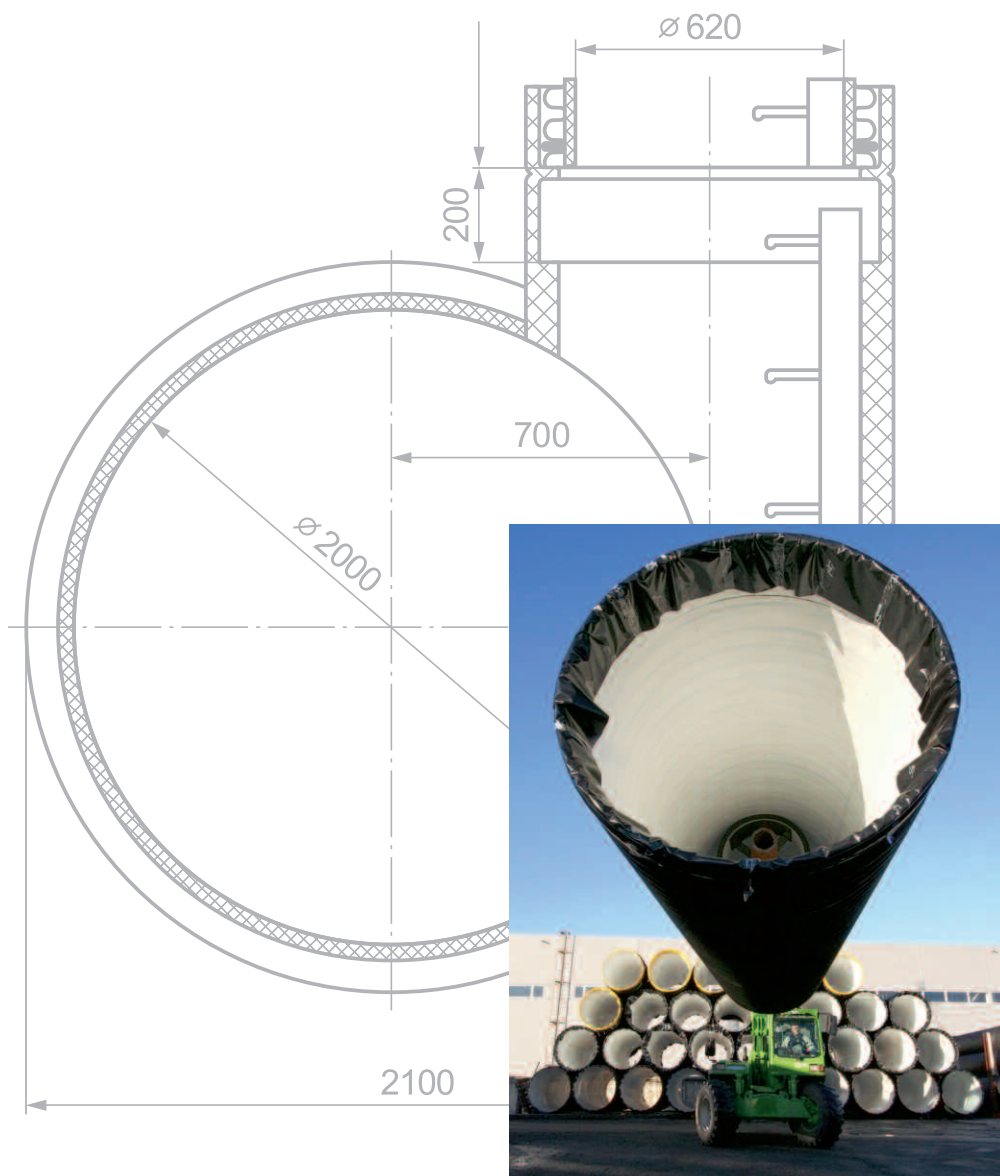




КОРСИС ПЛЮС

Система профилированных труб
для напорного водоснабжения
водоотведения и канализации



1. Технические характеристики	
1.1. Общие сведения	1
1.2. Гибкость	1
1.3. Устойчивость к истиранию	2
1.4. Ударная вязкость	3
1.5. Гидравлические свойства	3
1.6. Устойчивость к ультрафиолетовому излучению	3
2. Номенклатура труб КОРСИС ПЛЮС	
2.1. Классы кольцевой жесткости	4
2.2. Конструкция труб КОРСИС ПЛЮС	4
2.3. Характеристики безнапорных труб КОРСИС ПЛЮС	6
2.4. Характеристики напорных труб КОРСИС ПЛЮС	8
2.5. Условные обозначения труб КОРСИС ПЛЮС	10
3. Проектирование трубопроводов КОРСИС ПЛЮС	
3.1. Общие сведения	11
3.2. Расчет гидравлических параметров	11
3.3. Значения минимально допустимых уклонов в зависимости от диаметра трубопровода	12
3.4. Рекомендуемые наполнения в самотечных трубопроводах	12
3.5. Определение скорости потока сточных вод	12
3.6. Формулы для гидравлического расчета безнапорной водоотводящей сети из пластмассовых труб	13
3.7. Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых профилированных труб КОРСИС ПЛЮС	14
3.8. Гидравлический расчёт напорных трубопроводов КОРСИС ПЛЮС	19
3.9. Расчёт трубопроводов при подземной прокладке	21
4. Монтаж трубопроводов КОРСИС ПЛЮС	
4.1. Способы соединения труб	24
4.2. Последовательность действий при монтаже	25
5. Прокладка трубопроводов КОРСИС ПЛЮС	
5.1. Устройство траншеи	27
5.2. Категории уплотнения грунта и общая деформация	27
5.3. Рекомендации по прокладке	30
5.4. Испытание на герметичность	30
6. Прокладка трубопровода в водонасыщенных грунтах	31
7. Приемка работ	31
8. Транспортировка, складирование и хранение	32
9. Литература	33

КОРСИС ПЛЮС

Система профилированных труб для напорного водоснабжения водоотведения и канализации

Т Е Х Н И Ч Е С К О Е О П И С А Н И Е



1. Технические характеристики

1.1. Общие сведения

Профилированные трубы КОРСИС ПЛЮС изготовлены методом спиральной намотки профиля из специальных марок полиэтилена. Трубы КОРСИС ПЛЮС отвечают самым высоким техническим требованиям, предъявляемым к безнапорным трубопроводам, обладают хорошими гидравлическими и физико-механическими характеристиками, имеют высокую устойчивость к коррозии и агрессивным средам, практически не истираются, не зарастают различными типами отложений, устойчивы к воздействию ультрафиолетовых лучей и экологически безопасны.

Пластичность полиэтилена обеспечивает целостность трубопровода даже в подвижных грунтах. Важным фактором является конструкция трубных стенок. Традиционно значительная толщина стенки полиэтиленовой трубы помогала противостоять внешним нагрузкам. Это приводило, в результате, к использованию тяжелых и дорогих труб. Для решения этой проблемы и была разработана система профилированных труб КОРСИС ПЛЮС с различными типами профиля трубных стенок. Профилированная стенка трубы имеет значительно более высокий момент инерции, что позволяет выдерживать значительные нагрузки. При различной толщине трубной стенки внутренний диаметр и пропускная способность труб не изменяются. Стандартная строительная длина труб КОРСИС ПЛЮС составляет 6 м. Каждая труба КОРСИС ПЛЮС содержит раструб с закладным нагревательным элементом.

Область применения систем КОРСИС ПЛЮС – напорные и безнапорные подземные сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, хозяйственно-бытовой канализации и систем водоотведения (безнапорной и ливневой канализации, водостоков).

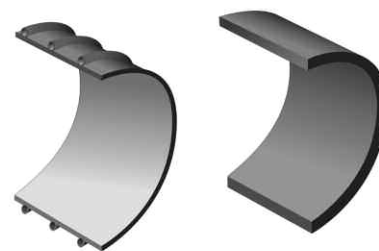


Рис. 1. Профилированные трубы при одинаковой статической прочности имеют существенно более низкий вес по сравнению с аналогичными трубами с массивной стенкой

1.2. Гибкость

Трубы из полиэтилена имеют значительные преимущества по сравнению с трубами из других материалов – бетона, стали, чугуна и т.д. Одним из достоинств является их высокая гибкость. Даже при землетрясениях полиэтиленовые трубы практически не получают повреждений по сравнению с трубами, изготовленными из других материалов [15]. Несмотря на лёгкость и гибкость, трубы КОРСИС ПЛЮС способны вынести значительные нагрузки.

Благодаря деформации, нагрузка на трубу распределяется по её окружности, что снижает значение её вертикальной составляющей. В пределах короткого времени достигается силовой баланс в области вокруг трубопровода, и деформация прекращается. Полиэтиленовые трубы очень гибко реагируют на статическое напряжение так, что нагрузки не концентрируются на трубе, а уравниваются в окружающем грунте.

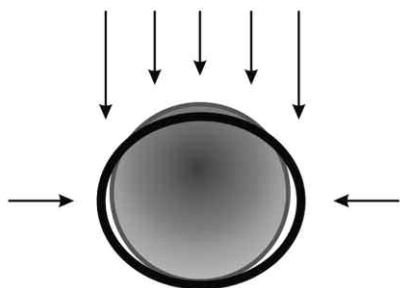


Рис. 2. Передача нагрузки на гибкие трубы

Наружный трубный профиль фиксирует трубы в грунте, поэтому осевые смещения трубопровода очень незначительны или не происходят совсем.

Минимальный радиус (1.2.1, 1.2.2) изгиба зависит от отношения толщины стенки трубы к её диаметру. Относительная деформация ϵ при этом не должна превышать 2,5%.

Формула изгиба:

$$R_B = \frac{1}{0,28 \cdot s} \cdot \left(\frac{D_i + s}{2}\right)^2, \quad (1.2.1)$$

где: R_B – радиус изгиба, мм;
 s – толщина стенки (для профилей – толщина основной стенки трубы), мм.

$$R_B = \frac{\left(\frac{D_i}{2} + s\right) \cdot 100}{\epsilon}, \quad (1.2.2)$$

где: D_i – внутренний диаметр, мм;
 ϵ – относительная деформация, %.

1.3. Устойчивость к истиранию

Трубы из полиэтилена показали наибольшую устойчивость к истиранию, что было доказано в результате испытаний по Дармштадтской методике:

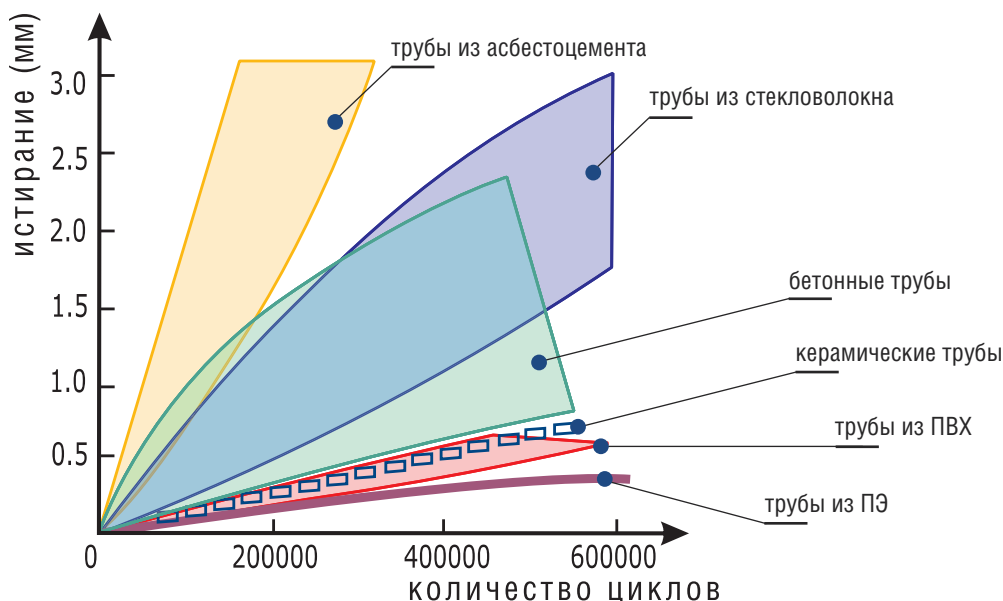


Рис. 3. Износоустойчивость различных материалов, применяемых в строительстве канализационных систем

1.4. Ударная вязкость

Трубы КОРСИС ПЛЮС чрезвычайно устойчивы к деформации удара даже при низких температурах, что обеспечивает надёжность трубопровода по сравнению с другими системами.

1.5. Гидравлические свойства

Благодаря свойствам материала и гладкой внутренней поверхности, гидравлические свойства полиэтиленового трубопровода не ухудшаются в течение всего срока эксплуатации. Низкий показатель шероховатости, в сравнении с традиционными материалами, позволяет значительно увеличить пропускную способность труб.

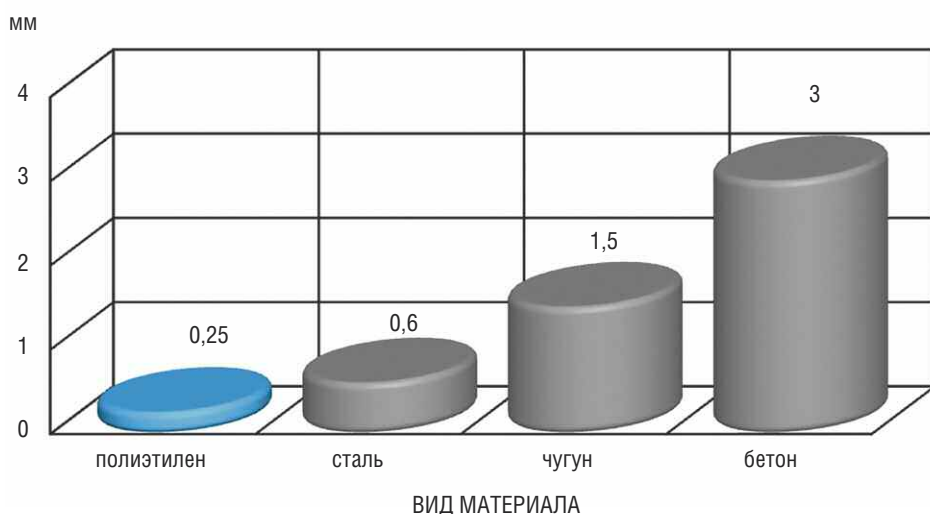


Рис. 4. Шероховатость внутренней поверхности труб из различных материалов

1.6. Устойчивость к ультрафиолетовому излучению

Наружный слой труб КОРСИС ПЛЮС изготавливается из светостабилизированного полиэтилена, обеспечивающего устойчивость труб к ультрафиолетовому излучению и позволяющего без каких-либо ограничений хранить их под открытым небом и применять при наземных прокладках.



