i = 0,025$		$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$	
	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с
0,1	0,166	0,405	0,171	0,418	0,182	0,444	0,206	0,504	0,228	0,558	0,249	0,608	0,267	0,654
0,2	0,704	0,630	0,727	0,650	0,771	0,690	0,873	0,780	0,964	0,862	1,048	0,937	1,126	1,007
0,3	1,518	0,798	1,631	0,823	1,729	0,872	1,953	0,985	2,154	1,087	2,340	1,180	2,512	1,267
0,4	2,747	0,936	2,834	0,966	3,003	1,023	3,387	1,155	3,734	1,273	4,053	1,381	4,348	1,482
0,5	4,090	1,042	4,219	1,074	4,469	1,138	5,038	1,283	5,550	1,413	6,021	1,533	6,457	1,644
0,6	5,508	1,120	5,681	1,155	6,016	1,223	6,779	1,378	7,465	1,517	8,096	1,646	8,680	1,764
0,7	6,875	1,171	7,090	1,207	7,507	1,278	8,456	1,440	9,310	1,585	10,095	1,719	10,822	1,843
0,8	8,033	1,192	8,284	1,230	8,770	1,302	9,878	1,466	10,875	1,614	11,791	1,750	12,639	1,876
0,9	8,753	1,176	9,027	1,212	9,557	1,284	10,766	1,446	11,852	1,592	12,852	1,726	13,777	1,850
1,0	8,180	1,042	8,438	1,074	8,937	1,138	10,075	1,283	11,100	1,413	12,042	1,533	12,914	1,644

$K, 0,1$ мм
Диаметр трубы 150 мм

h/d	$i = 0,005$		$i = 0,006$		$i = 0,007$		$i = 0,008$		$i = 0,009$		$i = 0,01$		$i = 0,011$	
	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$
0,1	0,241	0,266	0,241	0,267	0,267	0,295	0,291	0,321	0,314	0,347	0,336	0,371	0,356	0,393
0,2	1,034	0,418	1,075	0,434	1,184	0,478	1,289	0,521	1,386	0,560	1,480	0,598	1,568	0,633
0,3	2,343	0,534	2,485	0,566	2,733	0,623	2,969	0,677	3,190	0,727	3,401	0,775	3,600	0,820
0,4	4,065	0,626	4,369	0,673	4,798	0,739	5,209	0,802	5,592	0,861	5,956	0,917	6,301	0,970
0,5	6,066	0,698	6,578	0,757	7,218	0,830	7,830	0,901	8,401	0,966	8,945	1,029	9,459	1,088
0,6	8,181	0,751	8,925	0,819	9,788	0,899	10,614	0,974	11,383	1,045	12,116	1,112	12,808	1,176
0,7	10,220	0,786	11,191	0,861	12,269	0,944	13,300	1,023	14,261	1,097	15,176	1,167	16,040	1,234
0,8	11,946	0,801	13,100	0,878	14,361	0,963	15,566	1,044	16,689	1,119	17,758	1,191	18,767	1,258
0,9	13,014	0,789	14,254	0,865	15,628	0,948	16,940	1,028	18,164	1,102	19,328	1,173	20,428	1,239
1,0	12,132	0,698	13,156	0,757	14,436	0,830	15,661	0,901	16,802	0,966	17,889	1,029	18,917	1,088

h/d	$i = 0,012$		$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$		$i = 0,016$		$i = 0,017$		$i = 0,018$	
	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$
0,1	0,402	0,444	0,430	0,467	0,448	0,487	0,466	0,506	0,483	0,525	0,500	0,543	0,516	0,560
0,2	1,703	0,688	1,820	0,724	1,895	0,754	1,969	0,783	2,039	0,811	2,109	0,838	2,175	0,865
0,3	3,877	0,869	4,075	0,914	4,240	0,951	4,403	0,987	4,562	1,023	4,726	1,060	4,857	1,089
0,4	6,623	1,020	7,070	1,071	7,356	1,114	7,635	1,157	7,903	1,197	8,166	1,237	8,417	1,275
0,5	9,854	1,133	10,515	1,190	10,939	1,238	11,351	1,285	11,747	1,330	12,136	1,374	12,506	1,415
0,6	13,263	1,217	14,150	1,278	14,718	1,330	15,270	1,379	15,802	1,427	16,322	1,474	16,819	1,519
0,7	16,547	1,273	17,652	1,336	18,359	1,390	19,046	1,442	19,708	1,492	20,356	1,541	20,973	1,587
0,8	19,331	1,296	20,622	1,361	21,446	1,415	22,248	1,468	23,020	1,519	23,776	1,569	24,497	1,616
0,9	21,067	1,278	22,474	1,342	23,373	1,395	24,248	1,448	25,090	1,498	25,915	1,547	26,701	1,594
1,0	19,708	1,133	21,030	1,190	21,877	1,238	22,701	1,285	23,495	1,330	24,272	1,374	25,013	1,415

