

1 Общие сведения

1.1 История материалов для дренажных труб

Системы дренажей всегда играли большую роль в жизни людей, т.к. они существенно повышали производительность в сельском хозяйстве и позволяли защищать жилища от подтопления. С развитием технологий системы дренажей стали необходимы во многих областях жизнедеятельности, таких как горные выработки, строительство автодорог, аэродромов и т.д. В середине 20-го века было изобретено новое решение – полимерные трубы, которые позволили быстро строить долговечные и надежные дренажные системы. За короткий промежуток времени были разработаны и использованы трубы из поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена, полипропилена и различных их производных. Эти трубы легкие и удобные в монтаже и, кроме того, доступны по ценам. В процессе строительства и эксплуатации канализационных сетей были замечены и недостатки некоторых материалов, например, ПВХ не всегда отвечал необходимым эксплуатационным параметрам, в первую очередь за счет повышенной хрупкости и низкой морозостойкости, в то время как марки полиэтилена постоянно совершенствовались.

На данный момент полиэтилен обладает оптимальным сочетанием физико-химических свойств: высокая химическая стойкость, морозостойкость, вязкость, долговечность, способность к самокомпенсации внутренних напряжений и многие другие, которые будут рассмотрены ниже. В последние годы прогресс был направлен в сторону создания более легких типов труб с высокой кольцевой жесткостью и лучшим соотношением «жесткость/материалоемкость» по сравнению с другими материалами.

Проводились исследования по самым разнообразным типам профиля трубных стенок, что привело к созданию, в частности, труб ПЕРФОКОР.

Двухслойные полиэтиленовые трубы ПЕРФОКОР с различными схемами перфорации отличаются превосходной стойкостью к агрессивному воздействию грунтовых вод и нагрузкам, возникающим во время установки и эксплуатации, легкостью монтажа, долговечностью, а также превосходным соотношением «качество/цена».

1.2 Требования к дренажным системам. Экономическая целесообразность

Требования, предъявляемые к дренажным системам, таковы:

- хорошие длительно обеспечиваемые гидравлические характеристики;
- устойчивость к внешним нагрузкам;
- оптимальная коррозионная и химическая стойкость;
- высокая стойкость к истиранию;
- низкая зарастаемость различными типами отложений;
- простой и быстрый монтаж;
- конкурентоспособная цена в сравнении с другими материалами.

Материал и тип трубы должны соответствовать условиям, предусмотренным проектом. В первую очередь это относится к гидравлическим характеристикам, внешнему диаметру и к значению коэффициента шероховатости. Стойкость к химическому агрессивному воздействию и истиранию должна оцениваться с учетом свойств грунтовых вод.

При анализе экономической целесообразности применения труб из полиэтилена, нужно отметить, что значительно важнее не просто делать сравнительные оценки затрат на прокладку, а рассматривать дренажную систему в комплексе, включая в эти оценки перспективные затраты на техническое обслуживание и ремонт, а также срок службы, желательно не менее 50 лет.

При проектировании трубопроводных систем первостепенное значение, как правило, придается вопросам окончательной стоимости (под которой понимают совокупную стоимость

материала, прокладки и эксплуатации) и долговечности при условии правильного обслуживания.

На этом основании разработчик проекта, заказчик, подрядчик и служба эксплуатации должны оптимизировать проект как единое целое, состоящее из: анализа детальных схем сооружения, оптимального выбора материала, точного определения наиболее экономичных и подходящих методов прокладки, технически и экономически эффективной установки, и, наконец, правильного режима эксплуатации.

Полиэтиленовая и полипропиленовая труба ПЕРФОКОР наилучшим образом отвечает всем указанным требованиям.

2 Номенклатура труб ПЕРФОКОР

2.1 Классы кольцевой жесткости

Трубы ПЕРФОКОР выпускаются различных классов кольцевой жесткости. Класс кольцевой жесткости (SN) – это величина, округленная до ближайшего наименьшего значения номинальной кольцевой жесткости из ряда 2, 4, 6, 8 и т.д. Значение кольцевой жесткости (S) определяется по эмпирическим формулам. Основными данными для её расчета, получаемыми экспериментально на испытательных стендах, являются нагрузка и деформация, соответствующие 4%-ой деформации испытуемого образца, а также длина испытуемого образца. Среднеарифметическое из трех значений кольцевой жесткости, полученных на образцах из одной партии труб записывают в кН/м² и округляют до ближайшего наименьшего значения из стандартного ряда.

Таким образом, класс кольцевой жесткости показывает максимально допустимую нагрузку на единицу площади поверхности трубы при 4%-ой деформации её вертикального диаметра без учета бокового отпора.

Теоретическая кольцевая жесткость трубы определяется по формуле:

$$SN = \frac{E_0 \cdot I}{d^3}$$

где: E_0 – кратковременный модуль упругости материала трубы, кН/м²

I – момент инерции профиля стенки трубы на единицу длины, м⁴/м

d – диаметр по центру тяжести профиля стенки трубы, м

$$d = d_i + 2 \cdot y$$

где:

d_i – внутренний диаметр трубы, м

y – расстояние до центра тяжести профиля стенки трубы, м

При разработке труб ПЕРФОКОР были проведены исследования, которые показали, что кольцевая жесткость труб ПЕРФОКОР в результате перфорации впадин гофра не меняется.

2.2 Конструкция и характеристики труб ПЕРФОКОР

Трубы ПЕРФОКОР изготавливают методом экструзии с двухслойной профилированной стенкой на предприятиях ООО «Группа «ПОЛИПЛАСТИК». Конструкция обеспечивает низкую материалоемкость изделия, высокую кольцевую жесткость, гладкую внутреннюю поверхность. Водоприемные прорези изготавливаются на заводе по различным схемам для различных условий работы дренажа.

Трубы изготавливают трех типов: «Перфокор-І», «Перфокор-ІІ» и «Перфокор-Аэро». Трубы «Перфокор-Аэро» повышенной кольцевой жесткости рекомендуется использовать при

повышенных механических нагрузках, например, при дренировании аэродромов. Трубы изготавливаются различных классов кольцевой жёсткости в зависимости от расчётной нагрузки на трубопровод: SN4 («Перфокор-I»); SN6, SN8 («Перфокор-II») и SN16 («Перфокор-Аэро»).

Трубы могут поставляться с защитным фильтром (оболочкой) из нетканого термоскрепленного или иглопробивного геотекстиля по желанию заказчика.

Таблица 1– Размеры труб «Перфокор-II» (110-160 мм) в миллиметрах

Номинальный размер трубопровода/внутренний диаметр (DN/OD)/di	Размеры водоприемного отверстия*	
	ширина	длина
110/91	2,8	11-13
125/107	2,8	13-16
160/139	2,8	16-20
* Размеры обеспечиваются инструментом		

Таблица 2 - Размеры труб «Перфокор-II» (200-630 мм) в миллиметрах

Номинальный размер трубопровода/внутренний диаметр (DN/OD)/di	Размеры водоприемного отверстия*			
	ширина			длина
200/176	2,8			45-60
250/216	2,5	3,7	4,0	55-90
315/271	2,5	3,7	4,0	70-110
400/343	3,4	4,0		90-140
500/427	3,7	4,0	6,0	95-140
630/535	4,0	6,0	7,0	100-150
* Размеры обеспечиваются инструментом				

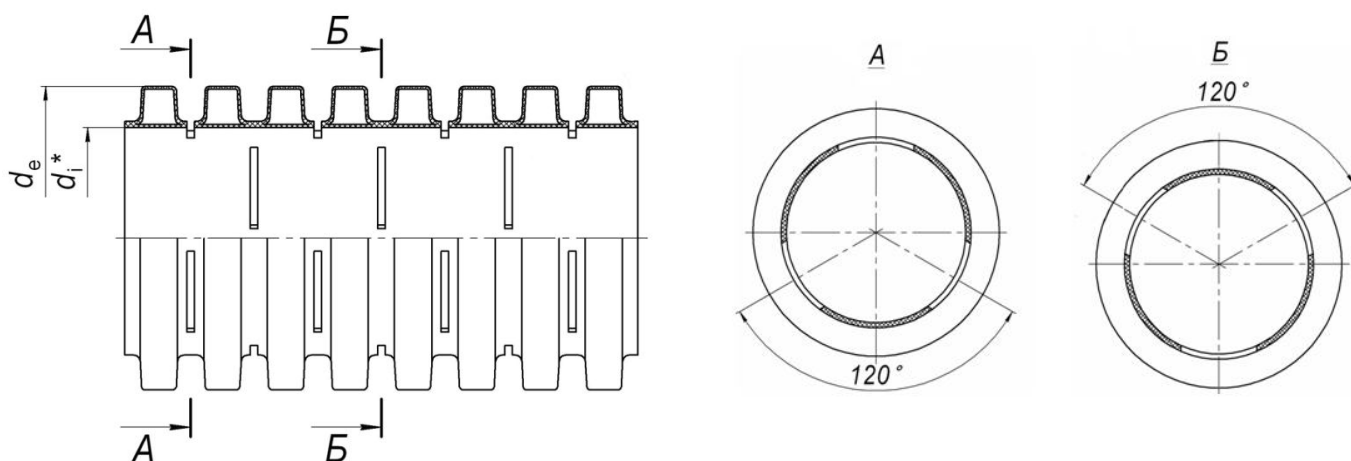


Рисунок 1– Дренажная труба «Перфокор-II» для диаметров 110-160 мм.
Полное перфорирование

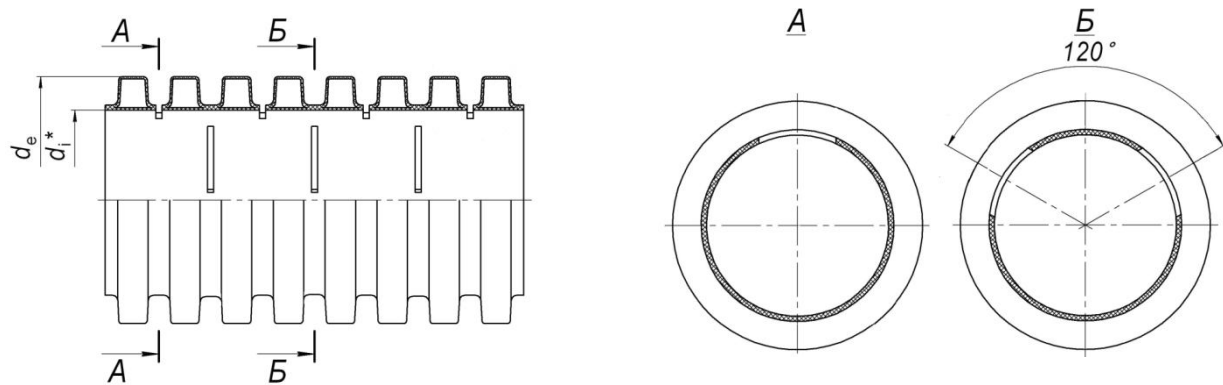


Рисунок 2 - Дренажная труба «Перфокор-II» для диаметров 110-160 мм.
Частичное перфорирование