2. Номенклатура труб КОРСИС ПЛЮС

2.1. Классы кольцевой жесткости

Трубы КОРСИС ПЛЮС 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 (SN) 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:

$$SN = \frac{E_0 \cdot I}{d^3}, \quad (2.1.1)$$

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

$$d = d_i + 2 \cdot y, \quad (2.1.2)$$

где:

d_i – внутренний диаметр трубы, м

y – расстояние до центра тяжести профиля стенки трубы, м

2.2. Конструкция труб КОРСИС ПЛЮС

Трубы КОРСИС ПЛЮС изготавливают методом спиральной намотки профиля расплава. Трубы оснащаются раструбом с закладными электронагревательными элементами с одной стороны и спиготом (гладким концом) – с другой. Стандартная строительная длина труб составляет 6 м. По согласованию с заказчиком длина поставляемых труб может изменяться в диапазоне от 1 м до 6 м с шагом 120-140 мм. Внешний вид труб показан на рисунке 5.

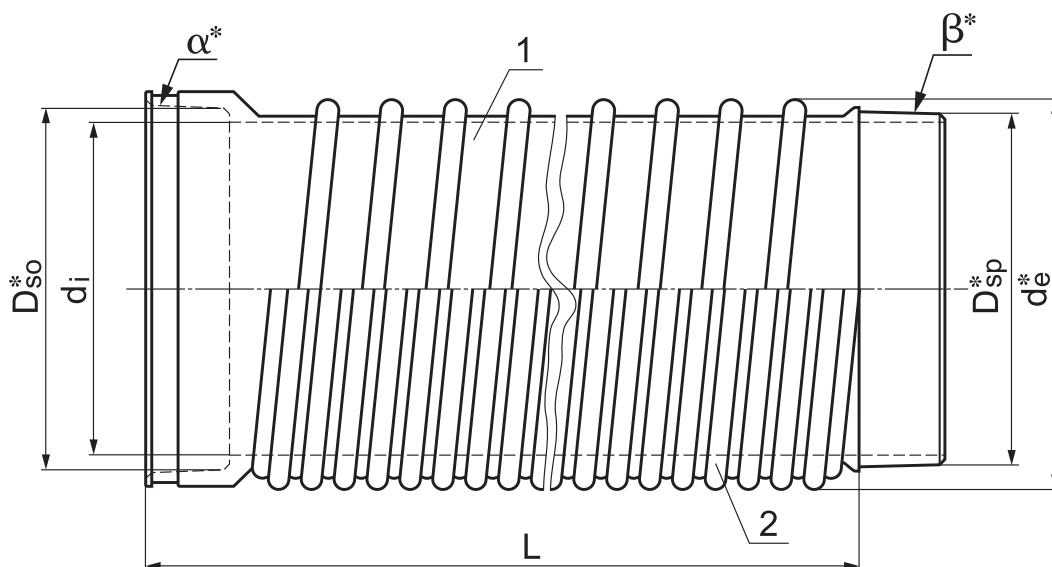


Рис. 5. Внешний вид труб КОРСИС ПЛЮС

Трубы КОРСИС ПЛЮС изготавливаются с двумя типами профиля стенки – PR и OL. Выпускаются трубы для безнапорных канализационных сетей и для напорных трубопроводов. Размеры профиля труб для безнапорного и напорного применения приведены в таблице 1 и 2.

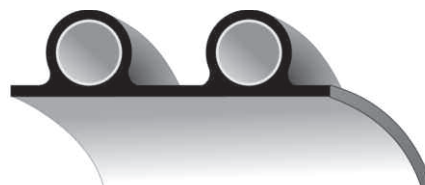
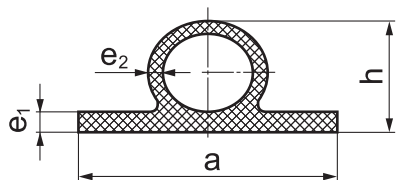


Рис. 6. Профиль PR

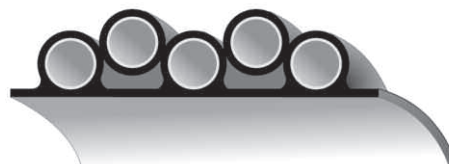
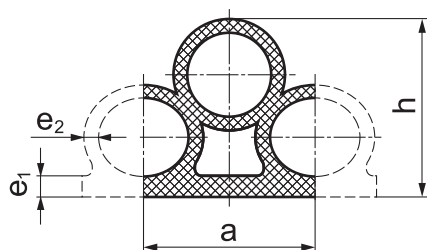


Рис. 7. Профиль OL

Таблица 1. Размеры профиля труб для безнапорного применения, в мм

Номинальный размер труб DNI	Номинальная кольцевая жесткость, SN, кН/м ²	Тип профиля	a	h	e ₁	e ₂
1200	2	PR-54-05.89	140	66	6	5
	4	PR-65-09.63	140	78	7	5
	6	PR-75-13.93	140	85	8	5
	8	PR-75-18.22	140	91	10	6
1400	2	PR-54-07.84	120	70	9	5
	4	PR-65-14.27	120	77	9	6
	6	PR-75-24.29	140	94	10	8
	8	PR-75-31.76	120	95	11	9
1600	2	PR-75-16.57	140	86	8	6
	4	PR-75-21.16	120	91	11	6
	6	OL-65-30.81	120	114	6	5
	8	OL-75-44.04	140	126	6	6
2000	2	PR-75-20.26	120	89	7	7
	4	OL-75-35.42	140	125	6	5
	6	OL-75-52.20	140	139	9	6
	8	OL-75-69.43	120	150	13	5
2200	2	OL-75-30.16	140	127	5	4
	4	OL-75-57.23	140	141	8	6
	6	OL-75-85.03	140	153	9	8
	8	OL-75-118.90	140	164	10	10

Таблица 2. Размеры профиля труб для напорного применения, в мм

Номинальный размер труб DN/ID	Рабочее давление, P, МПа	Тип профиля	a	h	e ₁	e ₂
1200	0,15	PR-54-05.99	120	63	8	4
	0,25	PR-54-06.62	120	65	10	4
	0,35	PR-54-08.48	120	71	16	4
	0,5	PR-54-14.19	120	80	24	5
	0,6	PR-54-17.33	120	86	30	5
1400	0,15	PR-54-09.84	120	66	8	6,5
	0,25	PR-54-11.03	120	69	12	6
	0,35	PR-54-11.51	120	74	18	5
	0,5	PR-54-17.34	120	86	30	5
	0,6	PR-54-21.11	120	92	36	5
1600	0,15	PR-65-15.11	120	76	8	6,5
	0,25	PR-65-16.81	120	81	12	6
	0,35	PR-65-20.89	120	87	18	6
	0,5	PR-65-34.84	120	100	30	7
	0,6	PR-65-43.81	120	106	36	7,5
2000	0,15	PR-75-30.79	140	90	12	9
	0,25	PR-75-31.41	140	96	16	8
	0,35	PR-75-34.64	140	105	24	7
	0,5	PR-75-57.02	140	119	36	8,5

2.3. Характеристики безнапорных труб КОРСИС ПЛЮС

Размеры труб для безнапорного применения, в том числе для различных классов номинальной кольцевой жесткости SN, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Размеры трубы для безнапорного применения, в мм

Номинальный размер труб DN/ID	di, не менее	de	D _{so}		α, °	β, °	D _{so}		Номинальная кольцевая жесткость, SN, кН/м ²	Тип профиля
			Номин.	Пред. откл.			Номин.	Пред. откл.		
1200	1190	1322	1249	±3	1,6	1	1248	±3	2	PR-54-05.89
		1346							4	PR-65-09.63
		1360							6	PR-75-13.93
		1372							8	PR-75-18.22
1400	1390	1530	1448	±3	1,7	1	1444	±3	2	PR-54-07.84
		1544							4	PR-65-14.27
		1578							6	PR-75-24.29
		1580							8	PR-75-31.76
1600	1580	1752	1660	±3	1,8	1	1657	±4	2	PR-75-16.57
		1762							4	PR-75-21.16
		1808							6	OL-65-30.81
		1832							8	OL-75-44.04
2000	1950	2128	2068	±3	2,0	1	2064	±4	2	PR-75-20.26
		2200							4	OL-75-35.42
		2228							6	OL-75-52.20
		2250							8	OL-75-69.43
2200	2150	2454	2268	±3	2,0	1	2264	±4	2	OL-75-30.16
		2482							4	OL-75-57.23
		2506							6	OL-75-85.03
		2528							8	OL-75-118.90

Таблица 4. Масса труб КОРСИС ПЛЮС

Номинальный размер труб DN/ID	Номинальная кольцевая жесткость SN, кН/м ²	Тип профиля	Масса 1м трубы, кг
1200	2	PR-54-05.89	54
	4	PR-65-09.63	66
	6	PR-75-13.93	77
	8	PR-75-18.22	92
1400	2	PR-54-07.84	82
	4	PR-65-14.27	102
	6	PR-75-24.29	125
	8	PR-75-31.76	154
1600	2	PR-75-16.57	111
	4	PR-75-21.16	138
	6	OL-65-30.81	151
	8	OL-75-44.04	171
2000	2	PR-75-20.26	161
	4	OL-75-35.42	187
	6	OL-75-52.20	229
	8	OL-75-69.43	257
2200	2	OL-75-30.16	177
	4	OL-75-57.23	250
	6	OL-75-85.03	315
	8	OL-75-118.90	317

Таблица 5. Моменты инерции профиля стенок труб

Номинальный размер труб DN/ID	Номинальная кольцевая жесткость SN, кН/м ²	Тип профиля	I, мм ⁴ /мм	b, мм
1200	2	PR-54-05.89	5893	20,1
	4	PR-65-09.63	9631	23,6
	6	PR-75-13.93	13927	26,6
	8	PR-75-18.22	18221	28,3
1400	2	PR-54-07.84	7838	20,1
	4	PR-65-14.27	14274	26,7
	6	PR-75-24.29	24287	33,0
	8	PR-75-31.76	31765	36,6
1600	2	PR-75-16.57	16570	29,3
	4	PR-75-21.16	21165	29,7
	6	OL-65-30.81	30808	45,9
	8	OL-75-44.04	44039	53,5
2000	2	PR-75-20.26	20261	33,9
	4	OL-75-35.42	35422	49,0
	6	OL-75-52.20	52204	50,9
	8	OL-75-69.43	69433	50,4
2200	2	OL-75-30.16	30165	49,6
	4	OL-75-57.23	57233	56,0
	6	OL-75-85.03	85032	63,6
	8	OL-75-118.90	118903	70,5

2.4. Характеристики напорных труб КОРСИС ПЛЮС

Размеры труб для напорного применения, в том числе на различные рабочие давления Р, приведены в таблице 6.

Таблица 6. Размеры трубы КОРСИС ПЛЮС для напорного применения, в мм

Номинальный размер труб DN/ID	di, не менее	de	D _{so}		α, °	β, °	D _{so}		Номинальная кольцевая жесткость, SN, кН/м ²	Рабочее давление, Р, МПа	Тип профиля
			Номин.	Пред. откл.			Номин.	Пред. откл.			
1200	1190	1316	1249	±3	1,6	1	1248	±3	2	0,15	PR-54-05.99
		1320							3	0,25	PR-54-06.62
		1322							4	0,35	PR-54-08.48
		1350							6	0,5	PR-54-14.19
		1362							8	0,6	PR-54-17.33
1400	1390	1522	1448	±3	1,7	1	1444	±3	2	0,15	PR-54-09.84
		1528							3	0,25	PR-54-11.03
		1538							3	0,35	PR-54-11.51
		1562							5	0,5	PR-54-17.34
		1574							6	0,6	PR-54-21.11
1600	1580	1732	1660	±3	1,8	1	1657	±4	3	0,15	PR-65-15.11
		1742							3	0,25	PR-65-16.81
		1754							4	0,35	PR-65-20.89
		1780							6	0,5	PR-65-34.84
		1792							8	0,6	PR-65-43.81
2000	1950	2130	2068	±3	2,0	1	2064	±4	3	0,15	PR-75-30.79
		2142							3	0,25	PR-75-31.41
		2160							3	0,35	PR-75-34.64
		2188							5	0,5	PR-75-57.02

Таблица 7. Масса труб КОРСИС ПЛЮС для напорного применения

Номинальный размер труб DN/ID	Рабочее давление, Р, МПа	Тип профиля	Масса 1м трубы, кг
1200	0,15	PR-54-05.99	60
	0,25	PR-54-06.62	67
	0,35	PR-54-08.48	89
	0,5	PR-54-14.19	126
	0,6	PR-54-17.33	149
1400	0,15	PR-54-09.84	87
	0,25	PR-54-11.03	101
	0,35	PR-54-11.51	120
	0,5	PR-54-17.34	173
	0,6	PR-54-21.11	200
1600	0,15	PR-65-15.11	114
	0,25	PR-65-16.81	130
	0,35	PR-65-20.89	160
	0,5	PR-65-34.84	230
	0,6	PR-65-43.81	265
2000	0,15	PR-75-30.79	197
	0,25	PR-75-31.41	209
	0,35	PR-75-34.64	247
	0,5	PR-75-57.02	341

Таблица 8. Моменты инерции труб КОРСИС ПЛЮС для напорного применения

Номинальный размер труб DN/ID	Рабочее давление, Р, МПа	Кольцевая жесткость SN, кН/м ²	Тип профиля	I, мм ⁴ /мм	b, мм
1200	0,15	2	PR-54-05.99	5990	18,0
	0,25	3	PR-54-06.62	6623	17,6
	0,35	4	PR-54-08.48	8487	17,9
	0,5	6	PR-54-14.19	14192	21,9
	0,6	8	PR-54-17.33	17334	24,0
1400	0,15	2	PR-54-09.84	9843	23,8
	0,25	3	PR-54-11.03	11032	22,0
	0,35	3	PR-54-11.51	11510	20,4
	0,5	5	PR-54-17.34	17343	24,0
	0,6	6	PR-54-21.11	21112	26,2
1600	0,15	3	PR-65-15.11	15113	28,6
	0,25	3	PR-65-16.81	16816	26,2
	0,35	4	PR-65-20.89	20894	26,4
	0,5	6	PR-65-34.84	34843	30,7
	0,6	8	PR-65-43.81	43815	33,5
2000	0,15	3	PR-75-30.79	30796	35,0
	0,25	3	PR-75-31.41	31416	32,2
	0,35	3	PR-75-34.64	34640	30,4
	0,5	5	PR-75-57.02	57024	36,4



2.5. Условные обозначения труб КОРСИС ПЛЮС

Условное обозначение состоит из слова «труба», торгового наименования «КОРСИС ПЛЮС», номинального внутреннего диаметра DN/ID, сокращенного обозначения типа профиля, номинальной кольцевой жесткости SN (труба для безнапорного применения) или рабочего давления P (труба для напорного применения), обозначения нормативного документа (ТУ 2248-005-73011750-2008).