$K, 0,1$ мм
Диаметр трубы 200 мм

h/d	$i = 0,003$		$i = 0,004$		$i = 0,005$		$i = 0,006$		$i = 0,007$		$i = 0,008$		$i = 0,009$	
	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$
0,1	0,382	0,242	0,408	0,259	0,472	0,300	0,531	0,337	0,585	0,371	0,636	0,403	0,684	0,434
0,2	1,641	0,381	1,814	0,421	2,090	0,485	2,342	0,544	2,572	0,597	2,790	0,648	2,995	0,695
0,3	3,721	0,487	4,191	0,549	4,815	0,630	5,385	0,705	5,906	0,773	6,398	0,838	6,861	0,898
0,4	6,459	0,571	7,363	0,651	8,447	0,747	9,435	0,835	10,338	0,914	11,189	0,990	11,989	1,060
0,5	9,642	0,637	11,081	0,732	12,698	0,839	14,173	0,937	15,517	1,025	16,785	1,109	17,977	1,188
0,6	13,006	0,686	15,032	0,793	17,212	0,908	19,200	1,013	21,011	1,108	22,720	1,198	24,324	1,283
0,7	16,249	0,718	18,846	0,833	21,569	0,953	24,051	1,063	26,312	1,163	28,445	1,257	30,447	1,346
0,8	18,994	0,732	22,060	0,850	25,244	0,973	28,144	1,084	30,787	1,186	33,279	1,282	35,618	1,372
0,9	20,690	0,721	24,004	0,837	27,472	0,958	30,632	1,068	33,511	1,168	36,227	1,263	38,776	1,352
1,0	19,283	0,637	22,163	0,732	25,396	0,839	28,345	0,937	31,034	1,025	33,571	1,109	35,953	1,188

h/d	$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$		$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$		$i = 0,016$	
	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$
0,1	0,771	0,489	0,855	0,523	0,897	0,548	0,938	0,573	0,977	0,597	1,014	0,620	1,051	0,642
0,2	3,258	0,756	3,609	0,807	3,783	0,846	3,951	0,884	4,111	0,919	4,266	0,954	4,416	0,988
0,3	7,562	0,954	8,063	1,017	8,452	1,066	8,824	1,113	9,177	1,157	9,517	1,200	9,845	1,242
0,4	12,636	1,118	13,976	1,191	14,639	1,247	15,276	1,302	15,883	1,353	16,470	1,403	17,038	1,452
0,5	18,786	1,241	20,771	1,322	21,751	1,385	22,692	1,445	23,590	1,502	24,457	1,557	25,295	1,610
0,6	25,272	1,333	27,936	1,420	29,249	1,486	30,510	1,550	31,713	1,611	32,874	1,670	33,998	1,728
0,7	31,522	1,393	34,839	1,483	36,473	1,553	38,042	1,620	39,538	1,683	40,983	1,745	42,381	1,804
0,8	36,821	1,419	40,693	1,510	42,600	1,581	44,431	1,649	46,177	1,714	47,863	1,776	49,494	1,837
0,9	40,131	1,399	44,353	1,489	46,434	1,559	48,430	1,626	50,335	1,690	52,174	1,752	53,953	1,812
1,0	37,571	1,241	41,541	1,322	43,502	1,385	45,383	1,445	47,179	1,502	48,913	1,557	50,591	1,610

ПРИЛОЖЕНИЕ В (Продолжение)

K_s 0,1 мм
Диаметр трубы 250 мм

h/d	$i = 0,003$		$i = 0,004$		$i = 0,005$		$i = 0,006$		$i = 0,007$		$i = 0,008$		$i = 0,009$	
	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с
0,1	0,709	0,288	0,768	0,312	0,885	0,360	0,992	0,403	1,090	0,443	1,182	0,481	1,269	0,516
0,2	3,029	0,451	3,391	0,504	3,892	0,579	4,347	0,647	4,765	0,709	5,156	0,767	5,524	0,822
0,3	6,848	0,575	7,800	0,655	8,933	0,750	9,959	0,836	10,903	0,915	11,783	0,989	12,611	1,058
0,4	11,867	0,673	13,670	0,775	15,632	0,886	17,408	0,987	19,040	1,079	20,562	1,166	21,993	1,247
0,5	17,690	0,749	20,536	0,870	23,460	0,994	26,106	1,106	28,536	1,209	30,800	1,305	32,929	1,395
0,6	23,842	0,806	27,823	0,941	31,764	1,074	35,327	1,194	38,599	1,305	41,647	1,408	44,512	1,505
0,7	29,772	0,843	34,855	0,987	39,776	1,127	44,224	1,253	48,307	1,368	52,110	1,476	55,685	1,577
0,8	34,793	0,859	40,788	1,007	46,538	1,149	51,735	1,277	56,506	1,395	60,949	1,505	65,125	1,608
0,9	37,907	0,847	44,393	0,992	50,658	1,132	56,321	1,258	61,520	1,374	66,361	1,483	70,912	1,584
1,0	35,380	0,749	41,072	0,870	46,921	0,994	52,212	1,106	57,071	1,209	61,600	1,305	65,858	1,395