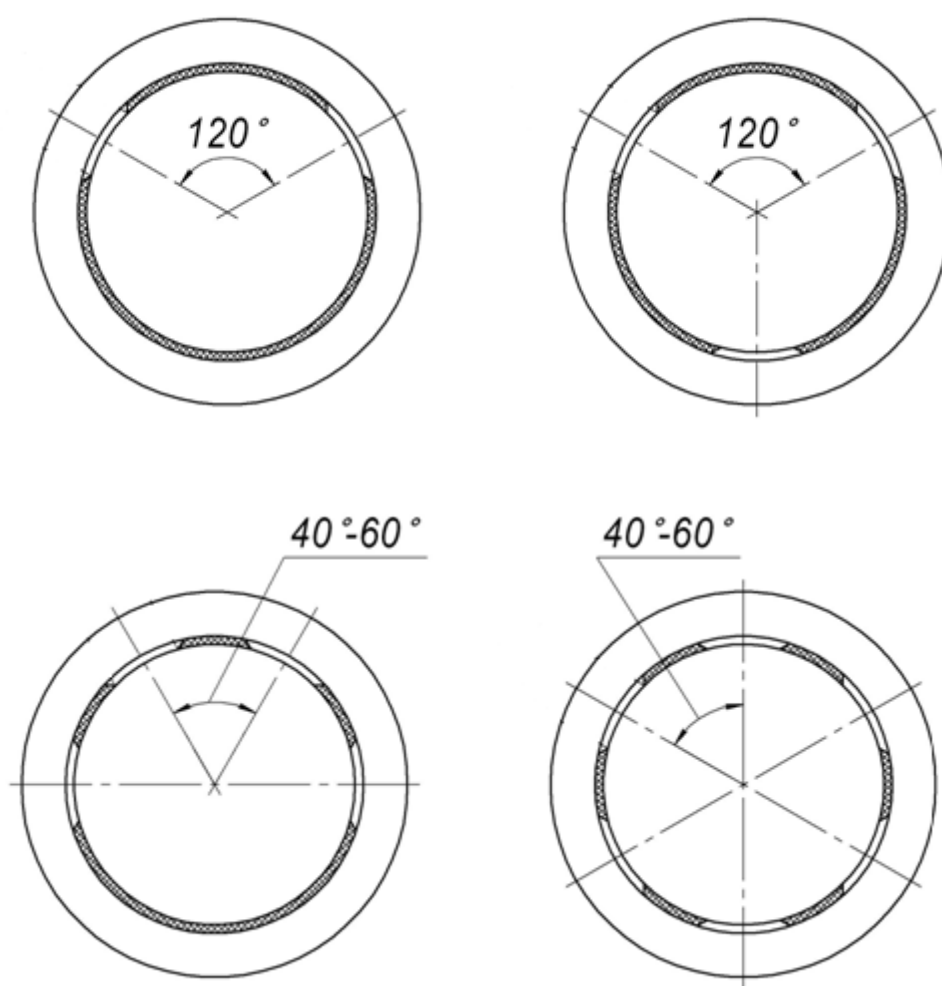


Рисунок 3 – Дренажная труба «Перфокор-II» для диаметров 200-630 мм.
Расположение водоприемных отверстий

Таблица 3 - Расчетная площадь водоприемных отверстий для труб. «Перфокор – II»
диаметром 200-630 мм

Номинальный наружный диаметр трубы DN/OD, мм	Ширина водоприемного отверстия, мм	Расчетная площадь водоприемных отверстий на один погонный метр трубы, см ² /м				
		Количество рядов водоприемных отверстий				
		два	три	четыре	шесть	
		в каждой впадине гофра	в каждой впадине гофра	в каждой впадине гофра	в каждой впадине гофра	в каждой второй впадине гофра
200	2,8	153-205	230-307	307-405	461-615	230-307
250	2,5	74-122	111-182	148-243	223-364	115-189
	3,7	110-180	165-269	220-360	330-540	171-280
	4,0	118-195	178-292	238-389	356-584	185-302
315	2,5	84-132	126-198	168-264	252-396	126-198
	3,7	125-196	186-293	249-391	373-586	185-293
	4,0	135-211	202-317	269-422	403-634	202-317
400	3,7	133-208	200-311	266-414	400-622	199-311
	4,0	144-224	216-336	288-448	432-672	216-336
500	3,7	119-176	179-264	239-352	358-528	189-280
	4,0	129-190	194-285	258-380	388-571	205-302
	6,0	194-286	291-429	388-572	581-857	308-454
630	4,0	104-156	156-234	208-312	312-468	168-252
	6,0	156-234	234-351	312-468	468-702	252-378
	7,0	182-273	273-410	364-546	546-819	294-441

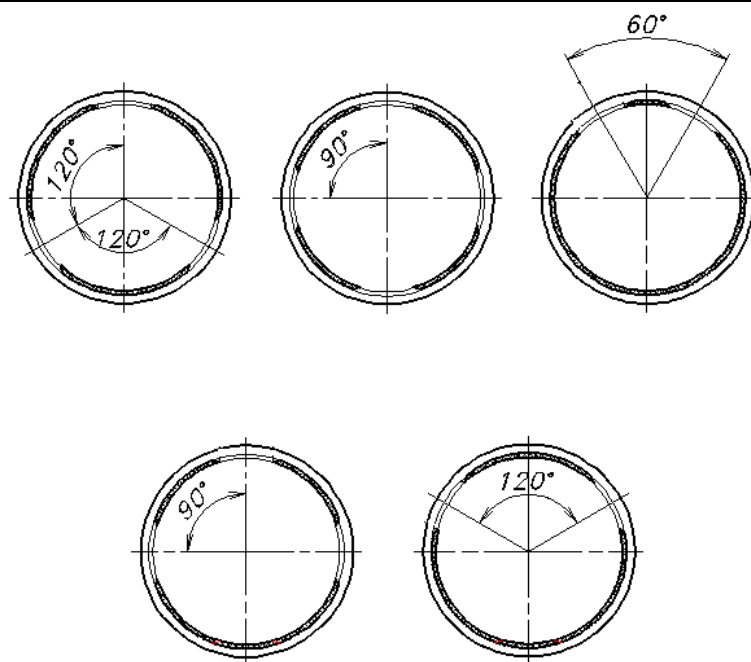


Рисунок 4 – Расположение водоприемных отверстий для дренажной трубы
«Перфокор-II» диаметром 200 мм.

Таблица 4 - Расчетная площадь водоприемных отверстий для труб «Перфокор – II» диаметром 200 мм

Номинальный наружный диаметр трубы DN/OD, мм	Ширина водоприемного отверстия, мм	Частота перфорации	Расчетная площадь водоприемных отверстий на один погонный метр трубы, см ²		
			Количество рядов водоприемных отверстий		
			два	три	четыре
200	2,8	в каждой третьей впадине гофра	51-68	76-102	102-136
		в каждой четвертой впадине гофра	38-51	57-76	76-102
		в каждой пятой впадине гофра	30-41	46-61	61-81
		в каждой шестой впадине гофра	25-34	38-51	51-68

Таблица 4а – Расчетная площадь водоприемных отверстий для труб «Перфокор-Аэро»

Номинальный наружный диаметр трубы DN/OD, мм	Расчетная площадь водоприемных отверстий на один погонный метр трубы, см ²	
	Частичное перфорирование	Полное перфорирование
110	39–46	77–91

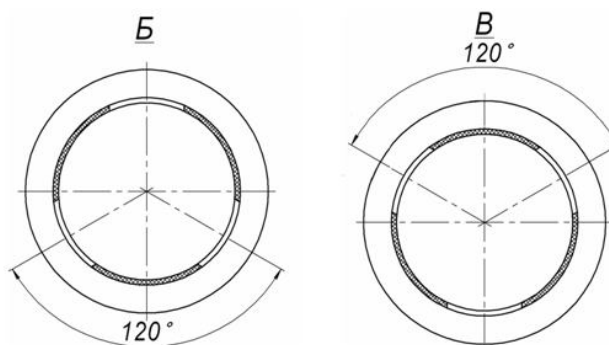
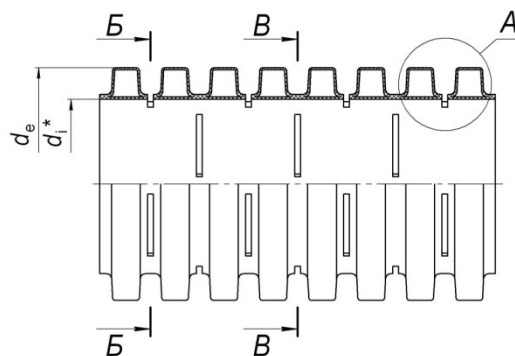
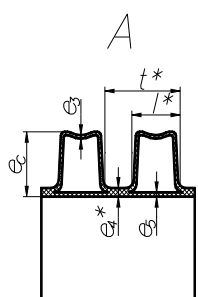


Рисунок 5– Дренажная труба «Перфокор-I»

Таблица 5– Размеры труб «Перфокор-1» в миллиметрах

Номинальный размер трубопровода /внутренний диаметр (DN/OD)/di	Средний наружный диаметр dem		Внутренни й диаметр d _i *	Толщин а стенки e ₄ *	Толщина стенки внутрен- него слоя e ₅ , не менее	Профиль гофр					Водоприемное отверстие*	
						Высота e _c *	Толщина стенки e ₃ , не менее для номинальной кольцевой жесткости		Шаг t*	Ширина выступа l*	Длина	Ширина
	SN 4	SN 8										
110/91	110	+2,0	91	1,0	0,1	8,7	0,4	0,6	12,0	8,6	8-15	1,5
125/107	125	+2,3	107	1,0	0,1	9,0	0,5	0,7	12,0	8,6	8-15	1,5
160/139	160	+2,9	139	1,0	0,1	10,0	0,6	0,8	12,0	9,0	8-15	1,5
* Размеры обеспечиваются инструментом												

Таблица 5а– Размеры труб «Перфокор-Аэро» в миллиметрах

Номинальный размер трубопровода/вн утренний диаметр (DN/OD)/ d_i	Средний наружный диаметр d_{em}		Внутренний диаметр d_i^*	Толщина стенки e_4^*	Толщина стенки внутрен- него слоя e_5 , не менее	Профиль гофр				Водоприемное отверстие*	
						Высота e_c^*	Толщина стенки e_3 , не менее для номинальной кольцевой жесткости	Шаг t^*	Ширина выступа l^*	Длина	Ширина
	номин.	пред. откл					SN 16				
110/91	110	+2,0	91	1,0	0,9	8,7	0,6	12,6	8,6	11-13	2,8
* Размеры обеспечиваются инструментом											

Таблица 6 - Расчетная масса 1 м труб типа «Перфокор – I»

Номинальный размер трубопровода/ внутренний диаметр (DN/OD)/di*	Расчетная масса труб при кольцевой жесткости, кг/м	
	SN 4	SN 8
110/91	0,4	0,55
125/107	0,6	0,8
160/139	1,0	1,5

Таблица 7 - Расчетная масса 1 м. труб типа «Перфокор - II»

Номинальный размер трубопровода/ внутренний диаметр (DN/OD)/di*	Расчетная масса труб при кольцевой жесткости, кг/м		
	SN 4	SN 6	SN 8
110/91	0,79	0,87	0,95
125/107	0,88	0,99	1,10
160/139	1,27	1,49	1,70
200/176	1,75	2,03	2,30
250/216	2,90	3,20	3,50
315/271	4,70	5,05	5,40
400/343	5,80	7,05	8,30
500/427	9,20	10,90	12,6
630/535	14,6	16,15	17,7

Таблица 7а - Расчетная масса 1 м труб типа «Перфокор-Аэро»

Номинальный размер трубопровода/ внутренний диаметр (DN/OD)/di*	Расчетная масса труб при кольцевой жесткости, кг/м
	SN 16
110/91	0,92

2.3 Номенклатура фитингов для дренажных систем ПЕРФОКОР

Трубы ПЕРФОКОР имеют всю гамму фитингов для самых разнообразных инженерных решений.