Примеры условных обозначений:

Труба «КОРСИС ПЛЮС» для безнапорного применения номинальным внутренним диаметром DN/ID 1400 мм, с профилем типа PR-65-14.27, номинальной кольцевой жесткостью SN 4:

Труба КОРСИС ПЛЮС DN/ID 1400 PR-65 SN 4 ТУ 2248-005-73011750-2008

Труба «КОРСИС ПЛЮС» для безнапорного применения номинальным внутренним диаметром DN/ID 2000 мм, с профилем типа OL-75-52.20, номинальной кольцевой жесткостью SN 6:

Труба КОРСИС ПЛЮС DN/ID 2000 OL-75 SN 6 ТУ 2248-005-73011750-2008

Труба «КОРСИС ПЛЮС» для напорного применения номинальным внутренним диаметром DN/ID 1600 мм, с профилем типа PR-65-20.89 на рабочее давление 0,35 МПа:

Труба КОРСИС ПЛЮС DN/ID 1600 PR-65 P 0,35 МПа ТУ 2248-005-73011750-2008.



3. Проектирование трубопроводов КОРСИС ПЛЮС

3.1. Общие сведения

Трубопровод в каждом конкретном случае рассчитывается в соответствии с представленными заказчиком техническими требованиями и условиями эксплуатации. Необходимая кольцевая жёсткость является важным критерием для определения возможности применения трубы в тех или иных условиях. Другим важным критерием является минимальная толщина стенки трубы. Кольцевая жёсткость может быть рассчитана по классическим статическим моделям. Условия укладки, контроль уплотнения и обсыпки трубопровода, предписанные на основании статических расчётов, должны точно соблюдаться при реализации проекта. Статические расчёты должны учитывать следующие факторы:

- глубина укладки труб,
- транспортные и прочие локальные нагрузки,
- уровень грунтовых вод,
- характеристики грунта.

Гидравлические характеристики коллекторов определяются их наибольшей пропускной способностью при заданном уклоне и площади живого сечения потока. Для проектирования бытовых водоотводящих сетей принимается безнапорный режим движения жидкости с частичным наполнением труб (0,5–0,8). Следует иметь в виду, что в сетях, предназначенных для транспортировки дождевых вод, расчетные расходы наблюдаются не чаще одного раза в несколько лет. Следовательно, водоотводящие сети работают в безнапорном режиме при частичном заполнении. Этот режим обладает рядом преимуществ перед напорным. В бытовых и производственно-бытовых сетях необходимо обеспечивать некоторый резерв живого сечения трубопровода. Через свободную от воды верхнюю часть сечения трубы осуществляется вентиляция разветвленной водоотводящей сети. При этом из трубопровода непрерывно удаляются выделяющиеся из сточных вод газы, которые вызывают коррозию трубопроводов и сооружений на них, осложняют эксплуатацию водоотводящих сетей и т.п.

В сточных водах также содержатся нерастворенные органические и минеральные примеси. Первые имеют небольшую плотность и хорошо транспортируются потоком воды. Вторые (песок, бой стекла, шлаки и др.) имеют значительную плотность и транспортируются лишь при определенных скоростях турбулентного потока жидкости. Поэтому важнейшим условием проектирования водоотводящих сетей является обеспечение в трубопроводах при расчетных расходах необходимых скоростей движения жидкости, исключающих образование плотных несмываемых отложений. Для проведения гидравлических расчетов гофрированных двухслойных труб КОРСИС ПЛЮС могут использоваться формулы, номограммы и таблицы в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [2] и СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования» [3], а также европейского стандарта BS EN 752 [13].

3.2. Расчет гидравлических параметров

Гидравлический расчет трубопроводов круглого сечения заключается в определении диаметра d (м), наполнения h/d (в долях диаметра), скорости течения потока v (м/с), гидравлического уклона i при заданном расходе q (м³/с). Основной гидравлической характеристикой потока является гидравлический радиус R (3.2.1)

$$R = \omega / \chi, \quad (3.2.1)$$

где: ω – площадь живого сечения потока, м²

χ – длина смоченного периметра трубы в плоскости, перпендикулярной вектору скорости, м

Для удобства проведения гидравлического расчета для различных значений наполнений в трубах в интервале от $h/d = 0,1$ до $h/d = 1$ подсчитаны значения гидравлических параметров. Результаты расчетов, выполненные под руководством Я.А. Карелина [4], представлены в таблице 9.

Таблица 9. Расчетные значения гидравлических параметров труб

Наполнение в долях диаметра (h/d)	Площадь живого сечения в долях квадрата диаметра (ω/d^2)	Смоченный периметр в долях диаметра (χ/d)	Гидравлический радиус в долях диаметра (R/d)
0,1	0,0409	0,6441	0,0625
0,2	0,1118	0,9270	0,1206
0,3	0,1982	1,1597	0,1709
0,4	0,2934	1,3697	0,2142
0,5	0,3927	1,5708	0,2500
0,6	0,4920	1,7723	0,2776
0,7	0,5872	1,9825	0,2962
0,8	0,6736	2,2143	0,3042
0,9	0,7445	2,4983	0,2980
1	0,7854	3,1416	0,2500

3.3. Значения минимально допустимых уклонов в зависимости от диаметра трубопровода

Минимально допустимые диаметры и уклоны, обеспечивающие в трубах самоочищающие скорости, необходимо подбирать, исходя из опыта эксплуатации водоотводящих сетей.

Минимальный уклон трубопроводов любого назначения должен обеспечивать самоочищающую скорость потока в отношении расчетной частицы песка шарообразной формы размером 500 мк и плотностью $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$. При диаметрах трубопроводов $d = 1200 \text{ мм}$ и выше наименьший уклон i определяют по формуле:

$$i_{\min} = a_i / d, \quad (3.3.1)$$

где: d – диаметр трубопровода в мм;

a_i – коэффициент.

Значения d и a_i представлены в таблице 10:

Таблица 10. Рекомендуемые значения коэффициента a_i для определения минимального уклона

Значения d , мм	1200	1400	1600	2000	2200
Значения a_i	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4

3.4. Рекомендуемые наполнения в самотечных трубопроводах

Частичное наполнение самотечных трубопроводов обеспечивает удаление из них газов, а также пропуск неучтенных возможных дополнительных расходов сточных вод. Оптимальные наполнения в трубах различных диаметров представлены в таблице 11.

Таблица 11. Значения рекомендуемых наполнений труб бытовой канализации

d , мм	1200–2200
Наполнение h/d	0,8

Для водостоков и низкоконцентрированных промстоков рекомендуется более полное заполнение трубопроводов, так как максимальные расчетные расходы воды происходят через значительные интервалы времени. В таблице 12 представлены эти рекомендации.

Таблица 12. Значения рекомендуемых наполнений для водостоков и низкоконцентрированных промстоков

d , мм	1200–2200
Наполнение h/d	1

3.5. Определение скорости потока сточных вод

Значения скоростей принимают в зависимости от условий канализования. При минимальных уклонах, имеющих место в большинстве случаев на практике, принимают минимально допустимые скорости, при которых происходит удовлетворительная работа водоотводящих сетей. Эти минимально допустимые скорости зависят от транспортирующей способности потока и определяются условиями осаждения механических примесей на лоток трубы. Значения рекомендуемой самоочищающей скорости указаны в таблице 13.

Таблица 13. Зависимость минимальной скорости потока от диаметра трубы

d , мм	1200–2200
$V_{\min} \text{ м/с}$	1,15

3.6. Формулы для гидравлического расчета безнапорной водоотводящей сети из пластмассовых труб

Гидравлический расчет водоотводящих сетей выполняют с помощью формул равномерного установившегося движения жидкости в самотечном безнапорном потоке.

Вычисления проводятся с использованием формулы расхода

$$q = \omega v, \quad (3.6.1)$$

где:

q – расход стоков, м³/с;

ω – площадь живого сечения потока, м²;

v – средняя скорость потока, м/с;

и формулы Дарси для определения гидравлического уклона

$$i = \frac{\lambda_p}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3.6.2)$$

где:

i – уклон трубы, принимается численно равным гидравлическому уклону свободной поверхности воды при равномерном установившемся движении потока;

R – гидравлический радиус, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

λ_p – коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб.

Экспериментальные гидравлические исследования, выполненные в России [4] на пластмассовых трубах, транспортирующих воду и промстоки, показали, что коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб при небольших наполнениях ($h/d = 0,3$) подчиняется закону гидравлически гладких труб. При наполнениях более $h/d = 0,3$ сопротивление может несколько возрасти из-за возможности возникновения локальной турбулентности вблизи внутренней поверхности пластмассовых труб. Для учета воздействия фактуры внутренней поверхности на гидравлическое сопротивление рекомендуется использовать безразмерный поправочный коэффициент k , зависящий от наполнения трубопровода h/d , представленный в таблице 14.

Таблица 14. Значения безразмерного поправочного коэффициента k

Наполнение h/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
k	1,00	1,00	1,00	1,07	1,13	1,19	1,24	1,25	1,25	1,25

Коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб при самотечном движении потока жидкости определяют [4, 6, 7], используя значения коэффициента k , представленные в таблице 14, по формуле:

$$\lambda_p = k \cdot \lambda_r, \quad (3.6.3)$$

где: λ_r – коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб.

Способ вычисления коэффициента λ_r зависит от режима работы трубопровода и характера движения в нем жидкости, которые описываются числом Рейнольдса (Re).

$$Re = v \cdot 4R / \nu, \quad (3.6.4)$$

где: v – средняя скорость потока, м/с;

R – гидравлический радиус, м;

ν – значение кинематической вязкости жидкости, при температуре 20°C $\nu = 1,03 \cdot 10^{-6}$, м²/с.

Для расчета коэффициента λ_r существует несколько разных методик [3, 4, 7]. При наших условиях коэффициент λ_r рекомендуется определять по формуле Блазиуса:

$$\lambda_r = 0,3164 / Re^{0,25}. \quad (3.6.5)$$

3.7. Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых профилированных труб КОРСИС ПЛЮС

DN/ID = 1200 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0,0004	20,94	0,356	91,47	0,568	207,90	0,728	347,84	0,823	503,87	0,891	660,43	0,932	806,37	0,954	938,45	0,967	1022,12	0,953	951,37	0,841
0,0005	23,79	0,404	103,88	0,645	236,12	0,827	395,05	0,935	572,25	1,012	750,06	1,059	915,81	1,083	1065,81	1,099	1160,83	1,083	1080,48	0,955
0,0006	26,39	0,448	115,27	0,716	261,99	0,918	438,34	1,037	634,96	1,123	832,25	1,175	1016,16	1,202	1182,61	1,219	1288,03	1,201	1198,88	1,060
0,0007	28,82	0,489	125,86	0,782	286,07	1,002	478,62	1,133	693,31	1,226	908,73	1,283	1109,54	1,312	1291,28	1,331	1406,40	1,312	1309,05	1,157
0,0008	31,10	0,528	135,82	0,844	308,71	1,082	516,49	1,222	748,17	1,323	980,64	1,384	1197,34	1,416	1393,46	1,437	1517,68	1,416	1412,64	1,249
0,0009	33,26	0,565	145,25	0,902	330,15	1,157	552,38	1,307	800,15	1,415	1048,78	1,480	1280,53	1,514	1490,28	1,536	1623,13	1,514	1510,79	1,336
0,0010	35,32	0,600	154,25	0,958	350,60	1,228	586,58	1,388	849,70	1,503	1113,73	1,572	1359,83	1,608	1582,57	1,632	1723,65	1,608	1604,35	1,419
0,0011	37,29	0,633	162,87	1,012	370,19	1,297	619,35	1,466	897,17	1,587	1175,94	1,660	1435,79	1,698	1670,97	1,723	1819,94	1,698	1693,97	1,498
0,0012	39,19	0,665	171,15	1,063	389,02	1,363	650,86	1,541	942,81	1,667	1235,77	1,744	1508,84	1,784	1755,99	1,810	1912,53	1,784	1780,15	1,574
0,0013	41,02	0,696	179,15	1,113	407,19	1,427	681,26	1,612	986,85	1,745	1293,49	1,826	1579,31	1,868	1838,00	1,895	2001,86	1,867	1863,30	1,648
0,0014	42,79	0,727	186,88	1,161	424,77	1,488	710,67	1,682	1029,45	1,820	1349,33	1,905	1647,49	1,948	1917,35	1,977	2088,28	1,948	1943,74	1,719
0,0015	44,51	0,756	194,38	1,207	441,81	1,548	739,19	1,750	1070,77	1,894	1403,48	1,981	1713,61	2,027	1994,30	2,056	2172,09	2,026	2021,75	1,788
0,0016	46,18	0,784	201,67	1,253	458,38	1,606	766,91	1,815	1110,91	1,965	1456,10	2,055	1777,86	2,103	2069,07	2,133	2253,52	2,102	2097,55	1,855
0,0017	47,80	0,812	208,76	1,297	474,51	1,663	793,89	1,879	1149,99	2,034	1507,33	2,128	1840,40	2,177	2141,86	2,208	2332,80	2,176	2171,34	1,920
0,0018	49,38	0,838	215,68	1,340	490,23	1,718	820,19	1,941	1188,10	2,101	1557,27	2,198	1901,39	2,249	2212,83	2,281	2410,10	2,248	2243,29	1,983
0,0019	50,93	0,865	222,43	1,382	505,58	1,771	845,88	2,002	1225,30	2,167	1606,04	2,267	1960,93	2,319	2282,13	2,353	2485,57	2,318	2313,54	2,046
0,0020	52,44	0,890	229,04	1,423	520,59	1,824	870,99	2,062	1261,68	2,231	1653,71	2,334	2019,14	2,388	2349,87	2,423	2559,36	2,387	2382,21	2,106
0,0025	59,56	1,011	260,12	1,616	591,24	2,072	989,19	2,341	1432,91	2,534	1878,15	2,651	2293,17	2,712	2668,78	2,751	2906,70	2,711	2705,51	2,392
0,0030	66,09	1,122	288,62	1,793	656,03	2,299	1097,59	2,598	1589,92	2,812	2083,95	2,941	2544,45	3,009	2961,22	3,053	3225,21	3,008	3001,98	2,654
0,0035	72,16	1,225	315,15	1,958	716,31	2,510	1198,45	2,837	1736,03	3,070	2275,45	3,212	2778,27	3,286	3233,34	3,333	3521,59	3,285	3277,85	2,898
0,0040	77,87	1,322	340,08	2,112	772,99	2,708	1293,28	3,061	1873,40	3,313	2455,51	3,466	2998,11	3,546	3489,19	3,597	3800,25	3,545	3537,22	3,128
0,0045	83,28	1,414	363,71	2,259	826,70	2,897	1383,14	3,274	2003,56	3,543	2626,12	3,707	3206,42	3,792	3731,63	3,847	4064,30	3,791	3782,99	3,345
0,0050	88,44	1,502	386,24	2,399	877,90	3,076	1468,80	3,476	2127,64	3,762	2788,76	3,936	3405,00	4,027	3962,73	4,085	4316,00	4,026	4017,27	3,552
0,0055	93,38	1,585	407,81	2,533	926,94	3,248	1550,85	3,671	2246,50	3,973	2944,54	4,156	3595,20	4,252	4184,09	4,314	4557,10	4,251	4241,68	3,750
0,0066	103,61	1,759	452,50	2,811	1028,51	3,604	1720,78	4,073	2492,66	4,408	3267,20	4,612	3989,16	4,718	4642,58	4,786	5056,46	4,716	4706,48	4,161
0,0070	107,14	1,819	467,94	2,907	1063,61	3,727	1779,51	4,212	2577,73	4,558	3378,70	4,769	4125,30	4,879	4801,01	4,950	5229,02	4,877	4867,09	4,303
0,0080	115,62	1,963	504,97	3,137	1147,78	4,022	1920,32	4,545	2781,70	4,919	3646,05	5,146	4451,73	5,265	5180,91	5,341	5642,79	5,263	5252,22	4,644
0,0090	123,66	2,100	540,06	3,355	1227,52	4,301	2053,75	4,861	2974,98	5,261	3899,38	5,504	4761,04	5,631	5540,89	5,712	6034,85	5,629	5617,15	4,967

Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых профилированных труб КОРСИС ПЛЮС. *Продолжение 1*

DN/ID = 1400 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0,0004	31,82	0,397	138,96	0,634	315,85	0,813	528,44	0,919	765,48	0,995	1003,34	1,040	1225,05	1,064	1425,71	1,080	1552,81	1,064	1445,34	0,939
0,0005	36,14	0,451	157,82	0,720	358,72	0,923	600,16	1,044	869,37	1,130	1139,51	1,182	1391,31	1,209	1619,20	1,226	1763,55	1,209	1641,49	1,066
0,0006	40,10	0,500	175,11	0,799	398,02	1,025	665,93	1,158	964,64	1,253	1264,37	1,311	1543,77	1,341	1796,63	1,361	1956,80	1,341	1821,36	1,183
0,0007	43,78	0,546	191,21	0,873	434,60	1,119	727,12	1,264	1053,28	1,368	1380,56	1,432	1685,63	1,465	1961,73	1,486	2136,62	1,464	1988,73	1,292
0,0008	47,24	0,589	206,34	0,942	468,99	1,207	784,66	1,364	1136,63	1,477	1489,81	1,545	1819,01	1,580	2116,96	1,603	2305,69	1,580	2146,10	1,394
0,0009	50,53	0,630	220,67	1,007	501,58	1,291	839,18	1,459	1215,60	1,579	1593,32	1,652	1945,40	1,690	2264,05	1,715	2465,89	1,690	2295,21	1,491
0,0010	53,66	0,669	234,34	1,069	532,64	1,371	891,15	1,550	1290,88	1,677	1691,99	1,755	2065,88	1,795	2404,26	1,821	2618,60	1,795	2437,36	1,583
0,0011	56,65	0,707	247,43	1,129	562,39	1,448	940,93	1,636	1362,99	1,771	1786,51	1,853	2181,28	1,895	2538,57	1,923	2764,88	1,895	2573,51	1,672
0,0012	59,54	0,743	260,02	1,187	591,00	1,521	988,80	1,719	1432,34	1,861	1877,40	1,947	2292,25	1,992	2667,72	2,021	2905,54	1,991	2704,44	1,757
0,0013	62,32	0,777	272,16	1,242	618,61	1,592	1034,98	1,800	1499,24	1,948	1965,09	2,038	2399,32	2,085	2792,32	2,115	3041,25	2,084	2830,76	1,839
0,0014	65,01	0,811	283,91	1,296	645,31	1,661	1079,66	1,877	1563,96	2,032	2049,92	2,126	2502,90	2,175	2912,87	2,206	3172,55	2,174	2952,96	1,918
0,0015	67,62	0,843	295,30	1,348	671,21	1,728	1122,99	1,953	1626,72	2,113	2132,19	2,211	2603,34	2,262	3029,77	2,295	3299,87	2,261	3071,47	1,995
0,0016	70,15	0,875	306,38	1,398	696,38	1,793	1165,10	2,026	1687,71	2,193	2212,13	2,294	2700,95	2,347	3143,36	2,381	3423,59	2,346	3186,63	2,070
0,0017	72,62	0,906	317,15	1,447	720,88	1,856	1206,08	2,097	1747,09	2,270	2289,95	2,375	2795,97	2,429	3253,94	2,465	3544,03	2,429	3298,73	2,143
0,0018	75,02	0,936	327,66	1,495	744,76	1,917	1246,05	2,167	1804,98	2,345	2365,83	2,453	2888,61	2,510	3361,76	2,546	3661,46	2,509	3408,04	2,214
0,0019	77,37	0,965	337,92	1,542	768,09	1,977	1285,07	2,235	1861,50	2,419	2439,92	2,530	2979,07	2,588	3467,04	2,626	3776,12	2,588	3514,76	2,283
0,0020	79,67	0,994	347,96	1,588	790,89	2,036	1323,22	2,301	1916,76	2,490	2512,35	2,605	3067,51	2,665	3569,96	2,704	3888,22	2,665	3619,10	2,351
0,0025	90,48	1,129	395,18	1,803	898,22	2,312	1502,80	2,613	2176,89	2,828	2853,31	2,959	3483,81	3,027	4054,45	3,071	4415,90	3,026	4110,26	2,670
0,0030	100,40	1,252	438,48	2,001	996,65	2,566	1667,47	2,900	2415,43	3,138	3165,97	3,283	3865,56	3,359	4498,73	3,407	4899,79	3,358	4560,66	2,963
0,0035	109,62	1,367	478,78	2,185	1088,23	2,801	1820,70	3,166	2637,40	3,427	3456,91	3,585	4220,79	3,667	4912,14	3,721	5350,06	3,666	4979,75	3,235
0,0040	118,30	1,476	516,66	2,358	1174,34	3,023	1964,77	3,417	2846,09	3,698	3730,45	3,868	4554,77	3,958	5300,84	4,015	5773,40	3,956	5373,80	3,491
0,0045	126,52	1,578	552,56	2,522	1255,94	3,233	2101,29	3,654	3043,84	3,955	3989,64	4,137	4871,24	4,233	5669,14	4,294	6174,54	4,231	5747,17	3,733
0,0050	134,35	1,676	586,78	2,678	1333,72	3,433	2231,42	3,880	3232,35	4,200	4236,72	4,393	5172,92	4,495	6020,24	4,560	6556,93	4,493	6103,10	3,965
0,0055	141,86	1,770	619,56	2,827	1408,22	3,625	2356,07	4,097	3412,91	4,434	4473,39	4,639	5461,89	4,746	6356,53	4,815	6923,21	4,744	6444,02	4,186
0,0060	150,08	1,872	655,45	2,991	1489,82	3,835	2492,58	4,334	3610,66	4,691	4732,59	4,908	5778,36	5,021	6724,84	5,094	7324,35	5,019	6817,40	4,429
0,0065	156,85	1,957	685,05	3,126	1557,08	4,008	2605,12	4,530	3773,67	4,903	4946,25	5,129	6039,24	5,247	7028,45	5,324	7655,03	5,246	7125,19	4,629
0,0070	164,31	2,050	717,61	3,275	1631,10	4,199	2728,96	4,745	3953,07	5,136	5181,39	5,373	6326,33	5,497	7362,57	5,577	8018,94	5,495	7463,91	4,849
0,0080	177,12	2,209	773,54	3,530	1758,22	4,526	2941,64	5,115	4261,15	5,536	5585,20	5,792	6819,38	5,925	7936,38	6,011	8643,90	5,924	8045,61	5,227

Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых профилированных труб КОРСИС ПЛЮС. Продолжение 2
DN/ID = 1600 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0,0004	45,71	0,437	199,63	0,697	453,74	0,894	759,15	1,011	1099,67	1,094	1441,37	1,144	1759,87	1,171	2048,13	1,188	2230,72	1,170	2076,32	1,033
0,0005	51,91	0,496	226,72	0,792	515,32	1,016	862,17	1,148	1248,91	1,242	1636,98	1,300	1998,71	1,330	2326,09	1,349	2533,46	1,329	2358,11	1,173
0,0006	57,60	0,550	251,56	0,879	571,79	1,127	956,65	1,274	1385,76	1,378	1816,36	1,442	2217,72	1,475	2580,98	1,497	2811,07	1,475	2616,51	1,301
0,0007	62,89	0,601	274,68	0,960	624,33	1,230	1044,56	1,391	1513,11	1,505	1983,27	1,575	2421,52	1,611	2818,16	1,634	3069,39	1,610	2856,95	1,421
0,0008	67,87	0,648	296,41	1,036	673,74	1,328	1127,21	1,501	1632,84	1,624	2140,21	1,699	2613,13	1,738	3041,16	1,764	3312,27	1,738	3083,02	1,533
0,0009	72,59	0,693	317,01	1,108	720,55	1,420	1205,53	1,605	1746,29	1,737	2288,91	1,817	2794,69	1,859	3252,46	1,886	3542,41	1,859	3297,23	1,640
0,0010	77,08	0,736	336,64	1,176	765,17	1,508	1280,19	1,704	1854,44	1,845	2430,66	1,930	2967,77	1,974	3453,89	2,003	3761,80	1,974	3501,43	1,741
0,0011	81,39	0,777	355,45	1,242	807,91	1,592	1351,71	1,800	1958,03	1,948	2566,44	2,038	3133,55	2,085	3646,82	2,115	3971,93	2,084	3697,02	1,839
0,0012	85,53	0,817	373,53	1,305	849,02	1,673	1420,47	1,891	2057,65	2,047	2697,01	2,141	3292,97	2,191	3832,36	2,222	4174,01	2,190	3885,11	1,932
0,0013	89,52	0,855	390,98	1,366	888,67	1,751	1486,82	1,980	2153,75	2,142	2822,98	2,241	3446,78	2,293	4011,36	2,326	4368,97	2,292	4066,57	2,023
0,0014	93,39	0,892	407,86	1,425	927,04	1,827	1551,01	2,065	2246,73	2,235	2944,85	2,338	3595,58	2,392	4184,53	2,427	4557,58	2,391	4242,13	2,110
0,0015	97,13	0,928	424,22	1,482	964,24	1,900	1613,25	2,148	2336,90	2,325	3063,03	2,432	3739,88	2,488	4352,46	2,524	4740,48	2,487	4412,37	2,195
0,0016	100,78	0,962	440,13	1,538	1000,39	1,972	1673,74	2,228	2424,51	2,412	3177,87	2,523	3880,10	2,581	4515,65	2,619	4918,21	2,580	4577,80	2,277
0,0017	104,32	0,996	455,61	1,592	1035,59	2,041	1732,62	2,307	2509,81	2,497	3289,67	2,612	4016,60	2,672	4674,51	2,711	5091,24	2,671	4738,85	2,357
0,0018	107,78	1,029	470,71	1,645	1069,90	2,109	1790,03	2,383	2592,97	2,579	3398,68	2,698	4149,69	2,761	4829,40	2,801	5259,94	2,760	4895,87	2,435
0,0019	111,15	1,062	485,45	1,696	1103,41	2,175	1846,09	2,458	2674,17	2,660	3505,11	2,783	4279,64	2,847	4980,63	2,888	5424,65	2,846	5049,19	2,511
0,0020	114,45	1,093	499,86	1,746	1136,16	2,239	1900,89	2,531	2753,55	2,739	3609,16	2,866	4406,68	2,931	5128,49	2,974	5585,69	2,931	5199,07	2,586
0,0025	129,99	1,241	567,70	1,984	1290,35	2,543	2158,87	2,874	3127,25	3,111	4098,97	3,254	5004,73	3,329	5824,49	3,378	6343,74	3,328	5904,66	2,937
0,0030	144,23	1,377	629,91	2,201	1431,75	2,822	2395,43	3,189	3469,93	3,452	4548,13	3,611	5553,14	3,694	6462,73	3,748	7038,88	3,693	6551,69	3,259
0,0035	157,48	1,504	687,79	2,403	1563,32	3,081	2615,56	3,482	3788,80	3,769	4966,08	3,943	6063,44	4,034	7056,62	4,092	7685,71	4,033	7153,75	3,558
0,0040	169,94	1,623	742,22	2,593	1687,02	3,325	2822,53	3,758	4088,60	4,067	5359,04	4,255	6543,24	4,353	7615,01	4,416	8293,88	4,352	7719,82	3,840
0,0045	181,75	1,736	793,79	2,773	1804,24	3,556	3018,64	4,019	4372,68	4,350	5731,39	4,550	6997,87	4,655	8144,10	4,723	8870,14	4,654	8256,20	4,106
0,0050	193,01	1,843	842,95	2,945	1915,98	3,776	3205,58	4,268	4643,48	4,619	6086,34	4,832	7431,25	4,944	8648,47	5,015	9419,47	4,942	8767,51	4,361
0,0055	203,79	1,946	890,03	3,110	2023,00	3,987	3384,65	4,506	4902,87	4,877	6426,32	5,102	7846,36	5,220	9131,58	5,295	9945,65	5,218	9257,27	4,604
0,0060	214,16	2,045	935,32	3,268	2125,92	4,190	3556,84	4,735	5152,31	5,125	6753,27	5,362	8245,55	5,485	9596,16	5,565	10451,6	5,484	9728,24	4,838
0,0065	224,16	2,141	979,00	3,421	2225,22	4,386	3722,98	4,957	5392,96	5,364	7068,69	5,612	8630,68	5,741	10044,3	5,825	10939,8	5,740	10182,6	5,064
0,0070	233,84	2,233	1021,27	3,568	2321,29	4,575	3883,70	5,171	5625,78	5,596	7373,85	5,854	9003,27	5,989	10477,9	6,076	11412,0	5,988	10622,2	5,283
0,0080	252,34	2,410	1102,08	3,851	2504,97	4,937	4191,01	5,580	6070,94	6,039	7957,34	6,318	9715,69	6,463	11307,1	6,557	12315,1	6,462	11462,7	5,701

Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых профилированных труб КОРСИС ПЛЮС. *Продолжение 3*

DN/ID = 2000 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0005	95,10	0,581	415,33	0,929	944,03	1,191	1579,43	1,346	2287,90	1,457	2998,81	1,524	3661,47	1,559	4261,21	1,582	4641,09	1,558	4319,86	1,375
0.0006	105,52	0,645	460,84	1,031	1047,47	1,321	1752,50	1,493	2538,61	1,616	3327,42	1,691	4062,69	1,730	4728,15	1,755	5149,66	1,729	4793,23	1,526
0.0007	115,21	0,704	503,19	1,125	1143,73	1,443	1913,55	1,630	2771,89	1,765	3633,19	1,846	4436,03	1,889	5162,64	1,916	5622,88	1,888	5233,70	1,666
0.0008	124,33	0,760	543,01	1,214	1234,23	1,557	2064,97	1,760	2991,23	1,904	3920,68	1,992	4787,05	2,038	5571,16	2,068	6067,82	2,038	5647,84	1,798
0.0009	132,97	0,813	580,74	1,299	1319,98	1,665	2208,44	1,882	3199,06	2,037	4193,10	2,131	5119,65	2,180	5958,24	2,211	6489,41	2,179	6040,25	1,923
0.0010	141,20	0,863	616,70	1,379	1401,73	1,768	2345,21	1,998	3397,18	2,163	4452,78	2,263	5436,71	2,315	6327,24	2,348	6891,31	2,314	6414,33	2,042
0.0011	149,09	0,911	651,15	1,456	1480,03	1,867	2476,22	2,110	3586,95	2,284	4701,51	2,389	5740,42	2,444	6680,69	2,479	7276,26	2,443	6772,64	2,156
0.0012	156,68	0,958	684,28	1,530	1555,33	1,962	2602,19	2,217	3769,44	2,400	4940,70	2,511	6032,46	2,568	7020,57	2,606	7646,45	2,568	7117,20	2,265
0.0013	164,00	1,002	716,24	1,602	1627,98	2,053	2723,74	2,321	3945,50	2,512	5171,47	2,628	6314,22	2,688	7348,48	2,727	8003,59	2,688	7449,63	2,371
0.0014	171,08	1,046	747,16	1,671	1698,26	2,142	2841,32	2,421	4115,83	2,620	5394,73	2,741	6586,81	2,804	7665,72	2,845	8349,11	2,804	7771,23	2,474
0.0015	177,94	1,088	777,15	1,738	1766,41	2,228	2955,35	2,518	4281,01	2,725	5611,23	2,851	6851,15	2,917	7973,36	2,959	8684,18	2,916	8083,10	2,573
0.0016	184,61	1,128	806,28	1,803	1832,64	2,312	3066,15	2,613	4441,51	2,828	5821,61	2,958	7108,02	3,026	8272,30	3,070	9009,77	3,025	8386,16	2,669
0.0017	191,11	1,168	834,65	1,866	1897,11	2,393	3174,02	2,705	4597,76	2,927	6026,41	3,062	7358,08	3,133	8563,32	3,178	9326,73	3,132	8681,19	2,763
0.0018	197,44	1,207	862,30	1,928	1959,97	2,472	3279,19	2,794	4750,11	3,024	6226,10	3,164	7601,89	3,237	8847,07	3,284	9635,77	3,236	8968,84	2,855
0.0019	203,62	1,245	889,31	1,989	2021,35	2,550	3381,88	2,882	4898,87	3,119	6421,07	3,263	7839,95	3,338	9124,12	3,386	9937,52	3,337	9249,70	2,944
0.0020	209,67	1,282	915,71	2,048	2081,35	2,625	3482,27	2,967	5044,29	3,211	6611,68	3,360	8072,68	3,437	9394,97	3,487	10232,5	3,436	9524,28	3,032
0.0025	238,12	1,456	1039,98	2,326	2363,82	2,982	3954,87	3,370	5728,87	3,647	7508,98	3,816	9168,26	3,903	10670,0	3,960	11621,2	3,902	10816,8	3,443
0.0030	264,22	1,615	1153,94	2,580	2622,85	3,308	4388,24	3,739	6356,63	4,047	8331,80	4,234	10172,9	4,331	11839,2	4,394	12894,6	4,330	12002,1	3,820
0.0035	288,50	1,763	1259,98	2,817	2863,87	3,612	4791,49	4,083	6940,77	4,419	9097,45	4,623	11107,7	4,729	12927,1	4,798	14079,6	4,728	13105,0	4,171
0.0040	311,32	1,903	1359,68	3,040	3090,49	3,898	5170,64	4,406	7489,99	4,768	9817,32	4,988	11986,6	5,103	13950,0	5,177	15193,7	5,102	14142,0	4,502
0.0045	332,95	2,035	1454,15	3,252	3305,22	4,169	5529,90	4,712	8010,40	5,100	10499,4	5,335	12819,5	5,458	14919,3	5,537	16249,3	5,456	15124,6	4,814
0.0050	353,57	2,161	1544,21	3,453	3509,91	4,427	5872,37	5,004	8506,49	5,415	11149,6	5,665	13613,4	5,796	15843,3	5,880	17255,7	5,794	16061,3	5,112
0.0055	373,33	2,282	1630,47	3,646	3705,98	4,675	6200,40	5,283	8981,67	5,718	11772,5	5,982	14373,9	6,120	16728,3	6,209	18219,6	6,118	16958,5	5,398
0.0060	392,32	2,398	1713,42	3,831	3894,52	4,912	6515,85	5,552	9438,61	6,009	12371,4	6,286	15105,1	6,431	17579,3	6,524	19146,5	6,429	17821,3	5,673
0.0070	428,37	2,618	1870,88	4,184	4252,41	5,364	7114,62	6,062	10305,9	6,561	13508,3	6,864	16493,2	7,022	19194,8	7,124	20906,0	7,020	19459,0	6,194
0.0080	462,27	2,826	2018,92	4,515	4588,90	5,788	7677,60	6,542	11121,4	7,080	14577,2	7,407	17798,3	7,578	20713,7	7,688	22560,3	7,576	20998,8	6,684
0.0090	494,39	3,022	2159,19	4,828	4907,74	6,190	8211,04	6,996	11894,2	7,572	15590,0	7,922	19035,0	8,104	22152,9	8,222	24127,8	8,102	22457,8	7,149
0.0100	525,00	3,209	2292,91	5,127	5211,67	6,574	8719,55	7,430	12630,8	8,041	16555,5	8,412	20213,8	8,606	23524,8	8,731	25622,0	8,604	23848,6	7,591

Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых профилированных труб КОРСИС ПЛЮС. Продолжение 4
DN/ID = 2200 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0,0005	123,16	0,622	537,88	0,994	1222,58	1,274	2045,48	1,440	2963,00	1,559	3883,68	1,631	4741,87	1,668	5518,57	1,693	6010,55	1,668	5594,53	1,472
0,0006	136,65	0,690	596,82	1,103	1356,55	1,414	2269,62	1,598	3287,68	1,730	4309,25	1,810	5261,47	1,851	6123,29	1,878	6669,18	1,851	6207,57	1,633
0,0007	149,21	0,754	651,67	1,204	1481,21	1,544	2478,18	1,745	3589,80	1,889	4705,24	1,976	5744,97	2,021	6685,99	2,051	7282,04	2,021	6778,01	1,783
0,0008	161,02	0,813	703,23	1,300	1598,42	1,666	2674,28	1,883	3873,86	2,038	5077,57	2,132	6199,57	2,181	7215,05	2,213	7858,26	2,181	7314,35	1,924
0,0009	172,21	0,870	752,10	1,390	1709,47	1,782	2860,09	2,014	4143,02	2,180	5430,36	2,280	6630,32	2,333	7716,35	2,367	8404,26	2,332	7822,56	2,058
0,0010	182,87	0,924	798,67	1,476	1815,34	1,892	3037,22	2,139	4399,59	2,315	5766,66	2,422	7040,94	2,477	8194,23	2,513	8924,74	2,477	8307,01	2,185
0,0011	193,09	0,975	843,29	1,558	1916,75	1,998	3206,88	2,258	4645,36	2,444	6088,80	2,557	7434,25	2,616	8651,97	2,654	9423,28	2,615	8771,05	2,307
0,0012	202,91	1,025	886,19	1,638	2014,27	2,100	3370,03	2,373	4881,70	2,568	6398,57	2,687	7812,47	2,749	9092,14	2,789	9902,70	2,748	9217,28	2,425
0,0013	212,39	1,073	927,58	1,714	2108,35	2,198	3527,43	2,484	5109,71	2,688	6697,43	2,813	8177,37	2,877	9516,81	2,919	10365,2	2,877	9647,80	2,538
0,0014	221,56	1,119	967,63	1,788	2199,36	2,293	3679,72	2,591	5330,30	2,804	6986,56	2,934	8530,39	3,001	9927,66	3,045	10812,7	3,001	10064,3	2,648
0,0015	230,45	1,164	1006,46	1,860	2287,63	2,385	3827,39	2,695	5544,21	2,917	7266,94	3,052	8872,73	3,122	10326,0	3,167	11246,6	3,121	10468,2	2,754
0,0016	239,09	1,208	1044,19	1,930	2373,40	2,474	3970,89	2,796	5752,08	3,026	7539,40	3,166	9205,40	3,239	10713,2	3,286	11668,3	3,238	10860,6	2,857
0,0017	247,50	1,250	1080,93	1,998	2456,89	2,561	4110,58	2,895	5954,43	3,133	7804,63	3,277	9529,24	3,353	11090,1	3,402	12078,7	3,352	11242,7	2,958
0,0018	255,70	1,292	1116,74	2,064	2538,30	2,646	4246,79	2,991	6151,74	3,237	8063,24	3,386	9844,99	3,464	11457,5	3,514	12479,0	3,463	11615,2	3,056
0,0019	263,71	1,332	1151,72	2,128	2617,79	2,729	4379,78	3,084	6344,38	3,338	8315,75	3,492	10153,3	3,573	11816,3	3,624	12869,8	3,572	11979,0	3,151
0,0020	271,53	1,372	1185,91	2,192	2695,50	2,810	4509,79	3,176	6532,72	3,437	8562,60	3,596	10454,7	3,679	12167,1	3,732	13251,8	3,678	12334,6	3,245
0,0025	308,39	1,558	1346,85	2,489	3061,32	3,191	5121,84	3,607	7419,30	3,904	9724,67	4,084	11873,5	4,178	13818,4	4,238	15050,3	4,177	14008,6	3,685
0,0030	342,18	1,729	1494,44	2,762	3396,78	3,541	5683,08	4,002	8232,29	4,331	10790,2	4,531	13174,6	4,636	15332,6	4,703	16699,5	4,634	15543,6	4,089
0,0035	373,62	1,887	1631,77	3,016	3708,92	3,866	6205,32	4,370	8988,79	4,729	11781,8	4,948	14385,3	5,062	16741,6	5,135	18234,0	5,060	16972,0	4,465
0,0040	403,19	2,037	1760,89	3,254	4002,40	4,172	6696,35	4,716	9700,07	5,104	12714,1	5,339	15523,6	5,462	18066,3	5,541	19676,9	5,461	18315,0	4,818
0,0045	431,20	2,178	1883,23	3,480	4280,49	4,462	7161,61	5,043	10374,0	5,458	13597,5	5,710	16602,2	5,842	19321,6	5,926	21044,1	5,840	19587,5	5,153
0,0050	457,90	2,313	1999,86	3,696	4545,59	4,739	7605,14	5,356	11016,5	5,796	14439,6	6,064	17630,3	6,203	20518,2	6,293	22347,3	6,202	20800,6	5,472
0,0055	483,48	2,442	2111,58	3,902	4799,51	5,003	8029,97	5,655	11631,9	6,120	15246,2	6,403	18615,2	6,550	21664,3	6,645	23595,7	6,548	21962,5	5,778
0,0060	508,08	2,567	2219,00	4,101	5043,69	5,258	8438,49	5,942	12223,6	6,431	16021,9	6,728	19562,2	6,883	22766,5	6,983	24796,1	6,881	23079,9	6,072
0,0070	554,77	2,802	2422,92	4,478	5507,17	5,741	9213,94	6,488	13346,9	7,022	17494,2	7,347	21359,9	7,516	24858,6	7,625	27074,8	7,514	25200,8	6,629
0,0080	598,67	3,024	2614,64	4,832	5942,95	6,195	9943,04	7,002	14403,1	7,578	18878,5	7,928	23050,1	8,110	26825,7	8,228	29217,2	8,108	27194,9	7,154
0,0090	640,27	3,234	2796,31	5,168	6355,87	6,626	10633,8	7,488	15403,8	8,104	20190,2	8,479	24651,7	8,674	28689,6	8,800	31247,2	8,672	29084,4	7,651
0,0100	679,92	3,435	2969,49	5,488	6749,49	7,036	11292,4	7,952	16357,8	8,606	21440,6	9,004	26178,3	9,211	30466,3	9,345	33182,4	9,209	30885,7	8,125