h/d	$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$		$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$		$i = 0,016$	
	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с	q , л/с	V , м/с
0,1	1,408	0,572	1,563	0,611	1,639	0,641	1,711	0,669	1,781	0,697	1,849	0,723	1,914	0,749
0,2	5,928	0,882	6,572	0,941	6,886	0,985	7,183	1,028	7,471	1,069	7,749	1,109	8,017	1,147
0,3	13,751	1,110	14,665	1,184	15,348	1,239	16,010	1,292	16,637	1,343	17,257	1,393	17,848	1,441
0,4	22,910	1,299	25,366	1,383	26,556	1,448	27,682	1,510	28,771	1,569	29,823	1,626	30,836	1,682
0,5	34,029	1,441	37,665	1,535	39,423	1,606	41,086	1,674	42,694	1,739	44,247	1,803	45,742	1,864
0,6	45,750	1,547	50,627	1,646	52,982	1,723	55,209	1,795	57,363	1,865	59,442	1,933	61,445	1,998
0,7	57,041	1,616	63,113	1,720	66,042	1,800	68,813	1,875	71,492	1,948	74,077	2,018	76,569	2,086
0,8	66,619	1,645	73,707	1,751	77,125	1,832	80,357	1,909	83,483	1,983	86,500	2,055	89,406	2,124
0,9	72,617	1,622	80,346	1,727	84,075	1,807	87,600	1,883	91,010	1,956	94,301	2,027	97,472	2,095
1,0	68,057	1,441	75,329	1,535	78,845	1,606	82,171	1,674	85,388	1,739	88,493	1,803	91,489	1,864

ПРИЛОЖЕНИЕ В (Продолжение)

$K, 0,1$ мм
Диаметр трубы 315 мм

h/d	$i = 0,0025$		$i = 0,0035$		$i = 0,0045$		$i = 0,0055$		$i = 0,006$		$i = 0,008$	
	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$
0,1	1,34	0,33	1,54	0,38	1,83	0,45	2,03	0,50	2,15	0,53	2,52	0,62
0,2	5,77	0,52	6,65	0,60	7,76	0,70	8,65	0,78	9,10	0,82	10,54	0,95
0,3	13,18	0,67	15,10	0,77	17,50	0,89	19,67	1,00	20,65	1,05	23,80	1,21
0,4	22,70	0,78	26,20	0,90	30,57	1,05	37,77	1,16	35,52	1,22	41,05	1,41
0,5	33,90	0,87	38,96	1,00	45,20	1,16	50,26	1,29	53,00	1,36	61,18	1,57
0,6	45,89	0,94	52,24	1,07	61,02	1,25	67,86	1,39	71,27	1,46	82,50	1,69
0,7	57,10	0,98	65,26	1,12	76,32	1,31	84,48	1,45	89,14	1,53	102,55	1,76
0,8	66,84	1,00	76,86	1,15	88,89	1,33	98,92	1,48	104,27	1,56	119,64	1,79
0,9	72,39	0,98	83,48	1,13	96,77	1,31	107,85	1,46	113,02	1,53	130,75	1,77
1,0	67,80	0,87	77,93	1,00	90,40	1,16	100,53	1,29	105,99	1,36	122,35	1,57

h/d	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$	
	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$	$q, \text{л/с}$	$V, \text{м/с}$
0,1	2,80	0,69	3,12	0,77	3,37	0,83	3,65	0,90	3,85	0,95	4,06	1,00
0,2	11,87	1,07	13,20	1,19	14,20	1,28	15,31	1,38	16,31	1,47	17,19	1,55
0,3	26,75	1,36	29,50	1,50	31,86	1,62	34,22	1,74	36,38	1,85	38,35	1,95
0,4	46,00	1,58	50,95	1,75	55,02	1,89	59,10	2,03	62,59	2,15	66,08	2,27
0,5	68,58	1,76	75,59	1,94	81,82	2,10	85,72	2,25	93,13	2,39	98,19	2,52
0,6	92,27	1,89	101,54	2,08	109,84	2,25	117,65	2,41	124,97	2,56	131,81	2,70
0,7	114,78	1,97	126,43	2,17	136,92	2,35	140,83	2,52	156,15	2,68	164,31	2,82
0,8	134,34	2,01	147,71	2,21	160,41	2,40	171,77	2,57	181,80	2,72	191,82	2,87
0,9	146,27	1,98	161,04	2,18	174,34	2,36	186,90	2,53	198,72	2,69	209,66	2,83
1,0	137,16	1,76	151,19	1,94	163,65	2,10	175,34	2,25	186,25	2,39	196,39	2,52