Таблица 8 - Размеры полиэтиленовых муфт для соединения труб ПЕРФОКОР равного диаметра, в миллиметрах

Номинальн ый размер трубопрово да DN/OD	Средний внутренний диаметр d _{im} , мм		Толщина стенки E _s , мм		Наружны й диаметр D*, мм	Длина L*, мм	Масса*, кг	Номер рисунк а
	Номин.	Пред. откл.	Номин	Пред. откл.				
160	162	+0,8	3,3	±0,4	175	200	0,43	Б.1
200	201	+1,0	3,2	±0,8	214	224	0,58	Б.1
250	252	+1,2	3,5	±1,0	267	228	0,82	Б.2
315	315	+1,4	4,0	±1,0	341	272	1,46	Б.2

400	401	+1,8	5,0	$\pm 1,0$	432	322	2,69	Б.2
500	501	+2,0	6,0	$\pm 1,0$	538	370	4,64	Б.2
630	631	+2,4	7,0	$\pm 1,0$	644	449	7,84	Б.2
* Размеры для справок								

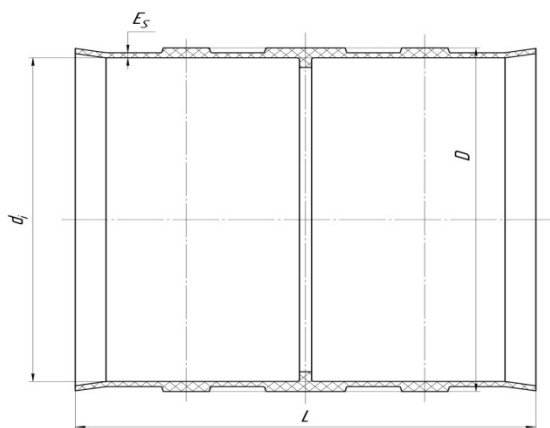


Рисунок 6 - Полиэтиленовая муфта для соединения Труб ПЕРФОКОР равного диаметра (1-й тип)

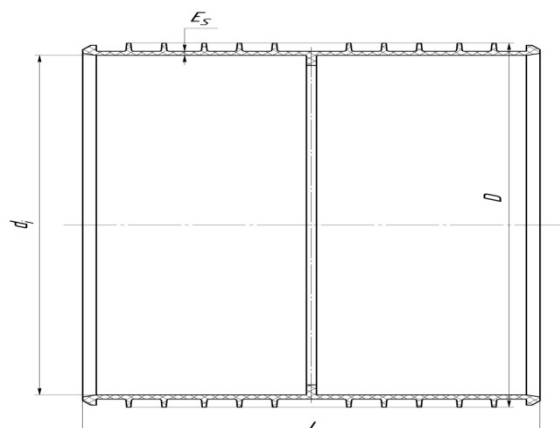


Рисунок 7 - Полиэтиленовая муфта для соединения труб ПЕРФОКОР равного диаметра (2-й тип)

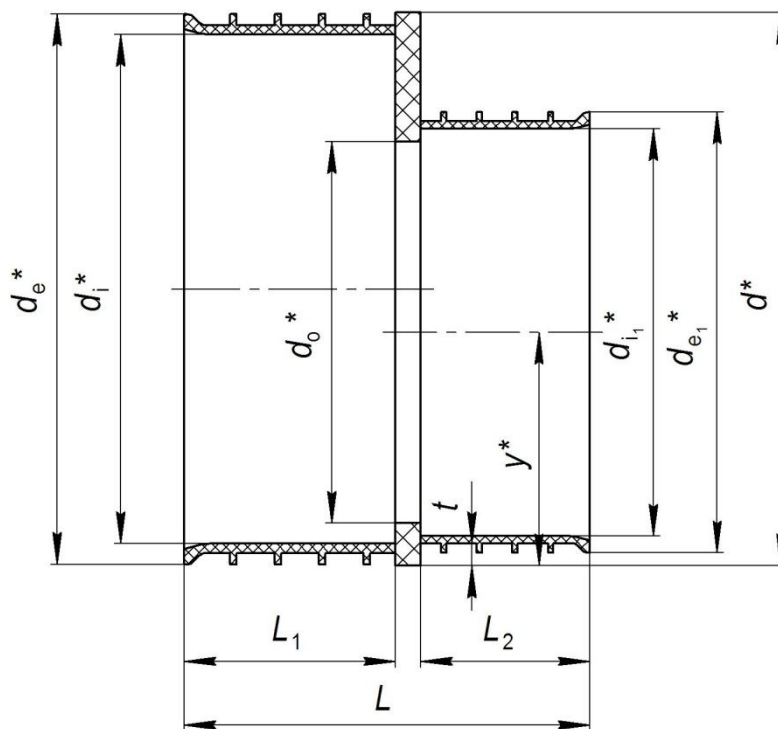


Рисунок 8 - Эксцентрический переход для соединения труб ПЕРФОКОР разного диаметра

Таблица 9 – Размеры перехода эксцентрического для соединения труб ПЕРФОКОР разного диаметра, в миллиметрах

DN/OD	α_1^*	α_2^*	α^*	α_1^*	α_2^*	α_0^*	L		L_1		L_2		t		y^*	Расчетная масса, кг
							Ном.	Пред. откл.	Ном.	Пред. откл.	Ном.	Пред. откл.	Ном.	Пред. откл.		
125x110	125,4	139	142	110,4	122	100	190	± 25	90	± 10	90	± 10	0	± 5	63	0,29
160x110	160,5	174	176	110,4	122	100	200	± 25	100	± 10	90	± 10	0,5	± 5	63,5	0,46
160x125	160,5	174	176	125,4	139	112	200	± 25	100	± 10	90	± 10	1	± 5	71,5	0,46
200x110	201	216	220	110,4	122	100	210	± 30	110	± 15	90	± 10	4	± 5	68,5	0,72
200x125	201	216	220	125,4	139	112	210	± 30	110	± 15	90	± 10	4	± 5	76,5	0,72
200x160	201	216	220	160,5	174	150	220	± 30	110	± 15	100	± 10	3	± 5	93	0,68
250x110	251	272	270	110,4	122	100	225	± 30	115	± 15	90	± 10	8	± 5	72,5	1,10
250x125	251	272	270	125,4	139	112	225	± 30	115	± 15	90	± 10	8	± 5	80,5	1,11
250x160	251	272	270	160,5	174	150	225	± 30	115	± 15	100	± 10	7	± 5	97	1,07
250x200	251	272	270	201	216	186	235	± 35	115	± 15	110	± 15	4	± 5	112	1,04
315x110	317	339	340	110,4	122	100	230	± 30	130	± 15	90	± 10	13	± 5	80	1,87
315x125	317	339	340	125,4	139	112	230	± 30	130	± 15	90	± 10	13	± 5	88	1,87
315x160	317	339	340	160,5	174	150	240	± 30	130	± 15	100	± 10	12	± 5	104,5	1,83
315x200	317	339	340	201	216	186	250	± 35	130	± 15	110	± 15	9	± 5	121,5	1,81
315x250	317	339	340	251	272	234	255	± 35	130	± 15	115	± 15	5	± 5	142,5	1,76
400x110	402	430	426	110,4	122	100	260	± 35	155	± 20	90	± 10	20	± 8	87	3,25
400x125	402	430	426	125,4	139	112	260	± 35	155	± 20	90	± 10	20	± 8	95	3,25
400x160	402	430	426	160,5	174	150	270	± 35	155	± 20	100	± 10	19	± 8	111,5	3,20
400x200	402	430	426	201	216	186	280	± 40	155	± 20	110	± 15	16	± 8	128,5	3,15
400x250	402	430	426	251	272	234	285	± 40	155	± 20	115	± 15	12	± 8	149,5	3,08
400x315	402	430	426	317	339	290	300	± 40	155	± 20	130	± 15	7	± 8	177	3,10
500x110	502	537	530	110,4	122	100	285	± 35	180	± 20	90	± 10	28	± 8	97	4,42
500x125	502	537	530	125,4	139	112	285	± 35	180	± 20	90	± 10	28	± 8	105	4,42
500x160	502	537	530	160,5	174	150	295	± 35	180	± 20	100	± 10	27	± 8	121,5	5,37
500x200	502	537	530	201	216	186	305	± 40	180	± 20	110	± 15	24	± 8	138,5	5,32
500x250	502	537	530	251	272	234	310	± 40	180	± 20	115	± 15	20	± 8	159,5	5,24
500x315	502	537	530	317	339	290	325	± 40	180	± 20	130	± 15	15	± 8	187	5,27
500x400	502	537	530	402	430	360	350	± 45	180	± 20	155	± 20	8	± 8	223	5,25
630x110	633	669	660	110,4	122	100	325	± 35	220	± 20	90	± 10	39	± 8	108	8,58
630x125	633	669	660	125,4	139	112	325	± 35	220	± 20	90	± 10	40	± 8	116	8,58
630x160	633	669	660	160,5	174	150	335	± 35	220	± 20	100	± 10	39	± 8	132,5	8,53
630x200	633	669	660	201	216	186	345	± 40	220	± 20	110	± 15	36	± 8	149,5	8,48
630x250	633	669	660	251	272	234	350	± 40	220	± 20	115	± 15	31	± 8	170,5	8,41
630x315	633	669	660	317	339	290	365	± 40	220	± 20	130	± 15	27	± 8	198	8,43

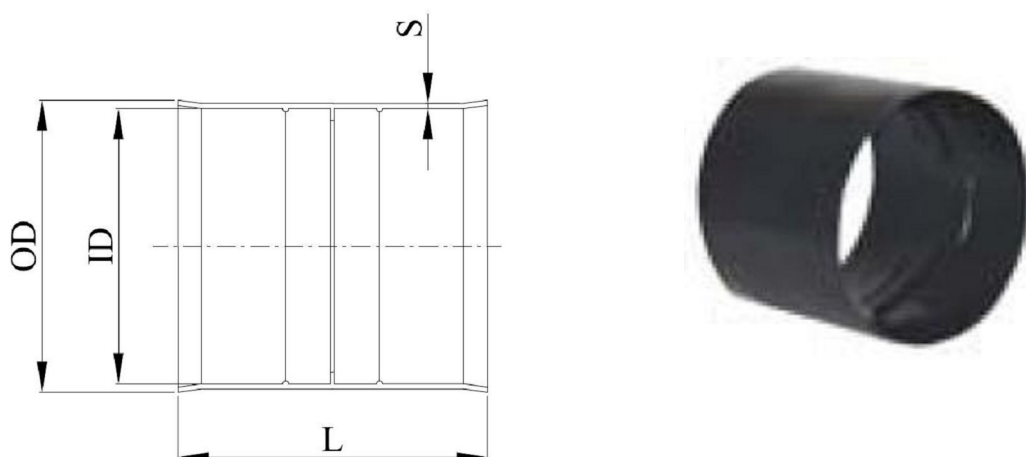


Рисунок 9 - Облегченная муфта для соединения труб ПЕРФОКОР малого диаметра

Таблица 10 – Ассортимент соединительных элементов (фитингов) для монтажа дренажей с использованием труб «Перфокор»

Вид детали	Номинальный размер трубопровода DN/OD
Отвод 15°	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200
Отвод 30°	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200
Отвод 45°	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200
Отвод 60°	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200
Отвод 90°	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200
Тройник 45°	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500
Тройник 90°	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200
Крестовина	110, 125, 160, 200, 250, 315
Переход эксцентрический	125x110, 160x110, 160x125, 200x110, 200x125, 200x160, 250x110, 250x125, 250x160, 250x200, 315x110, 315x125, 315x160, 315x200, 315x250, 400x110, 400x125, 400x160, 400x200, 400x250, 400x315, 500x110, 500x125, 500x160, 500x200, 500x250, 500x315, 500x400, 630x110, 630x125, 630x160, 630x200, 630x250, 630x315, 630x400, 630x500
Переход «профилированная гладкая»	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000
Заглушка Тип 1	110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630

2.5 Условные обозначения труб ПЕРФОКОР

Условное обозначение труб состоит из слова «труба», наименования типа трубы («Перфокор-I», «Перфокор-II», «Перфокор-Аэро»), номинального наружного диаметра DN/OD, класса кольцевой жесткости (SN4, SN8), обозначения технических условий.