3.8. Гидравлический расчет напорных трубопроводов КОРСИС ПЛЮС

Гидравлический расчет напорных систем заключается в определении потерь напора на расчетном участке трубопровода. Величина напора, необходимая для подачи воды на заданное расстояние:

$$H = \sum i_t \cdot l + \sum h_{мс} + h_{геом} + h_{св} , \quad (3.8.1)$$

где: i_t – потери напора на единицу длины трубопровода (или удельные потери напора при температуре воды t , °C), м/м
 l – длина участка трубопровода, м
 $h_{мс}$ – потери напора на местных сопротивлениях и стыковых соединениях, м. Приблизительно можно принимать равной 20% $\sum i_t \cdot l$
 $h_{геом}$ – геометрическая высота (отметка самой высокой точки трубопровода), м
 $h_{св}$ – свободный напор на изливе из трубопровода, м

Потери напора на единицу длины:

$$i_t = \frac{\lambda \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot d} , \quad (3.8.2)$$

где: λ – коэффициент гидравлического сопротивления по длине трубопровода
 v – средняя скорость движения воды, м/с
 g – ускорение свободного падения, м/с²
 d – расчетный внутренний диаметр трубопровода, м

$$\lambda = \frac{0,5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312 \cdot (2 - b) \cdot \lg(3,7 d / K_{\text{э}})}{\lg Re_{\Phi} - 1} \right]}{\lg(3,7 d / K_{\text{э}})} , \quad (3.8.3)$$

где: $K_{\text{э}}$ – коэффициент эквивалентной шероховатости. Равен 0,00002 м.
 b – число подобия режимов течения воды. При $b > 2$ следует принимать $b = 2$;

$$b = 1 + \frac{\lg Re_{\Phi}}{\lg Re_{\text{КВ}}} , \quad (3.8.4)$$

где:

$$Re_{\text{КВ}} = \frac{500 d}{K_{\text{э}}} \quad \text{– число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений};$$

$$Re_{\Phi} = \frac{v d}{\nu} \quad \text{– фактическое число Рейнольдса};$$

Таблица 15. Коэффициенты кинематической вязкости воды

Температура воды, °C	Коэффициент кинематической вязкости воды ν , м ² /с	Температура воды, °C	Коэффициент кинематической вязкости воды ν , м ² /с
0	$1,79 \cdot 10^{-6}$	35	$0,73 \cdot 10^{-6}$
5	$1,52 \cdot 10^{-6}$	40	$0,66 \cdot 10^{-6}$
10	$1,31 \cdot 10^{-6}$	45	$0,6 \cdot 10^{-6}$
15	$1,14 \cdot 10^{-6}$	50	$0,55 \cdot 10^{-6}$
20	$1,01 \cdot 10^{-6}$	55	$0,51 \cdot 10^{-6}$
25	$0,9 \cdot 10^{-6}$	60	$0,47 \cdot 10^{-6}$
30	$0,81 \cdot 10^{-6}$		

Для пластмассовых труб при температуре транспортируемой воды 10°C:

$$\lambda = \frac{0,01344}{d^{0,226} \cdot v^{0,226}}, \quad (3.8.5)$$

Тогда получим формулу для таблиц Шевелёва:

$$i_t = 0,000685 \cdot \frac{v^{1,774}}{d^{1,226}}, \quad (3.8.6)$$

Скорость движения воды определяем по формуле:

$$v = \frac{q}{S}, \quad (3.8.7)$$

где:

q – расход воды за единицу времени, м³/с

S – площадь поперечного сечения трубопровода, м²

Площадь поперечного сечения трубопровода:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.8.8)$$

Тогда для пластмассовых труб получим формулу:

$$i_t = 0,001052 \cdot \frac{q^{1,774}}{d^{4,774}}. \quad (3.8.9)$$

При температуре воды более 10°C следует умножить полученное значение потерь напора на поправочный коэффициент K_t , определяемый по номограммам на рисунке 8.

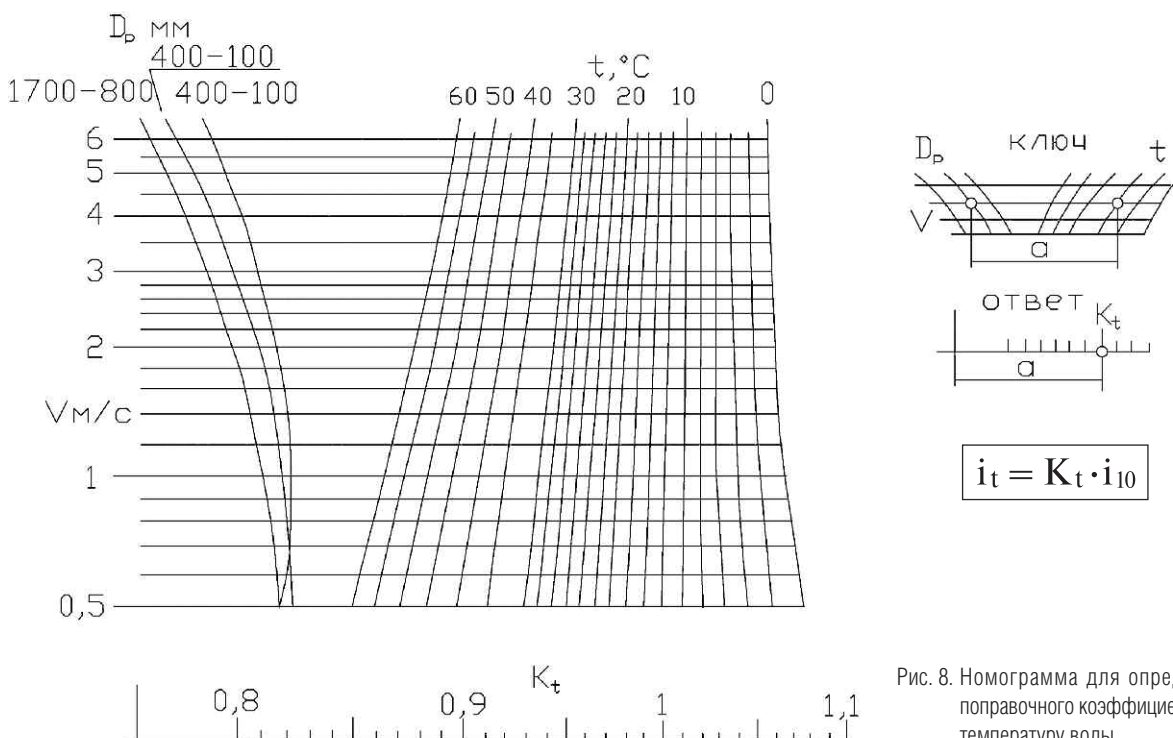


Рис. 8. Номограмма для определения поправочного коэффициента K_t на температуру воды

3.9. Расчет трубопроводов при подземной прокладке

Для трубопровода, работающего в основном под действием внешних нагрузок, вводится понятие кольцевой жесткости:

$$SN = E \cdot I / Dm^3, \quad (3.9.1)$$

где:

E – модуль упругости материала трубы, МПа;

I – момент инерции стенки трубы на метр длины, м⁴/м.

Для гладкостенной трубы момент инерции рассчитывается по формуле (3.9.2), поэтому SN в этом случае легко определяется по геометрическим размерам и значению модуля упругости материала трубы.

$$I = s^3 / 12, \quad (3.9.2)$$

где:

s^3 – толщина стенки трубы, мм.

Для профилированных труб предусматривается определение класса кольцевой жесткости SN экспериментальным путем. Производитель должен гарантировать заданную кольцевую жесткость.

Вертикальная деформация свободной трубы под действием силы F (рис. 9) рассчитывается по уравнению:

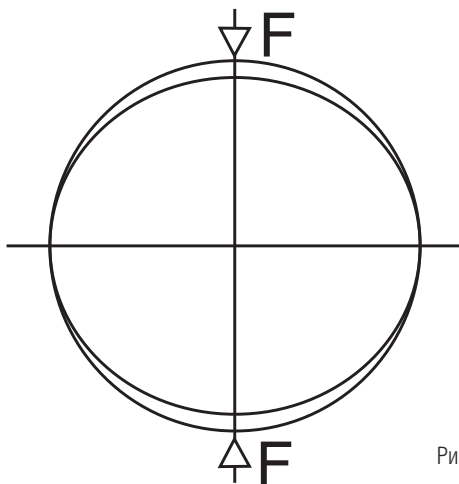


Рис. 9. Деформация полиэтиленовой трубы под действием силы F

$$f = 0,01875 F / SN. \quad (3.9.3)$$

Полиэтиленовый подземный трубопровод работает совместно с окружающим его грунтом. Грунт создает собственную нагрузку, действующую на трубопровод, и передает нагрузки с поверхности, например, от движущегося или стоящего над ним транспорта.

Действие вертикальной нагрузки приводит к деформации трубы, что вызывает горизонтальный отпор грунта. С увеличением деформации горизонтальная составляющая давления грунта увеличивается, постепенно переходя из пассивной формы в активную. Для полиэтиленовых труб отпор грунта засыпки является существенным фактором обеспечения долговременной стабильности круглой формы трубы. В этом случае уравнение (3.9.3) преобразуется в:

$$f/D_m = \frac{C_1 q}{C_2 SN + C_3 E's} , \quad (3.9.4)$$

где:

q – интенсивность вертикальной нагрузки грунта;

SN – кольцевая жесткость трубы;

$E's$ – секущий модуль грунта (см. далее);

C_1 – коэффициент влияния на деформацию интенсивности вертикальной нагрузки грунта;

C_2 – коэффициент влияния на деформацию кольцевой жесткости трубы;

C_3 – коэффициент влияния на деформацию секущего модуля грунта.

Все эти величины имеют размерность МПа. Эта формула соответствует классическому уравнению Шпенглера и используется для определения относительной деформации трубы практически всеми стандартами и строительными правилами с тем или иным сочетанием и значениями коэффициентов [14].

Российские строительные правила [3] используют следующую разновидность уравнения:

$$f/D_m = \frac{1,25 \cdot 0,11 q}{8 SN + 0,06 E's} , \quad (3.9.5)$$

Таблица 16. Норма $E's$ (МПа) в зависимости от типа грунта и степени уплотнения

Группа грунта	Тип грунта	Неуплотненный	Уплотненный под контролем
1	Мелкий конгломерат	0,7	2,0 – 5,0
2	Смесь песка и гравия	0,6	1,2 – 3,0
3	Супеси и суглинки	0,5	1,0 – 2,5
4	Плывун, глина	< 0,3	0,6

Секущий модуль грунта $E's$ зависит не только от степени уплотнения, но и от типа грунта.

Анализ данных, приведенных в таблице 16, показывает, что при прокладке трубопровода с применением грунтов обратной засыпки групп 2 и 3 и механического уплотнения величина $E's$ может составлять 2,5–3,0 МПа.

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

$$q_T = 0,478 T/H^2 , \quad (3.9.6)$$

где:

T – вес транспортного средства на ось, Н;

H – глубина засыпки трубопровода, м.

Нагрузка грунта на метр длины трубопровода Q_r Н/м может быть определена либо по методу «в насыпи», либо «в траншее». Метод «в насыпи» дает более тяжелые условия нагружения:

$$Q_r = \gamma H D, \quad (3.9.7)$$

где: γ – плотность грунта (нормально 18–19 кН/м³).
Для траншеи нагрузка на 20% ниже вследствие арочного эффекта:

$$Q_r = 0,8 \gamma H D, \quad (3.9.8)$$

Когда уровень грунтовых вод превышает уровень укладки трубопровода, плотность грунта уменьшают до кажущейся плотности грунта в воде, обычно 11 кН/м³.

Общее вертикальное давление грунта, используемое в уравнениях (3.9.4) и (3.9.5), определяется как сумма:

$$q = Q_r/D + q_T. \quad (3.9.9)$$

Пример расчета

Труба из полиэтилена внутренним диаметром 1400 мм, имеющая нормированную кольцевую жесткость SN4 (0,004 МПа), укладывается на качественно подготовленное основание, пазухи и бока трубы засыпаются песком и уплотняются тяжелым инструментом ($E's = 2,5$ МПа). Труба засыпается грунтом плотностью $\gamma = 19$ кН/м³. Высота засыпки $H = 5$ м. Наземный транспорт с нагрузкой на ось $T = 260$ кН.

1. Нагрузка грунта (3.9.7мг)

$$Q_T = 19 \cdot 5 \cdot 1,4 = 133 \text{ кН/м.}$$

2. Давление от транспортной нагрузки (3.9.6)

$$q_T = 0,478 \cdot 260/2,5 = 4,97 \text{ кН/м}^2.$$

3. Суммарное вертикальное давление на трубу (3.9.9)

$$q = 133/1,4 + 4,97 = 95 + 4,97 = 99,97 \text{ кН/м}^2 = 0,09997 \text{ МПа.}$$

Приняв эти нормальные для строительства подземного трубопровода условия, по уравнению (3.9.5) определим деформацию трубы, рассчитанную в соответствии с СП 40-102-2000 [3]:

$$f/D_m = \frac{1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,09997}{8 \cdot 0,004 + 0,06 \cdot 2,5} = 0,0755 \approx 7,5 \%$$

Из примера видно, что полученная величина деформации существенно ниже максимально допустимого значения, равного 12%.

4. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ КОРСИС ПЛЮС

4.1. Способы соединения труб

Сварка труб и фитингов электрофузионным методом

применяется в качестве общепринятого способа уже в течении многих лет. Эта техника соединения очень проста, доступна, безопасна и надежна.

Труба поставляется с раструбом и интегрированными в него одной или двумя специальными цепями нагревательного провода, который нагревается с помощью специального сварочного аппарата, в результате чего оба конца трубы – раструб и сгон – свариваются (герметично соединяются) между собой, образуя единое целое.

Время сварки одного соединения с учетом времени остывания, например, для труб диаметром 1400 мм составляет 30–40 минут.