Примеры условных обозначений труб ПЕРФОКОР:

1 Труба дренажная номинальным наружным диаметром DN/OD 125 мм, с классом кольцевой жесткости SN4

Труба Перфокор-I DN/OD 125 SN4 ТУ 2248-004-73011750-2007

2 Труба дренажная номинальным наружным диаметром DN/OD 400 мм, с классом кольцевой жесткости SN8

Труба Перфокор-II DN/OD 400 SN8 ТУ 2248-004-73011750-2007

3 Труба дренажная номинальным наружным диаметром DN/OD 110 мм, номинальной кольцевой жесткостью SN 16

Труба Перфокор-Аэро DN/OD 110 SN 16 ТУ 2248-004-73011750-2007

Трубы «Перфокор-I» номинальными наружными диаметрами 110, 125 и 160 мм и трубы «Перфокор-Аэро» отпускают в бухтах длиной до 50 м. Трубы больших диаметров отпускают отрезками длиной 6 и 12 м.

3 Свойства труб ПЕРФОКОР

3.1 Технические характеристики материала

Для изготовления труб ПЕРФОКОР используют полиэтилен низкого давления (ПНД). Для защиты наружного слоя труб от ультрафиолетового излучения в процессе хранения используют композиции, содержащие 2-2,5% сажи, являющейся высокоэффективным светостабилизатором. В случае изготовления внутреннего слоя натурального или белого цвета в материал вводятся химические светостабилизаторы.

Таблица 11. Основные технические характеристики полиэтилена и полипропилена

№№ п/п	Наименование показателя	Размерность	Значение
			ПЭ
1	Плотность	кг	950-962
2	Предел текучести при растяжении	МПа	20-25
3	Относительное удлинение при разрыве	%	>600
4	Температура хрупкости	°С	<-70
5	Модуль упругости	МПа	1100
6	Коэффициент теплового расширения	мм/°С	0,17

3.2 Химическая стойкость

Высокая стойкость полиэтилена к агрессивному воздействию химических веществ хорошо известна. Полиэтилен и полипропилен стоек к подавляющему большинству химических реагентов, в том числе при повышенной температуре транспортируемой среды. Информацию по этому вопросу можно найти в документе ISO/TR 10358 и в ряде каталогов, издаваемых фирмами-изготовителями и потребителями полиэтилена, а также СН 550-82 (Таблица 10).

Таблица 12. Химическая стойкость полиэтилена низкого давления (ПНД), используемого для изготовления труб КОРСИС ПЛЮС

Вещество	Формула	Концентрация, %	Т, °С	ПНД	ПВД
Уксусная кислота	CH ₃ COOH	10	20	1	1
			60	1	1
Ацетон	CH ₃ -CO-CH ₃	100	20	2	2
			60	2	3
Аммиак (водный раствор)	NH ₃	<10	20 60	1 1	1 1
Аммиак (газ)	NH ₃	100	20 60	1 1	1 1
Аммиак (жидкий)	NH ₃	100	20 30	1 1	2 2
Сульфат аммония	(NH ₄) ₂ SO ₄	насыщ.	20	1	1
			60	1	1
Сульфид аммония	(NH ₄) ₂ S	>10	20 60	1 1	1 1
Хлорид бария	BaCl ₂		20	1	1
			60	1	1
Сульфат бария	BaSO ₄		20 60	1 1	1 1
Бензин			20	1	
			60	2	3
Бензол	C ₆ H ₆	100	20	2	3
			60	3	3
Карбонат кальция	CaCO ₃		20	1	1
			60	1	1
Хлорат кальция	Ca(ClO ₃) ₂		20	1	1
			60	1	1
Хлорид кальция	CaCl ₂		20 60	1 1	1 1
Гидроксид кальция	Ca(OH) ₂		20	1	
			60	1	1
Нитрат кальция	Ca(NO ₃) ₂		20	1	1
			60	1	1
Сульфат кальция	CaSO ₄		20 60	1 1	1 1
Одноокись углерода	CO	100	20 60	1 1	1 1

Тетрахлорид углерода	CCl_4	100	20	2	3
			60	3	3
Каустическая сода	NaOH	>10	20	1	
			60	1	1
Хлор (водный раствор)	Cl_2		20	2	3
			60	3	3
Циклогексанол	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$	100	20	1	2
			60	2	3
Этанол	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	40	20	1	1
			60	2	2
Этиленгликоль	$\text{ONCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	100	20	1	
			60	1	1
Хлорид железа	FeCl_3		20 60	1 1	1 1
Сульфат железа	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$		20 60	1 1	1 1
Формальдегид	HCHO	40	20 60	1 1	1 1
Муравьиная кислота	HCOOH	50	20 60	1 1	1 1
Гептан	C_7H_{16}	100	20	1	3
			60	3	3
Бромоводородная кислота	HBr	10	20 60	1 1	1 1
Соляная кислота	HCl	10	20 60	1 1	1 1
Соляная кислота	HCl	насыщ.	20 60	1 1	1 2
Фтористоводородная	HF	4	20	1	1
Плавиковая кислота			60	1	1
Фтористоводородная	HF	60	20	1	1
Водород	H_2	100	20 60	1 1	1 1
Сероводород	H_2S	100	20 60	1 1	1 2
Хлорид магния	MgCl_2		20 60	1 1	1 1
Метанол	CH_3OH	100	20 60	1 1	1 2
Минеральное масло			20 60	1 2	2 3
Азотная кислота	HNO_3	25	20 60	1 1	1 1
Азотная кислота	HNO_3	50	20	2	2
			60	3	3
Азотная кислота	HNO_3	75	20	3	2
			60	3	3
Азотная кислота	HNO_3	100	20	3	3
			60	3	3
Ортофосфорная	H_3PO_4	50	20 60	1 1	

кислота					
Ортофосфорная кислота	H ₂ PO ₄	95	20 60	1 2	1 2
Хлорид калия	KCl		20 60	1 1	1 1
Гидроксид калия	KOH	10	20 60	1 2	1 2
Гидроксид калия	KOH	>10	20 60	1 1	1 1
Перманганат калия	KMnO ₄	20	20	1	1

Обозначения: 1 – устойчив, 2 – ограниченно устойчив, 3 - неустойчив

3.3 Стойкость к гидроабразивному износу

При эксплуатации трубы подвергаются интенсивному изнашиванию твердыми абразивными частицами, содержащимися в воде и других средах, транспортируемых по трубам. Поэтому вопрос износостойкости труб является важным и требует ясного понимания и четкой оценки.

В оценке износостойкости выделяют три вида износа:

- 1) абразивный;
- 2) усталостный (по гладкой стали или сетки);
- 3) гидроабразивный.

В России на абразивный износ действует один стандарт – это ГОСТ 11012, который оценивает износостойкость в наиболее тяжелых условиях абразивного износа.

Так как показатели износостойкости сильно меняются при изменении условий эксплуатации, разработано и стандартизировано несколько методов испытаний, позволяющих имитировать условия эксплуатации. Эти стандарты представлены в группе «Обеспечение износостойкости изделий».

В международном стандарте - ISO 9352-1995 используется методика определения сопротивления износу при помощи абразивных дисков.

Основным видом износа для систем безнапорной канализации, транспортирующей суспензии, является гидроабразивный износ. В канализационных системах абразивное истирание происходит, в основном, в нижнем сегменте трубы. Абразивное истирание возникает вследствие трения, пережатки или срезания перемещающимися абразивными частицами материала трубы.

Основной методикой по оценке гидроабразивного износа труб является так называемая Дармштадтская процедура, которая предлагает следующую схему испытательного стенда, в котором отрезки труб длиной 1000 мм были заполнены водной суспензией с абразивными частицами и качались с определенной частотой, вызывая износ при движении частиц вдоль стенки.

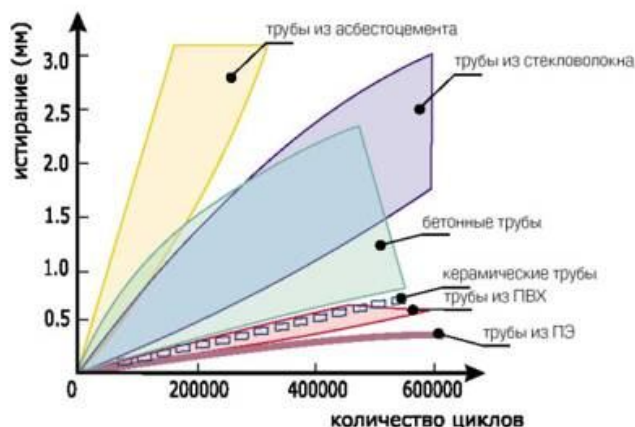


Рисунок 10. Износостойчивость материалов

Такую методику испытаний использовали такие известные зарубежные фирмы как: Borealis, Uponor, Wavin, «Южно-немецкий центр искусственных материалов» («Süddeutsche Kunststoffzentrum»).

Результаты испытаний по такой методике были опубликованы в справочных материалах «Строительство трубопроводных систем с применением пластмассовых труб» (Nordiska Plastror Gruppen – Северное объединение производителей пластмассовых труб) где показали что: «после 130000 циклов (качаний образцов труб) (с перемещением 390 тонн песка), что можно считать эквивалентным транспортированию песка в обычной канализационной трубе в течение примерно 195 лет, фактический износ стенки полиэтиленовых труб составил 0,1 мм. Таким образом, подтверждено, что износом действительно можно пренебречь даже для труб с относительно малой толщиной стенок».

В более худшем положении, при такой методике оказались такие материалы труб как стеклопластик, керамика, и бетон. Износ стенок труб из этих материалов оказался на порядок выше (Рисунок 2).

Дополнительно следует отметить, что гидроабразивный износ сильно зависит от режима течения суспензий. Он минимален при высоких скоростях потока, не позволяющего высаживаться частицам суспензий на дно трубы.

С понижением скорости и увеличением объема частиц, выпадающих на дно трубы, износ увеличивается и становится максимальным, когда частицы суспензий начинают медленно передвигаться по дну трубы.

Высокая износостойкость полиэтиленовых труб была подтверждена не только опытами, но и успешной эксплуатацией трубопроводов на протяжении десятков лет во всем мире.

3.4 Тепловое расширение труб ПЕРФОКОР

Для расчета величины теплового линейного расширения ΔL обычно используют формулу:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

где: α – коэффициент линейного термического расширения, $1/^\circ\text{C}$ (для полиэтилена $\alpha = 2 \cdot 10^{-4}$), L – линейный размер тела (в нашем случае – длина трубы), ΔT – изменение температуры. Десятиметровый отрезок полиэтиленовой трубы при повышении температуры на 20°C удлинится на $\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L = 2 \cdot 0,0001 \cdot 20 \cdot 10000 = 40$ мм.

При изменении температуры на зафиксированные концы трубы действует сила реакции опор N , которая препятствует ее удлинению. В стенке трубы возникают напряжения сжатия, величина которых определяется уравнением:

$$\sigma = -\alpha \cdot \Delta T \cdot E,$$

где E – модуль упругости материала полиэтиленовой трубы, равный при 20°C $800 \cdot 10^6$ Н/м².

Усилие, с которым труба действует на опоры, определяется уравнением:

$$N = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \cdot F$$

где F – площадь стенки трубы в ее поперечном сечении.

При проведении расчетов видно, что возникающие в стенках трубы напряжения в 6-10 раз меньше предела текучести полиэтилена.

Другой особенностью полиэтилена является его склонность к релаксации: при фиксированной деформации внутренние напряжения в течение часа уменьшаются вдвое. Это явление принято называть «самокомпенсацией».

Также следует учитывать, что при подземной прокладке труба зажата грунтом, который препятствует ее удлинению. Это явление выражено в эмпирической формуле, приведенной в СП 40-102-2000 п. 6.7.1, и показывающей степень уменьшения удлинения

трубы в грунте. Из формулы видно, что основные факторы в этом случае: глубина заложения трубы, степень уплотнения пазух трубы, длина плети трубопровода. Во многих случаях грунт полностью компенсирует линейное расширение трубы.

Более того, труба ПЕРФОКОР при расширении преодолевает не только силу трения, но и сопротивление грунта в пазухах профиля (грунт работает на смятие и на срез). Поэтому профилированные трубопроводы в меньшей степени, чем гладкие, испытывают напряжения на концах отрезков при линейном тепловом расширении.

4 Расчет дренажных систем ПЕРФОКОР

4.1 Общие рекомендации к расчетам

При расчете дренажей на основе труб ПЕРФОКОР необходимо учитывать следующие факторы:

- трубы ПЕРФОКОР имеют стандартную перфорацию, изготовленную в заводских условиях, поэтому необходимо соотносить расчеты по притоку грунтовых вод для требуемого понижения с пропускной способностью перфорации на расчетном участке дренажа;

- дренажные трубы ПЕРФОКОР подвергаются давлению грунта, транспорта и т.д, поэтому необходим расчет на прочность. Трубы ПЕРФОКОР рассчитывают на прочность по методике для двухслойных гофрированных труб, т.к. экспериментально установлено, что перфорация гофрированных труб практически не влияет на их кольцевую жесткость. При подборе коэффициентов в расчетах необходимо учитывать, что труба в дрене находится в фильтрующей обсыпке с низкой степенью уплотнения.;

4.2 Гидравлический расчет

Секундный расчетный приток грунтовых вод на расчетный участок дренажного трубопровода определяется как суммарный приток воды через все пропилы на трубопроводе по всей его расчетной длине:

$$q_p = S_n \cdot q_{np};$$

где q_p - расчетный приток грунтовых вод, л/с;

S_n - количество пропилов по всей расчетной длине трубопровода;

q_{np} - пропускная способность одного щелевого отверстия (секундный приток грунтовых вод через один пропил), л/с.

Пропускная способность одного щелевого отверстия определяется расчетом, основанным на том, что при истечении воды из фильтрующей обсыпки через ЗФО и отверстие во внутреннюю полость трубопровода потери напора h_0 не должны превышать 0,5 - 1 см.

Пропускная способность одного горизонтального щелевого отверстия (т.е. расположенного вдоль образующей дренажной трубы) равна:

$$q_{np.1} = m_r \cdot w_{щ} \cdot \sqrt{2gh_0};$$

где m_r - коэффициент расхода горизонтального щелевого отверстия;

$w_{щ}$ - площадь одной щели, м²;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

h_0 - потери напора при истечении из отверстия, м.

Коэффициент расхода m_r зависит от числа Рейнольдса (Re) и отношения d_{17}/t_0 ; где t_0 - ширина горизонтальной щели; d_{17} - диаметр частиц слоя обсыпки, соответствующий

17%-му их содержанию в гранулометрическом составе зерен обсыпки. В расчетный состав обсыпки включаются фракции обсыпки крупнее $0,4t_0$.

Число Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re_z = \frac{t_0 \cdot 2gk_0}{\eta};$$

где η - коэффициент кинематической вязкости фильтрующей воды. Принимается равным $\eta = 1,31 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Значения коэффициента расхода m_r определяются по таблице 13.

Таблица 13 - Значения $m_r = f(Re_r, d_{17}/t_0)$

Re_r	d_{17}/t_0							
	0,4	0,65	1	1,5	2	3	4	5
10^5	0,33	0,27	0,21	0,33	0,4	0,48	0,51	0,55
10^4	0,31	0,25	0,2	0,33	0,4	0,48	0,51	0,55
5×10^3	0,28	0,24	0,19	0,32	0,4	0,48	0,5	0,55
2×10^3	0,22	0,2	0,17	0,29	0,36	0,45	0,48	0,53

Пропускная способность одного вертикального щелевого отверстия (т.е. расположенного перпендикулярно образующей дренажной трубы) равна:

$$d_n \cdot H_A,$$

где d_n - коэффициент подтопления, равный:

$$d_n = \left(1 - \frac{H_I}{H_A}\right) \left(1 + \frac{H_I}{H_A}\right);$$

где H_I и H_A - превышение уровня воды над порогом щели соответственно внутри трубы и на внешнем ее контуре, м.

Значение коэффициента расхода в вертикальной щели зависит от отношения d_{25}/t_0 и числа Рейнольдса (Re):

$$m_B = f(Re_B, d_{25}/t_0)$$

Параметр d_{25} является характерным показателем поровой структуры материала фильтровой обсыпки вблизи вертикальной щели и определяется из расчетного состава обсыпки, включающего фракции крупнее $0,6t_0$. Значения коэффициента расхода вертикальной щели определяются по таблице 14.

Таблица 14 - Значения $m_B = f(Re_B, d_{25}/t_0)$

Re_B	d_{25}/t_0							
	0,6	1	1,5	2	3	4	5	6
10^5	0,13	0,11	0,18	0,22	0,29	0,34	0,4	0,42
10^4	0,12	0,1	0,18	0,22	0,29	0,34	0,4	0,42
5×10^3	0,11	0,1	0,17	0,21	0,29	0,34	0,4	0,42
2×10^3	0,07	0,06	0,12	0,17	0,24	0,28	0,34	0,36

Приток грунтовых вод из грунта к дрене определяют по формуле

$$Q_{\phi} = K_{\phi} \cdot i \cdot h \cdot l_d ;$$

где: K_{ϕ} – коэффициент фильтрации водоносного слоя, i – уклон водоносного слоя, h – напор грунтовых вод (разность высоты грунтовых вод до и после понижения), l_d – длина дрены.

Диаметр дренажной трубы, способной пропустить такой объём воды, определяют с учётом наполняемости трубы, равной 0,5 диаметра по формуле

$$d = (2 \cdot Q_{\phi} / (24 \cdot (i)^{0.5}))^{0.375}$$

Скорость течения воды в трубопроводе рассчитывается по эмпирической формуле

$$V = 30,4 \cdot a^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Для предотвращения заиливания скорость потока должна быть не менее 0,7 м/с.

4.3 Прочностной расчет

При заложении труб ПЕРФОКОР необходимо соблюдать условия сохранения трубами круглой формы поперечного сечения при нормативных нагрузках по ГОСТ 52748-2007 с учётом предельно допустимой степени овализации труб по СН 550-82.

Пластмассовый трубчатый дренаж работает совместно с окружающим его грунтом. Грунт создает собственную нагрузку, действующую на дренаж, и передает нагрузки с поверхности, например, от движущегося или стоящего над ним транспорта (рисунок 11).

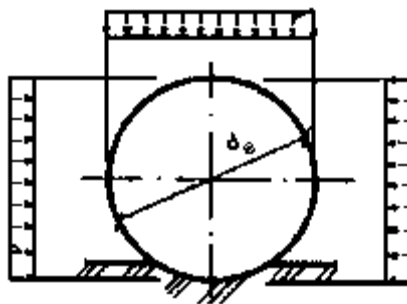


Рисунок 11 - Схема нагрузок на трубопровод от давления грунта и нагрузок, передающихся через грунт

Действие вертикальной нагрузки приводит к деформации трубы, что вызывает горизонтальный отпор грунта. С увеличением деформации горизонтальная составляющая давления грунта увеличивается, постепенно переходя от пассивной формы в активную. Для пластмассовых труб отпор грунта засыпки является существенным фактором обеспечения долговременной стабильности круглой формы трубы.

Расчёт пластмассовых труб приводится в СП 40-102-2000 [11] или СН 550-82 [10].

4.3.1 Статический расчёт на прочность по СП 40-102-2000

Прочностной расчёт для дренажей сводится к выполнению неравенства (условия прочности)

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pn}} \leq 1,0$$

где ε_p – максимальное значение деформации растяжения материала в стенке трубы из-за овальности поперечного сечения под действием грунтовых и транспортных нагрузок;

ε_c – степень сжатия материала стенки трубы от воздействия внешних нагрузок;

ε_{pp} – предельно допустимое значение деформации растяжения материала в стенке трубы, происходящей в условиях релаксации напряжений;

ε_{pp} – предельно допустимая деформация растяжения материала в стенке трубы в условиях ползучести.

Перфорация профилированных труб при изготовлении труб «Перфокор» не влияет на их кольцевую жесткость.

Значение ε_p определяется по формуле

$$\varepsilon_p = 4,27 \cdot K_\sigma \cdot \frac{s}{D} \cdot \psi \cdot K_{з\psi}$$

где K_σ – коэффициент постели грунта для изгибающих напряжений, учитывающий качество уплотнения, для дренажей следует принимать 1,5 (учитывает наличие фильтрующей обсыпки с неконтролируемой степенью уплотнения);

$K_{з\psi}$ – коэффициент запаса на овальность поперечного сечения трубы; принимается равным 2 для дренажных трубопроводов;

ψ – относительное укорочение вертикального диаметра трубы:

$$\psi = \psi_{ГР} + \psi_T + \psi_M$$

где $\psi_{ГР}$ – относительное укорочение вертикального диаметра трубы под действием грунтовой нагрузки;

ψ_T – то же, под действием транспортных нагрузок;

ψ_M – то же, образовавшееся в процессе складирования, транспортировки и монтажа; можно приближённо принимать по таблице 15.

Для труб из полимерных материалов значение ψ не должно превышать 0,05 (или 5%)

$$\psi_{ГР} = K_{OK} \cdot \frac{K_\tau \cdot K_w \cdot q_{ГР}}{K_{Ж} \cdot G_0 + K_{ГР} \cdot E_{ГР}}$$

Таблица 15 – Значения относительного укорочения вертикального диаметра трубы в зависимости от кольцевой жесткости и степени уплотнения грунта

Кольцевая жёсткость G_0 оболочки трубы, МПа	ψ_M при степени уплотнения грунта		
	< 0,85	0,85 – 0,95	>0,95
< 0,276	0,06	0,04	0,03
0,276 – 0,290	0,04	0,03	0,02
>0,290	0,02	0,02	0,01

где K_{OK} – коэффициент, учитывающий процесс округления овализованной трубы под действием внутреннего давления в трубопроводе. Для безнапорных трубопроводов $K_{OK}=1$

K_{τ} – коэффициент, учитывающий запаздывание овальности поперечного сечения трубы во времени и зависящий от типа грунта, степени его уплотнения, гидрогеологических условий, геометрии траншеи; может принимать значения от 1 до 1,5. В расчётах можно принимать среднее значение равное 1,25;

K_w – коэффициент прогиба, учитывающий качество подготовки ложа и уплотнения, для дренажей принимать 0,13;

$K_{жс}$ – коэффициент, учитывающий влияние кольцевой жёсткости оболочки трубы на овальность поперечного сечения. Можно принимать равным 0,15;

$K_{гр}$ – коэффициент, учитывающий влияние грунта засыпки на овальность поперечного сечения. Можно принимать равным 0,06;

$E_{гр}$ – модуль деформации грунта засыпки в пазах траншеи, МПа. Определяется соответствующими испытаниями, при отсутствии данных испытаний следует принимать по таблице Г.4.