Сварка осуществляется муфтовым сварочным аппаратом типа Tiny Data M (PKS) или Трасса М Плюс (Чебоксарский трубный завод). Аппараты оснащены интегрированной системой регистрации всего операционного цикла сварочного процесса, что является необходимым для обеспечения и контроля качества шва.

При укладке трубы в траншею необходимо предусмотреть, чтобы клеммы – выводы провода для подключения сварочного аппарата – находились в верхней части раструба трубы, поскольку это облегчает процесс сварки.

Исключения составляют случаи, когда подключение сварочного аппарата снаружи не представляется возможным. В этом случае концы сварочного провода для подсоединения аппарата могут выводиться внутрь трубы.

Важным этапом при подготовке к сварке является установка бандажного хомута и внутреннего распорного кольца (рис. 12).



4.2. Последовательность действий при монтаже



Рис. 10

1. Очистить зону сварки от мусора и влаги, защитить ее от возможного попадания атмосферных осадков и прямых солнечных лучей. В случае, если температура окружающего воздуха ниже +5°C, необходимо использовать дополнительное укрытие с подогревом зоны сварки (например, обогреваемую палатку).

2. Непосредственно перед сваркой удалить защитную пленку с торца сгона и раструба.

3. Проверить зону сварки трубы на наличие возможных механических повреждений при транспортировке.

4. Установить трубу так, чтобы сварочные контакты (концы провода) были доступны для подключения сварочного аппарата. Совместить свариваемые трубы (раструб/сгон) по маркерным меткам, поставленным на заводе-изготовителе.

5. Протереть зону сварки на сгоне и раструбе специальной обезжиривающей жидкостью. Запрещается использовать для обезжиривания ацетон и другие растворители. Используйте для протирки чистую сухую ветошь или специальные салфетки с пропиткой (рис. 10).

6. Отметить светлым маркером требуемую глубину установки сгона в раструбе (не менее 120 мм от конца сгона). Расположение сгона в раструбе «до упора» считается наиболее предпочтительным.

7. Состыковать и отцентрировать концы труб. Следите, чтобы зона сварки была сухой (в том числе и от обезжиривающего состава).

8. Установить распорное кольцо внутри трубы (сгона), примерно на расстоянии 20 мм от его торца (рис. 11).

9. Установить в паз на внешней стороне раструба стальную бандажную ленту. Стяжной инструмент при установке ленты не должен находиться ближе 25 см от сварочных контактов. После натяжки обязательно завернуть до упора фиксирующие элементы замка бандажной ленты (рис. 13).

10. Стянуть стальную бандажную ленту так, чтобы не осталось зазоров между сгоном и раструбом.

11. При сварке короткого отрезка трубы (длиной менее 2 метров), зафиксируйте соединение во избежание перемещений трубы при сварке. Для фиксации можно использовать стяжные ремни.



Рис. 11

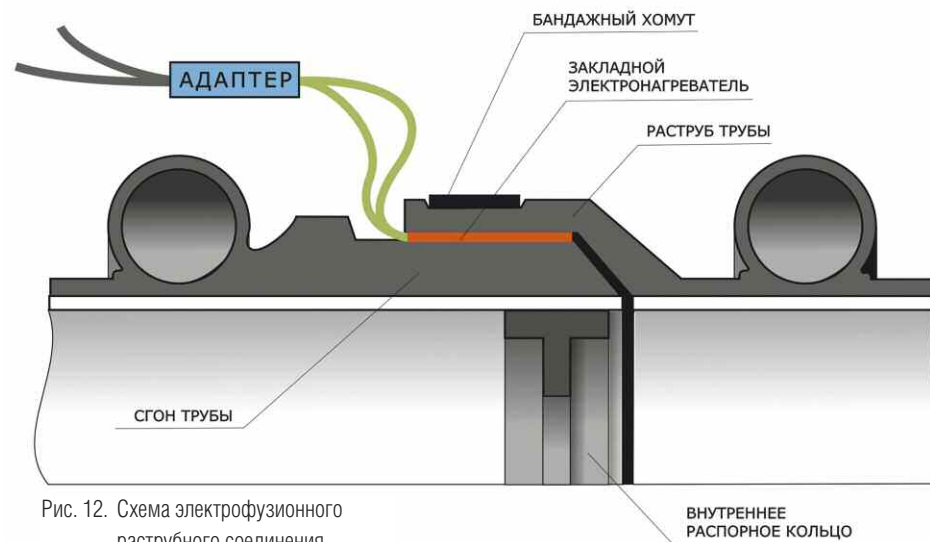


Рис. 12. Схема электрофузионного раструбного соединения



Рис. 13



Рис. 14



Рис. 15

12. Подключить концы интегрированного провода к сварочному аппарату через специальные зажимы (адаптеры). Длина сварочных концов должна быть небольшой, чтобы адаптер касался края раструба (рис. 13). Во избежание короткого замыкания следите, чтобы сварочные кабели аппарата не оттягивали интегрированный провод.

13. Ввести параметры сварки вручную (табл. 6) или при помощи считывающего карандаша и штрих-кода. Запустить процесс сварки. При двухспиральном расположении провода в раструбе сварку следует запускать одновременно на двух аппаратах.

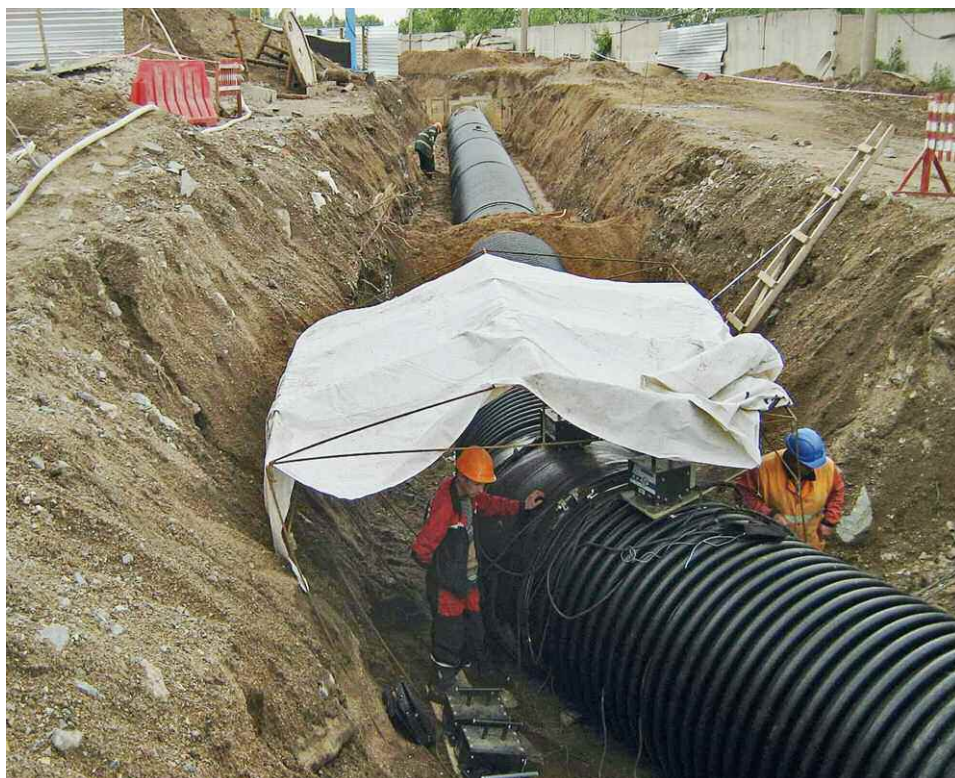
14. Примерно по истечении двух третей времени сварки ослабьте замок, подтяните бандажную ленту на раструбе и снова затяните замок.

15. После сварки отметьте маркером на трубе дату и условия сварки (рис. 14). Отсоедините зажимы провода (адаптер) и сварочные кабели.

16. Не допускайте подвижек трубы в течение всего времени охлаждения.

17. По окончании времени охлаждения (примерно 40 мин) ослабьте и снимите бандажную ленту, удалите распорное внутреннее кольцо.

18. В случае необходимости, при проверке стыка на герметичность может использоваться специальное пневматическое опрессовочное устройство. При монтаже трубопровода рекомендуется проводить проверку на герметичность шва до засыпки трубы грунтом.



ВНИМАНИЕ

1. Важно поддерживать стабильность выходной мощности генератора! Для обеспечения правильного режима сварки номинальная мощность генератора должна быть не менее 30 кВт.
2. Все работы по монтажу должны производиться только обученным и аттестованным сварщиком.

5. Прокладка трубопроводов КОРСИС ПЛЮС

5.1. Устройство траншеи

Рекомендуются следующие размеры траншеи: ширина – не более 2–3 диаметров трубы, глубина от верха трубы до поверхности грунта – не менее 1,8 м. Стенки траншеи должны быть по возможности вертикальными и укреплены при необходимости подпорками или щитами. После присыпки трубы, перед уплотнением засыпного грунта подпорные конструкции должны быть удалены. Дно траншеи должно быть выровнено. При наличии в грунте камней и других включений, которые могут повредить трубу, основание траншеи должно быть выполнено из песка или мелкого гравия. Запрещается использование обломочного неокатанного материала. При укладке труб в траншею или на опоры необходимо принимать все меры, исключающие повреждение труб. При установке труб необходимо убедиться в том, что в них не попали мусор или посторонние предметы, а их внутренняя поверхность не повреждена. Категорически запрещается корректировать положение труб внутри траншеи, пользуясь для этого камнями, кирпичами и пр. Трубы должны быть обеспечены устойчивой опорой, а в тех местах, где возможна осадка грунта, необходимо использовать соответствующие типы соединений или провести специальную обработку дна траншеи [9].

5.2. Категории уплотнения грунта и общая деформация

Рассмотрим три категории установки труб с различными типами уплотнения грунта.

Категория 1. Тщательное уплотнение: $C_f = 1,0$. Дно траншеи выравнивается, камни и другие твердые предметы убираются из траншеи. В случае, когда дно траншеи твердое (например, в глинистых грунтах), из неутрамбованного песка выполняется подсыпка толщиной около 200 мм (если грунт основания песчаный, то применение подсыпки не требуется). На подготовленное таким образом дно траншеи укладывается труба, и пространство по обе ее стороны заполняется естественным грунтом или привезенным на стройплощадку песком. Обсыпка выполняется послойно до верха трубы с одновременным уплотнением засыпаемого песка так, чтобы труба имела хороший упор. Затем песок по обе стороны трубы утрамбовывается механически до величины не менее 98% по Проктору. Следующий слой толщиной около 300 мм засыпается над трубой и уплотняется таким же способом. Эта процедура повторяется до образования слоя толщиной минимум 0,7 номинального диаметра трубы. Дальнейшее заполнение траншеи выполняется естественным грунтом.

Категория 2. Умеренное уплотнение: $C_f = 2,0$. Данная категория монтажа применима только при прокладке в песчаных грунтах. В этом случае труба засыпается песком до высоты примерно 600 мм выше ее верхней отметки, после чего выполняется его уплотнение. Следует обратить внимание на тщательное распределение песка по обе стороны трубы.

Категория 3. Отсутствие уплотнения: $C_f = 3,0$. При использовании данной категории установки не требуется никаких специальных работ. Дно траншеи, как и уплотнение грунта, заполняющего траншею, выполняется только при помощи экскаватора. Уплотнение ведется не послойно, а после заполнения траншеи. В глинистых грунтах необходимо обратить внимание на то, чтобы большие куски глины не повредили трубу.

Применяемая категория установки должна учитывать условия прокладки трубопровода. Когда укладка производится под дорогой, то, исходя из требования величины уплотнения грунта, должен применяться монтаж категории 1. Когда же трубопровод укладывается по неосвоенной территории, где нет движения транспорта, допускается применение монтажа категории 3.

Для труб КОРСИС ПЛЮС класса жесткости не менее 4 кПа (SN4) начальная деформация труб сразу после окончания монтажных работ может составлять от 0,5 до 6% в зависимости от категории установки (табл. 17):

Таблица 17. Величина начальной деформации

Категория установки	Величина деформации трубы	
	Средняя	Максимальная
1	0,5%	1,0%
2	1,0%	2,5%
3	2,5%	6,0%

 Таблица 18. Величина дополнительной деформации C_f

Категория установки	Тип грунта	
	Сыпучий	Плотный
1	1,0%	1,0%
2	2,0%	2,0%
3	3,0%	4,0%

С течением времени (от 3 мес. до 1,5 года) труба продолжает деформироваться, прежде чем величина деформации достигнет постоянного значения. Ее величина C_f зависит от условий установки и, в случае монтажа категории 3, от типа грунта, применяемого для обсыпки трубы (табл. 18).

Конечная величина деформации является суммой указанных величин:

$$(\delta/D)_{\text{кон}} = (\delta/D)_{\text{нач}} + C_f, \quad (5.2.1)$$

где C_f – временная составляющая относительной деформации, %.

Допускаются следующие максимальные величины деформации трубы:

- для начальной деформации – не более 8%;
- для C_f – не более 4%;
- для суммарной конечной деформации – не более 12%.



В результате 25-летнего изучения динамики деформации труб в различных условиях были выявлены следующие закономерности, представленные в графической форме на рисунке 16.