$q_{гр}$ – нагрузка от грунта, МПа;

$$q_{гр} = \gamma \cdot H_{тр},$$

где γ – удельный вес грунта, кН/м³; определяется гидрогеологическими исследованиями на объекте, при отсутствии таких данных следует принимать по Таблице Г.4;

$H_{тр}$ – глубина траншеи, считая от поверхности земли до уровня горизонтального диаметра (до оси) трубы, м

G_0 – кратковременная кольцевая жёсткость оболочки трубы, МПа

$$G_0 = 53,7 \cdot \frac{E_0 \cdot I}{(1 - \mu^2)(D - s)^3},$$

где E_0 – кратковременный модуль упругости при растяжении материала, МПа;

I – момент инерции сечения стенки трубы на единицу длины, см⁴/см. Для профилированных труб «Перфокор» момент инерции определяется из геометрических размеров профиля, экспериментально или по Таблице 17;

Таблица 16 – Зависимость модуля деформации грунта от его категории и степени уплотнения

Категория грунта	Наименование грунта	Удельный вес грунта $\gamma_{гр}$, кН/м ³	Модуль деформации грунта засыпки $E_{гр}$, МПа при степени уплотнения			
			0,85	0,92	0,95	0,98
Г - I	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	17	5	8	16	26
Г - II	Пески мелкие	17,5	3,5	6	12	18

Г - III	Пески пылеватые, супеси	18	2,5	5	7,5	10
Г - IV	Суглинки полутвёрдые, тугомягие и текучепластичные	18	2	3,5	5,5	8
Г - V	Супеси и суглинки твёрдые	18,5	1,5	2,5	5	7,5
Г - VI	Глины	19	0,9	1,2	2,5	3,5

Таблица 17 – Значения моментов инерции профилированной стенки труб «Перфокор»

Номинальный размер трубы DN/OD, мм	Наружный диаметр D _н , см	Внутренний диаметр D _{вн} , см	Момент инерции I, см ⁴ /см
110	11	9,1	0,019
125	12,5	10,7	0,022
160	16	13,9	0,032
200	20	17,6	0,062
250	25	21,6	0,081
315	31,5	27,1	0,232
400	40	34,3	0,435
500	50	42,7	0,877
630	63	53,5	2,795

μ – коэффициент Пуассона материала трубы; приводится в нормативной документации;

s – толщина стенки трубы, см.

Для профилированных труб «Перфокор» следует использовать эквивалентную толщину стенки, в которую необходимо подставить значение момента инерции профиля стенки трубы

$$s = \sqrt[3]{12 \cdot I}$$

D – наружный диаметр трубы, см;

Для профилированных труб «Перфокор» в расчёте следует использовать расчётный диаметр с учётом координаты центра тяжести профиля стенки трубы

$$D = D_{вн} + 2 \cdot y + s$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр профилированной трубы, см;

y – координата центра тяжести профиля стенки трубы, см; рассчитывается при определении момента инерции профиля стенки трубы;

Относительное укорочение вертикального диаметра трубы под действием транспортной нагрузки

$$\psi_T = K_{ок} \cdot \frac{K_y \cdot q_T}{K_{юс} \cdot G_0 + K_{сп} \cdot n \cdot E_{сп}}$$

где K_y – коэффициент уплотнения грунта в пазах траншеи; в общем случае следует принимать не менее 0,92; при прокладке трубопровода под проезжей частью дорог, а также в обводненных грунтах – не менее 0,95;

q_T – транспортная нагрузка, МПа; определяется для нормативных нагрузок Н-18, Н-30, НГ-60 и НК-80 по номограммам, приведенным в Пособии к СН 550-82

Таблица 18 – Значения нормативных транспортных нагрузок

Тип транспортной нагрузки	Вес ТС G , кН	Длина ТС a , м	Ширина ТС b , м
Н-30	294	7,6	3
НГ-60	589	5	3,3
НК-80	785	3,8	3,5

Транспортная нагрузка также рассчитывается по формуле

$$q_T = \frac{G}{F},$$

где G – нормативный вес ТС, кН;

F – площадь воздействия распределённой транспортной нагрузки на глубине h , м² ;

$$F = A \cdot B,$$

где $A = a + 1,15 \cdot h$ – длина площади воздействия, м;

$B = b + 1,15 \cdot h$ – ширина площади воздействия, м

a и b – нормативные длина и ширина ТС, м

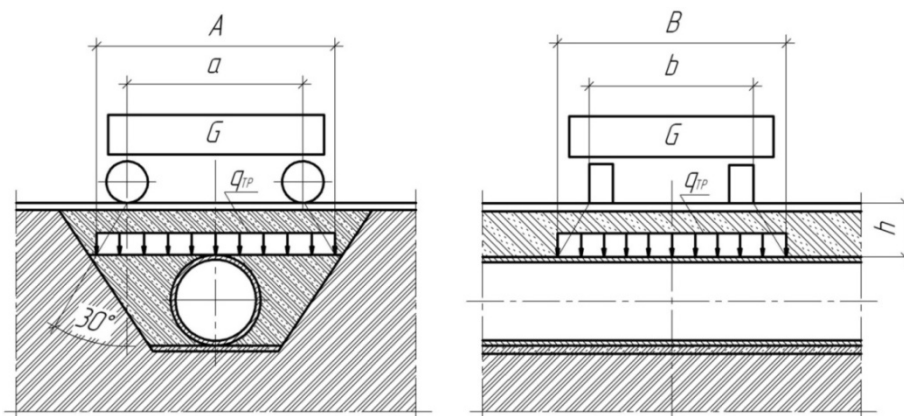


Рисунок 12 – Схема нагружения трубопровода транспортной нагрузкой

Суммарная внешняя нагрузка на трубопровод

$$q_C = q_{ГР} + q_T + q_{ГВ}, \text{ МПа}$$

где $q_{ГВ} = \gamma_{ГВ} \cdot H_{ГВ}$ – нагрузка от грунтовых вод, МПа;

$\gamma_{ГВ}$ – удельный вес грунтовых вод, можно принимать равным 10 кН/м^3

$H_{ГВ}$ – высота грунтовых вод над верхом трубы, м.

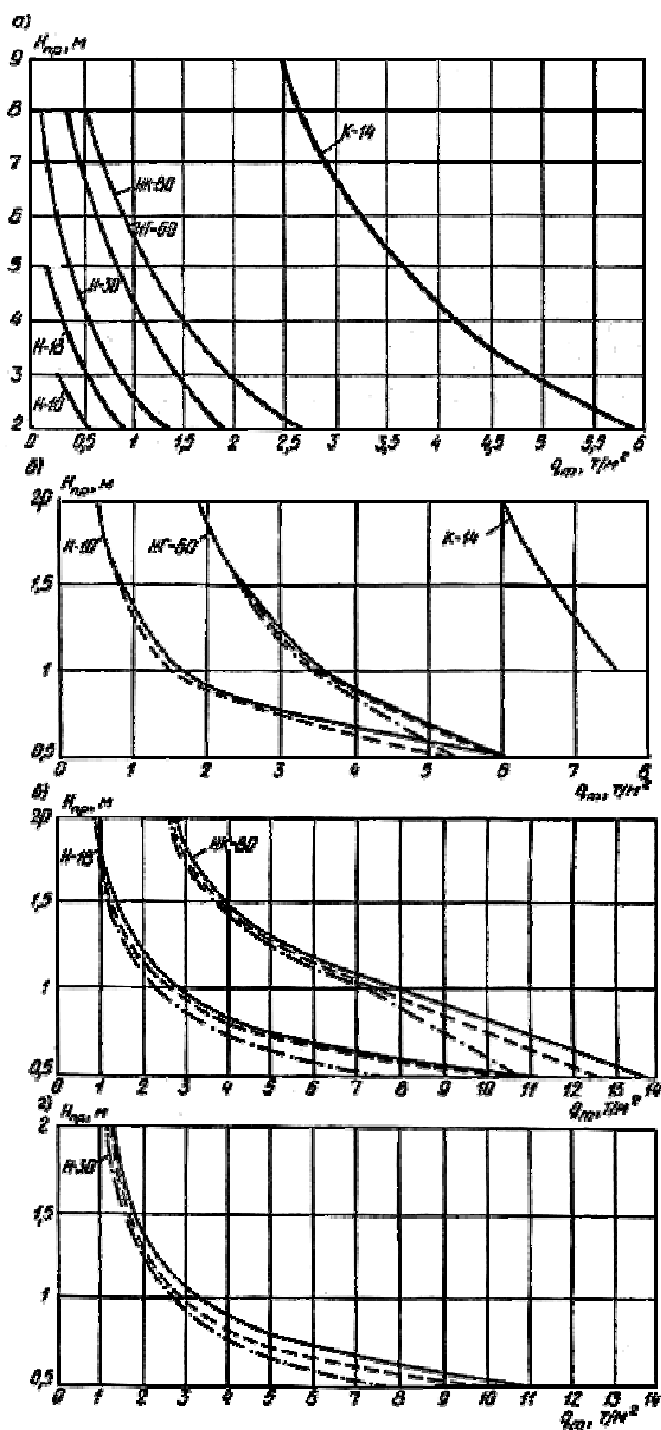


Рисунок 13 - Зависимость нормативного давления от транспорта q_m , от глубины заложения трубопровода $H_{пр}$

Степень сжатия материала стенки трубы от воздействия внешних нагрузок на трубопровод

$$\varepsilon_c = \frac{q_c}{2 \cdot E_0} \cdot \frac{D}{s}$$

Предельно допустимое значение деформации растяжения материала в стенке трубы, происходящей в условиях релаксации напряжений:

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\sigma_0}{E_\tau \cdot K_3}$$

Предельно допустимая деформация растяжения материала в стенке трубы в условиях ползучести:

$$\varepsilon_{pn} = \frac{\sigma_0}{E_0 \cdot K_3}$$

где K_3 – коэффициент запаса, равный 1,25;

E_0 и E_τ – кратко- и долговременные значения модуля упругости материала трубы ПЭ80, МПа;

После этого проверяют устойчивость оболочки трубы к действию суммарной внешней нагрузки.

Условие устойчивости

$$\frac{K_{yz} \cdot K_{ов} \cdot \sqrt{n \cdot E_{sp} \cdot G_\tau}}{K_{зy}} \geq q_c$$

где K_{yz} – коэффициент, учитывающий влияние засыпки грунта на устойчивость оболочки. Можно принимать равным 0,5, а для соотношения $q_{гв}$: $q_{г}$ = 4:1 и более – равным 0,07;

$K_{ов}$ – коэффициент, учитывающий овальность поперечного сечения трубопровода, определяемый по формуле

$$K_{ов} = 1 - 0,7 \cdot \psi$$

G_τ – длительная кольцевая жёсткость оболочки трубы, определяемая по формуле

$$G_\tau = 53,7 \cdot \frac{E_\tau \cdot I}{(1 - \mu^2)(D - s)^3}$$

$K_{зy}$ – коэффициент запаса на устойчивость оболочки на действие внешних нагрузок, можно принять равным 3;

Если оба условия выполняются, то труба пригодна для использования при выбранных условиях прокладки.

4.3.2 Расчёт на прочность труб ПЕРФОКОР по предельным деформациям

В странах Европы прочностной расчёт пластмассовых трубопроводов производят по предельно допустимой деформации сечения трубы.

Для расчета вертикальной деформации трубы, уложенной в грунте, используют следующее уравнение

$$\frac{f}{D_m} = \frac{1,25 \cdot 0,11q}{8SN + 0,06E's}$$

где q - интенсивность вертикальной нагрузки, МПа;

SN - кольцевая жесткость трубы, МПа;

$$SN = \frac{EI}{D^3} = \frac{E}{12 \cdot SDR^3}$$

D_m - наружный диаметр трубы, мм;

E'_s - секущий модуль грунта, МПа (таблица 19).

Таблица 19 - Определение значения E'_s (МПа) в зависимости от типа грунта и степени уплотнения

Группа грунта	Тип грунта	Неуплотненный	Уплотненный под контролем
1	Мелкий конгломерат горных пород	0,7	2,0-5,0
2	Смесь песка	0,6	1,2-3,0
3	Супеси, суглинки	0,5	1,0-2,5
4	Пыльун, глина	<0,3	0,6

Влияние нагрузки транспорта рассчитывается с применением распределения давления по теории Буссинеска. Максимальное вертикальное давление имеет место непосредственно под точкой приложения нагрузки Q и определяется уравнением:

для условий статического нагружения

$$q_{тр} = 0,478 \cdot Q \cdot \gamma_f / h^2$$

для условий динамического нагружения

$$q_{тр} = 0,478 \cdot Q \cdot K_{дин} \cdot \gamma_f / h^2$$

где Q – нормативная осевая нагрузка, Н;

$K_{дин}$ – динамический коэффициент, $K_{дин}=1,3$;

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f=1,0$;

h - глубина засыпки трубопровода, м.

Нагрузка от слоев грунта и строительного материала, расположенных над верхом трубы, определяется в зависимости от условий размещения трубопровода:

по методу «в насыпи»

$$Q_{гр} = \gamma \cdot H \cdot D$$

по методу «в траншее»

$$Q_{гр} = 0,8 \cdot \gamma \cdot H \cdot D$$

где γ - плотность материалов слоев над трубой, для грунта -18-19 кН/м³, для слоев дорожной одежды – 20 кН/м³.

В случае, если уровень грунтовых вод превышает уровень укладки трубопровода, плотность грунта уменьшают до кажущейся плотности грунта в воде – 11 кН/м³.

Общее вертикальное давление от грунта (дорожной одежды) и транспортных средств, определяется по формуле

$$q = Q_{гр}/D_{т} + q_{тр}$$

$$\frac{f}{D_m} = \frac{1,25 \cdot 0,11q}{8SN + 0,06E'_s}$$

Проверяют условие и при необходимости корректируют конструкцию.

5 Монтаж дренажных систем ПЕРФОКОР

5.1 Соединение труб с помощью муфтового соединения

Дренажные трубы ПЕРФОКОР укладывают в траншею, дно которой выровнено по нивелиру для придания трубопроводу проектного уклона в соответствии с ГОСТ 30412-96, а строительство колодцев закончено, при этом должны соблюдаться условия:

- ширина траншеи по дну зависит от глубины заложения дрены, диаметра трубопровода, ширины ковша экскаватора и должна быть не менее 40 см.

- в поперечном сечении траншея может иметь прямоугольное или трапециевидальное очертание. В первом случае стенки траншеи укрепляют с помощью инвентарных щитов, во втором - откосами 1:1.

- при поступлении поверхностных вод в дренажную траншею рекомендуется предусматривать временные водоотводные каналы, лотки или использовать откачивание воды при помощи насосов. При поступлении в траншею грунтовых вод с расходом, превышающим 1л/сек, ее необходимо осушать с помощью иглофильтровых водопонижающих или других насосных установок.

- устройство траншейных дренажей всех типов рекомендуется выполнять в сухое время года. При наличии грунтов повышенной влажности, переувлажненных, а также в случае поступления в траншею поверхностных или грунтовых вод работы по устройству дренажей рекомендуется выполнять отдельными захватками с предварительным полным или частичным осушением.

- дно траншеи не должно содержать твердых включений (твердых комков, кирпича, камня и т.д.), которые могут продавить нижнюю стенку уложенной на них трубы.

- перед монтажом дренажные гофрированные трубы раскладывают на бровке траншеи. Все трубы и комплектующие проходят входной контроль качества.

- монтаж трубопровода проводится на дне траншеи, где каждая труба «Перфокор», одна за одной, последовательно вставляется в раструб предыдущей, образованной двухраструбной муфтой.

При необходимости трубы отрезают между гофрами ножовкой по дереву или по металлу. Монтаж муфт осуществляется вручную при необходимости возможно использование лома, лебедок, ковша экскаватора.

Уплотнительные резиновые кольца при монтаже муфт в дренажных системах не используются.

- по окончании монтажных работ трубопровод дренажа обсыпается так называемыми дренирующими обсыпками, которые, в соответствии с составом дренируемых грунтов, могут быть однослойными и многослойными.

- для увеличения долговечности дренажной системы рекомендуется устраивать оболочку из геотекстиля вокруг дренирующей обсыпки и самой трубы «Перфокор».

- монтаж дренажей из труб «Перфокор» производится при температуре наружного воздуха до минус 10°C.

- при укладке дрен в отдельных траншеях, расположенных вблизи зданий и других сооружений, должна быть обеспечена устойчивость оснований этих сооружений от смещения в сторону дренажной траншеи.

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 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 устраивают двухслойные обсыпки - внутренний

слоем обсыпки из щебня, а внешний слой - из песка. Фракции щебня должны быть меньше размера впадины гофра. Щебень по ГОСТ 8267-93 не должен содержать обломочные элементы с острыми кромками.

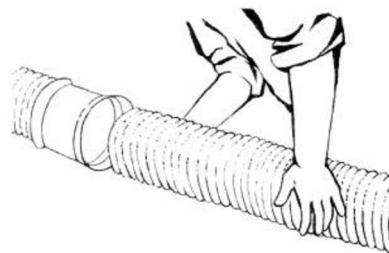
При применении дренажных труб ПЕРФОКОР в фильтрующей оболочке из геотекстиля может быть использована однослойная обсыпка из гравия или щебня. В место фильтрующей засыпки в траншею могут устанавливать геосинтетический дренажный мат и засыпать ее местным грунтом.

а) резка труб ножовкой



Трубы отрезают между ребрами по направляющей канавки

б) соединение труб посредством пластмассовых муфт

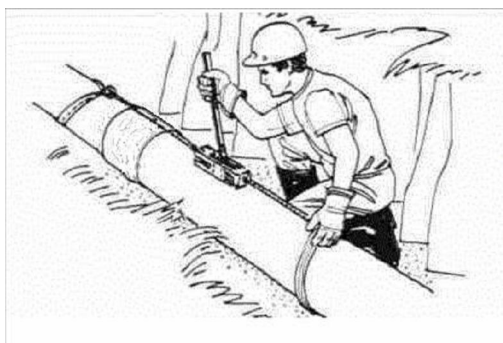


Муфтовое соединение проталкивают до упора так, чтобы между концом трубы и муфтой не оставалось зазора

в) опрессовка (сдвижка) трубы с помощью лома



г) опрессовка (перемещение) трубы посредством лебедки



д) перемещение трубы ковшом экскаватора

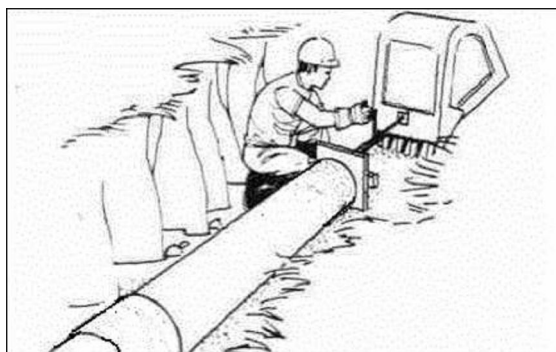


Рисунок 14 – Технологические операции монтажа труб ПЕРФОКОР в качестве элемента дренажной системы

5.2 Радиус изгиба и отклонение от прямолинейности

Допустимое значение радиуса изгиба для трубы ПЕРФОКОР составляет 40-50 диаметров изгибаемой трубы. Такая высокая гибкость трубы особенно при малых диаметрах позволяет осуществлять монтаж в сложных условиях рельефа, в некоторых случаях отказываясь от дорогостоящих фитингов.

Необходимо избегать дополнительного напряжения в муфтовом соединении. Максимально допустимое угловое смещение в муфтовом соединении труб ПЕРФОКОР составляет:

2° для $DN < 315$ мм

1,5° для $315 \text{ мм} \leq DN \leq 630$ мм

1° для $DN = 630$ мм

5.3 Соединение труб ПЕРФОКОР с трубами других систем

Для отвода собранных грунтовых вод часто необходимо подключать трубы ПЕРФОКОР к трубопроводам других систем. Для соединения труб ПЕРФОКОР с гладкими пластмассовыми трубами выпускаются сварные переходы (см. рис. 15). С помощью такого перехода и втулки под фланец возможно соединение трубы ПЕРФОКОР со стальной трубой. Для соединения трубы ПЕРФОКОР с трубами из ПП или ПВХ используется соединение, показанное на рисунке 16.

Для выполнения указанного типа соединения предлагается следующий порядок выполнения работ:

- Осмотреть и очистить раструб трубы из ПП/ПВХ, муфту и свободный конец трубы ПЕРФОКОР.

- Вставить свободный конец трубы ПЕРФОКОР в раструб соединительной муфты, предварительно обработав его внутреннюю поверхность силиконовой смазкой.

- Смазать смазкой уплотнение в раструбе. Вставить безраструбный конец муфты в раструб трубы ПВХ.

Однако наиболее предпочтительным способом перехода между существующей системой и новой линией труб ПЕРФОКОР является использование смотровых колодцев.



Рисунок 16. Соединение труб ПЕРФОКОР с трубами из ПП/ПВХ



Рисунок 15.

5.4 Соединение труб ПЕРФОКОР в колодцах

Для эксплуатации дренажной системы по трассе дренажа устраиваются инспекционные (смотровые) колодцы. Колодцы устанавливаются у истоков дрен, в местах поворота трассы, изменения уклонов, на перепадах, на прямых участках через определенные расстояния, а также в местах, необходимых для промывки дренажных линий.

При прокладке дренажей ПЕРФОКОР можно использовать полиэтиленовые колодцы ПОЛИПЛАСТИК или стандартные бетонные колодцы.

Полиэтиленовые колодцы бывают двух типов: сборные и сварные.

Сборный колодец состоит из литого основания (лотка) и соединенной с ним вертикальной трубы КОРСИС (шахта колодца). Также возможно установка литой горловины.

Сварной колодец представляет собой конструкцию, сваренную из отрезков трубы КОРСИС. Такие колодцы могут быть максимально адаптированы к требованиям заказчика. Соединение патрубков колодца с трубой обычно осуществляется с помощью муфты.

Соединение труб ПЕРФОКОР с колодцами из бетона осуществляется путем фиксации трубы в колодце с помощью цементного раствора. Конструктивная особенность труб ПЕРФОКОР – специальный профиль – обеспечивает надежность и герметичность такого соединения. В месте соединения возможно применение веществ, повышающих адгезию «полиэтилен – бетон», например, жидкую резину. Во многих случаях при строительстве дренажей герметичность соединений не требуется.