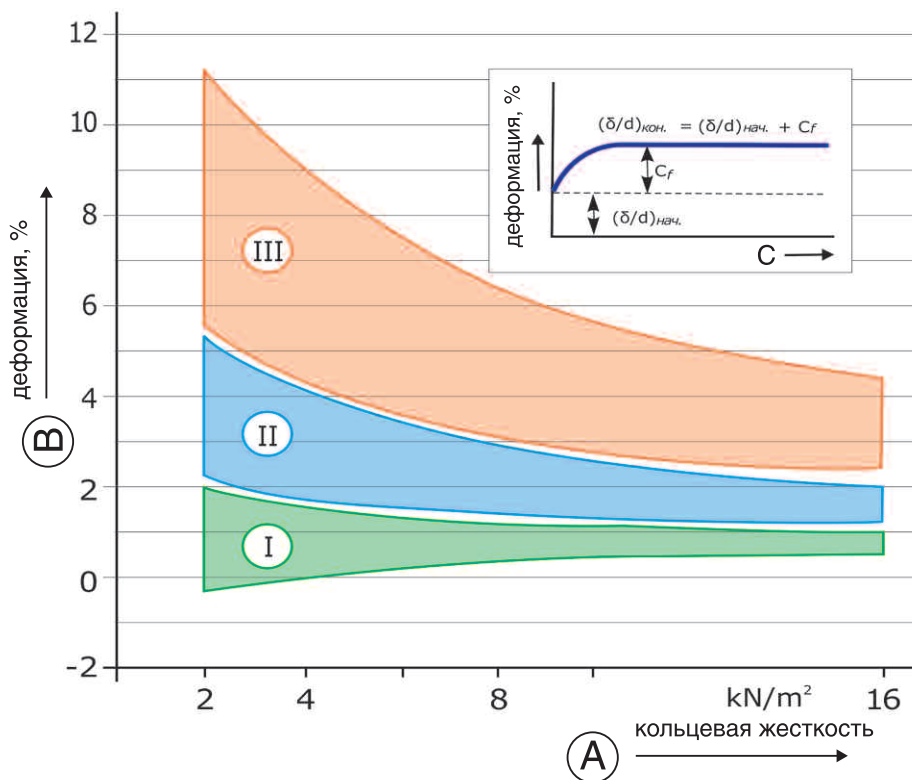


Рис. 16. Допустимая деформация трубы после укладки

- A – кольцевая жесткость, кН/м²;
 B – начальная деформация, %;
 I – категория установки 1 – тщательно уплотненный грунт;
 II – категория установки 2 – умеренно уплотненный грунт;
 III – категория установки 3 – отсутствие уплотнения.

ПРИМЕЧАНИЕ:

Средние значения деформации непосредственно после установки трубы представлены нижней границей раздела каждой области, максимальные значения – верхней границей раздела.

Данные графической диаграммы правомерны при следующих условиях:

- глубина заложения от 1,8 м до 10 м;
- соотношение «глубина заложения/диаметр» не менее 1,3;
- разработчики должны установить допустимую, среднюю и максимальную величину деформации, (руководствуясь национальными требованиями, производственными стандартами и т.д.);
- трубы соответствуют ТУ 2248-005-73011750-2008 [1];
- качество выполнения работ должно гарантировать требуемую степень уплотнения грунта (категорию установки), в которой должен быть уверен проектировщик.

5.3. Рекомендации по прокладке

Прокладка трубопроводов КОРСИС ПЛЮС выполняется в соответствии с требованиями СП 40-102–2000 и BS EN 1610 [12]. Труба укладывается на дно заранее подготовленной траншеи. Засыпка и утрамбовка грунта траншеи должны быть произведены согласно требованиям статических расчетов [3].

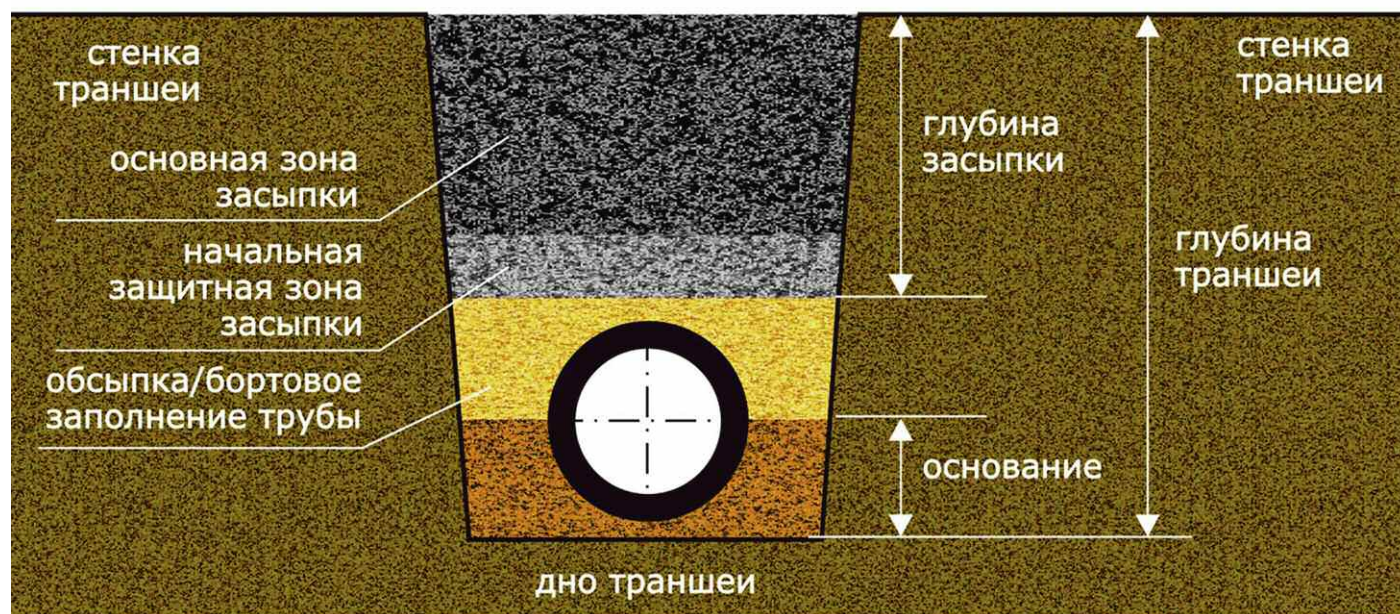


Рис. 17. Схема засыпки

5.4. Испытание на герметичность

После монтажа необходимо проводить гидравлические испытания установленной трубы. Гидравлические испытания труб КОРСИС ПЛЮС можно проводить путем герметизации отдельных участков трубы с помощью фиксирующих заглушек и подачи испытательного давления. Избыточное давление поддерживается и измеряется в течение некоторого времени. Падение давления в тестируемом сегменте свидетельствует о возможной утечке. Однако следует иметь в виду, что при гидравлических испытаниях за счет линейного расширения трубы испытательное давление может несколько снижаться, даже если испытываемая труба герметична.

Альтернативой секционного теста является испытание только места соединения при помощи специального комплекта пневматического оборудования.

6. Прокладка трубопровода в водонасыщенных грунтах

Труба КОРСИС ПЛЮС, как и другие полиэтиленовые трубы, при погружении в воду всплывает. Установка в водонасыщенных грунтах должна производиться на сухое дно траншеи. Это обеспечивает правильное устройство основания и откоса.

Необходимо использовать системы водопонижения для удаления избыточной воды, что позволяет производить укладку труб с соблюдением вышеуказанных требований.

Материал обратной засыпки должен предотвращать подвижки грунта вблизи поверхности трубы. Гранулометрический состав и уплотнение материала обратной засыпки должны быть такими, чтобы труба была жестко зафиксирована и деформация рабочего участка трубы не превышала критической.

Размер частиц материала обратной засыпки не должен превышать ширины профиля гофра. При прокладке в водонасыщенных грунтах рекомендуется использовать в качестве материала обратной засыпки щебень и гальку необходимого размера.

В тяжелых случаях прокладки трубопровода (высокий уровень грунтовых вод, малая глубина заложения, большой диаметр трубы) необходимо разработать другие меры защиты от всплытия индивидуально для каждого случая (анкеровка, бетонирование трубы и т.д.).

7. Приемка работ

Сдача в эксплуатацию готовой сети из безнапорных труб КОРСИС ПЛЮС должна проходить в соответствии с требованиями Проекта, СП 40-102-2000, а также СНиП 3.01.04-87, СНиП III-3-81 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов», с учетом «Правил производства работ по прокладке и переустройству подземных сооружений».

Предусматриваются два вида испытаний трубопроводов при их приемке:

- испытание на эксфильтрацию воды из трубопровода (отсутствие утечек воды из трубопровода);
- испытание на инфильтрацию воды в трубопровод (отсутствие поступления грунтовой воды в трубопровод).

Испытание на эксфильтрацию является основным и проводится в первую очередь. Испытания трубопровода на герметичность проводятся между смотровыми колодцами путем перекрытия канала с помощью временных механических затворов – пробок или заглушек, наполнения канала водой и измерения падения давления.

Перед проведением испытаний на герметичность должна быть выполнена обсыпка и частичная засыпка трубы. Соединения труб, соединения с колодцами остаются свободными, не засыпанными. Все отверстия исследуемого трубопровода, вместе с присоединительными каналами, должны быть на период испытаний герметично закрыты и предохранены упором от давления воды. При применении на трассе тройников и отводов, а также длинных присоединительных каналов, соединения должны быть временно предохранены от разъединения в период испытаний под давлением.

Во время испытаний уровень грунтовой воды необходимо снизить, как минимум, на 0,5 м ниже дна траншеи.

Заглушки на период испытаний исследуемого участка трубопровода должны быть оснащены штуцерами с клапанами для возможности подвода воды, отвода воды из канала после испытаний, удаления воздуха, присоединения измерительных устройств.

Воду для канализационного трубопровода, подлежащего испытаниям, необходимо подводить из открытого резервуара гравитационным способом. Ни при каких обстоятельствах нельзя производить непосредственное присоединение подводящего канала к каналу, подающему воду под давлением. Наполнение канала проводится медленно из колодца снизу канала. После наполнения трубопровода водой и получения в верхнем колодце уровня зеркала воды на 0,5 м выше верхней грани подводящего отверстия, необходимо прекратить подачу воды и так оставить полностью наполненный отрезок трубопровода на 1 час с целью удаления воздуха и стабилизации уровня воды в колодцах. Удаление воздуха из канала происходит через самую высокую точку. Время наполнения отрезка трубопровода не должно быть меньше 1 часа для спокойного наполнения и удаления воздуха из трубопровода.

Безнапорные трубы КОРСИС ПЛЮС испытываются на давление 5,0 м водяного столба. Пробное давление может быть меньше, если это вытекает из условия углубления трубопровода, а также промежуточных колодцев на трассе канала. Время проведения испытаний должно составлять:

- 30 минут для отрезка канала до 50 м,
- 60 минут для отрезка канала больше 50 м.

На муфтовых соединениях не должны выступать капли воды. Трубопровод считается герметичным, когда дополняемое количество воды в трубопровод во время испытаний (минимум 15 минут) не превышает 0,02 л/м² внутренней смоченной поверхности трубы.

Допустимый объем добавленной в трубопровод воды (приток воды) на 10 м длины испытываемого трубопровода за время испытания 30 минут для труб КОРСИС ПЛЮС с муфтовым типом соединения на резиновой манжете следует определять по формуле:

$$q = 0,06 + 0,01 D, \quad (7.1)$$

где:

D – наружный диаметр трубопровода, дм;

q – величина допустимого объема добавленной воды, л.

Трубопроводы ливневой канализации также подлежат предварительному и приемочному испытанию на герметичность в соответствии с требованиями настоящего подраздела, если это предусмотрено проектом.

В случае негерметичности соединения его необходимо заменить и повторить испытание. После проверки соединений на герметичность они засыпаются песком с соответствующей трамбовкой.

Испытания на инфильтрацию проводятся в случае, если уровень грунтовых вод выше дна трубопровода. Проведенное испытание на герметичность трубопровода на давление 5,0 м водяного столба предохраняет трубопровод от инфильтрации грунтовых вод на такую же величину. При необходимости испытания могут быть проведены. Испытания на инфильтрацию проводятся на полностью законченной части трубопровода на определенной территории канализационной сети без разделения, как ранее, на отрезки, что связано с прекращением осушения траншеи.

Напорные трубопроводы КОРСИС ПЛЮС следует испытывать в соответствии с требованиями СН 478-80.

8. Транспортировка, складирование и хранение

Трубы КОРСИС ПЛЮС 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.

Торцы труб и электрозакладная спираль должны быть защищены светостабилизированной полиэтиленовой пленкой.

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 (ОЖ3 – 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 2-х рядов.

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.

9. Литература

1. Технические условия «Трубы из полиэтилена КОРСИС ПЛЮС для водоотведения и канализации» ТУ 2248-005-73011750-2008.
2. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой России. – М., 1985.
3. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Госстрой России. – М., 2001.
4. Карелин Я.А., Яромский В.Н., Евсеева О.Я. Таблица для гидравлического расчета канализационных сетей и пластмассовых труб круглого сечения. – М.: Стройиздат, 1986.
5. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Изд-во АСВ, МГСУ, 2006.
6. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского. – М.: Стройиздат, 1974.
7. Калицун В.И. Гидравлический расчет водоотводящих сетей: справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1988.
8. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М.: Недра, 1982.
9. Технические Рекомендации на проектирование и строительство подземных сетей водоотведения из безнапорных полиэтиленовых труб с двухслойной стенкой ТР 170-05, ГУП «НИИМОССТРОЙ». – М., 2005.
10. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М., 1984.
11. Европейский стандарт EN 13476-1 «Система пластмассовых трубопроводов для подземной прокладки безнапорной канализации и дренажа – система двухслойных гофрированных труб из непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ – U), полипропилена (ПП) и полиэтилена (ПЭ)».
12. BS EN 1610:1998. Трубы дренажные и канализационные. Прокладка и испытания. (Construction and testing of drains and sewers).
13. BS EN 752-1:1996. Системы дренажные и канализационные снаружи зданий. Часть 1. Общие положения и определения. (Drain and sewer systems outside buildings. Generalities and definitions).
14. Швабауэр В.В., Гвоздев И.В. Расчет подземного трубопровода из термопластов // Полимерные трубы. 2004. № 1.
15. Japan Water Works Association – Damage to Water Work Pipes during The Great Hanshin-Awaji Earthquake and their Evaluation, 1996.



Центральный офис

Россия, 119530, Москва, Очаковское шоссе, 18
<http://www.polyplastic.ru> e-mail: ppc@polyplastic.ru
тел.: (495) 745 6857, 510 1005 факс: (495) 440 0200

Санкт-Петербург тел.: (812) 702 6742, 702 6743

Новочебоксарск тел.: (8352) 742 929, 744 004

Энгельс тел.: (8453) 743 319, 743 320

Краснодар тел.: (861) 256 8296, (86162) 611 33, 613 04

Аксай тел.: (86350) 557 71, 523 49, (863) 206 1165

Сочи тел.: (8622) 977 395

Екатеринбург тел.: (343) 222 2501

Челябинск тел.: (351) 734 9911

Тюмень тел.: (3452) 540 642

Иркутск тел.: (3952) 562 226, 562 228

Новосибирск тел.: (383) 230 4701

Владивосток тел.: (4232) 790 618