Отверстие в колодце должно иметь диаметр, максимально приближенный к внешнему диаметру трубы. Все образовавшиеся щели необходимо залить цементным раствором, который должен соответствовать требованиям обеспечения плотности бетонного соединения.

В процессе установки трубы в бетонной или железобетонной стенке колодца необходимо обеспечить жесткую опору свободного конца трубы с помощью подсыпки грунта до полного схватывания бетона. Не следует бетонировать трубу ПЕРФОКОР одновременно с обустройством стен монолитного колодца, т. к. это может вызвать деформацию трубы под тяжестью не застывшего бетона.



Рисунок 17. Сборный полиэтиленовый колодец



Рисунок 18. Сварные полиэтиленовые колодцы



Рисунок 19. Монтаж трубы в бетонном колодце



Рисунок 20. Соединение лотка ПЭ колодца с трубой

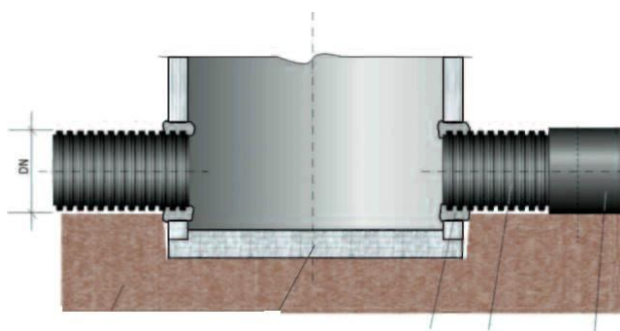


Рисунок 21. Схема ввода трубы в бетонный колодец

При строительстве дренажей рекомендуется прокладывать между колодцами тканевые жгуты для быстрой очистки участка в случае засорения. Концы жгута закрепляются в колодцах.

5.5 Прокладка дренажных систем ПЕРФОКОР

Прокладка дренажных систем ПЕРФОКОР осуществляется в соответствии с требованиями нормативных документов и проекта. Соединение труб осуществляют на дне траншеи. При использовании геотекстильного материала его предварительно укладывают на дно траншеи. Типовые варианты укладки труб ПЕРФОКОР показаны на рисунках 22-23.



Рисунок 22 – Вариант траншейного дренажа с фильтром из геотекстиля

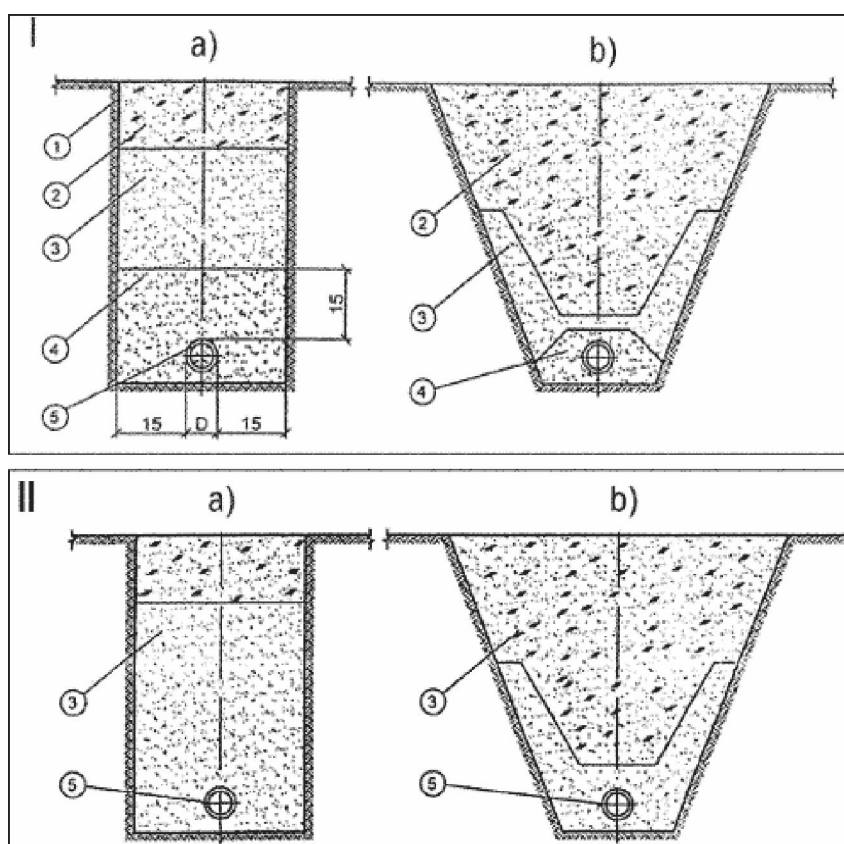


Рисунок 23 – Примеры конструктивных схем траншейного дренажа с применением труб «Перфокор» (линейный дренаж)

I – с однослойной обсыпкой песчано-гравелистым грунтом;

II – трубы «Перфокор» в оболочке-фильтре из геотекстиля;

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 «Перфокор»

6 Эксплуатация дренажных систем ПЕРФОКОР

Смотровые колодцы необходимо регулярно очищать от грязи и наносов. Колодцы должны быть закрыты постоянно в течение всего срока эксплуатации дренажа.

Очистка дрен осуществляется следующими способами:

- промывка струей воды высокого давления.

Производится с использованием насадок диаметром ~2,8 мм, давление до 120 бар. При данной методике значительно увеличивается ударное воздействие на засор и площадь воздействия. Размер сопла насадки должен соответствовать характеристикам водоподающего оборудования. Давления 60 бар достаточно, чтобы удалить мягкие отложения. Давлением от 80 до 120 бар могут удаляться более существенные твердые отложения. Примеры каналопромывочных насадок показаны рисунке 24.

- очистной шар.

Сферическое полиэтиленовое, полиуретановое или резиновое приспособление, меньшее, чем внутренний диаметр канализационной трубы, протягивается по трубе.

- очистка полиэтиленовым поршнем.

Используется отрезок полиэтиленовой трубы по ГОСТ 18599-2001, закрепленный на тросе, который протянут внутри дренажной трубы между соседними колодцами для удаления закупорок и отложений. Внешний диаметр поршня должен быть меньше внутреннего диаметра очищаемого трубопровода.

Применение для очистки труб «Перфокор» металлических скребков и ершей не допускается.

Если перечисленные выше способы очистки не дают эффекта, линия перекадывается или заменяется фильтрующая обсыпка и геотекстильный фильтр.

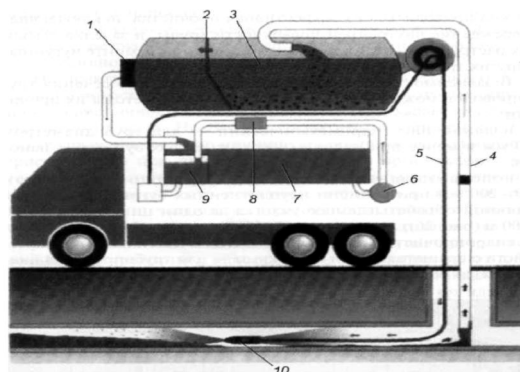


Рисунок 24 – Промывка труб ПЕРФОКОР

7 Приемка дренажных систем ПЕРФОКОР

Гидравлические испытания дренажных труб не производятся. Качество монтажа контролируется в процессе сборки трубопровода. При этом обеспечивается соответствие монтируемого трубопровода проекту: его прямолинейность достигается с помощью материала обсыпки, который служит им фиксатором, а уклон контролируется нивелиром. Предусмотренную проектом прямолинейность участков, согласно СНиП 3.05.04-85, между смежными колодцами следует контролировать просмотром «на свет» с помощью зеркала до и после засыпки траншеи. При просмотре трубопровода круглого сечения видимый в зеркале круг должен иметь правильную форму. Допустимая величина отклонения от формы круга по горизонтали должна составлять не более 1/4 диаметра трубопровода, но не более 50 мм в каждую сторону. Отклонения от правильной формы круга по вертикали не допускаются.

Перед сдачей дренажа в эксплуатацию следует тщательно промыть горизонтальную дрену, освободить от посторонних предметов и грунта смотровые колодцы. Горизонтальные трубы ПЕРФОКОР промывают сильной струей воды, подаваемой из водопровода или автоцистерны, для освобождения дренажных труб от внесенных частиц грунта.

Дренажные системы, построенные с использованием труб «Перфокор», рассчитаны на срок эксплуатации не менее 50 лет при соблюдении требований нормативных документов.

8 Транспортировка, складирование и хранение труб КОРСИС

Трубы ПЕРФОКОРС транспортируют любым видом транспорта в соответствии с нормативно-правовыми актами и правилами перевозки грузов, действующими на соответствующем виде транспорта, ГОСТ 26653, а также ГОСТ 22235 – на железнодорожном транспорте.

При транспортировании и хранении трубы следует предохранять от ударов и механических нагрузок. При перевозке необходимо укладывать на ровную поверхность транспортных средств, предохранять от острых металлических углов и ребер платформы. Сбрасывание труб с транспортных средств не допускается.

Трубы хранят по ГОСТ 15150, раздел 10 в условиях 5 (ОЖ4 – навесы в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом). Допускается хранение в условиях 8 (ОЖЗ – открытые площадки в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом) сроком не более 12 мес.

Трубы в штабелях хранят на ровных площадках. Высота штабеля не более 5 метров.

Все трубы, соединения и специальные фитинги должны иметь маркировку или бирки (наклейки), содержащие информацию о производителе, номинальном диаметре и классе жесткости.

При транспортировке и погрузо-разгрузочных работах необходимо соблюдать осторожность для предотвращения повреждений труб.

При такелажных работах используют только мягкие стропы.

Все соединительные детали, уплотнительные резиновые кольца должны храниться в закрытом помещении, в контейнерах, вдали от прямых солнечных лучей и источников тепла. Необходимо исключить их контакт с маслами и жирами, а также не подвергать нагрузке.

8 Рекомендуемая литература

1. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Госстрой России. – М., 2001.
2. СН 550-82. Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб. Госстрой СССР. – М., 1982.
3. Европейский стандарт EN 13476-1 «Система пластмассовых трубопроводов для подземной прокладки безнапорной канализации и дренажа – Система двухслойных гофрированных труб из напластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-У), полипропилена (ПП) и полиэтилена (ПЭ)».
4. Технические Рекомендации на проектирование и строительство подземных сетей водоотведения из безнапорных полиэтиленовых труб с двухслойной стенкой ТР 170-05, ГУП «НИИМОССТРОЙ». – М., 2005.
5. СНиП 3.05.04-85. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. Госстрой России. – М., 2001.
6. СНиП 2.02.01-83 (изм.1995) Основания зданий и сооружений
7. СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения
8. СНиП 2.06.14-85 (с изм. 1 1989) Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод
9. СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территорий от затоплений и подтоплений.
10. СНиП 3.05.04-85 Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации
11. Пособие к СНиП 2.02.01-83 по проектированию оснований зданий и сооружений. - М: НИИОСП им. Герсевича, 1986г..
12. Пособие к СНиП 2.04.02-84 по проектированию сооружений для забора подземных вод. – М: НИИ КВОВ АКХ им. К. Д. Памфилова, 1985г.
13. Пособие к СНиП 2.05.07-85 по проектированию земляного полотна и водоотвода железных и автомобильных дорог промышленных предприятий. - М.: Стройиздат, 1988г.
14. ВСН 045-72 Указания по проектированию дренажа подземных гидротехнических сооружений
15. СТО 73011750 - 006 – 2010 Рекомендации по проектированию и строительству дренажных систем из полиэтиленовых труб «Перфокор» с двухслойной профилированной стенкой, ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК», 2010г.