

КОРСИС

ДВУХСЛОЙНЫЕ ГОФРИРОВАННЫЕ ТРУБЫ

Т Е Х Н И Ч Е С К О Е О П И С А Н И Е

Безнапорная и ливневая канализация



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	2
1.1. История канализационных труб	2
1.2. Требования к канализационным трубопроводам. Экономическая целесообразность применения	3
2. НОМЕНКЛАТУРА ТРУБ КОРСИС	3
2.1. Классы кольцевой жесткости	3
2.2. Конструкция трубы КОРСИС	4
2.3. Геометрические характеристики труб КОРСИС	6
2.4. Контрольные требования к трубам КОРСИС	7
2.5. Маркировка труб КОРСИС	9
2.6. Условные обозначения труб КОРСИС	9
3. СВОЙСТВА ТРУБ КОРСИС	10
3.1. Технические характеристики материала	10
3.2. Химическая стойкость	10
3.3. Стойкость к гидроабразивному износу	13
3.4. Тепловое расширение труб КОРСИС	14
3.5. Стойкость к внутреннему давлению	15
4. РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ КОРСИС	15
4.1. Гидравлический расчет трубопроводов	15
4.1.1. Расчет гидравлических параметров	16
4.1.2. Значения минимально допустимых уклонов в зависимости от диаметра трубопровода	16
4.1.3. Рекомендуемые наполнения в самотечных трубопроводах	17
4.1.4. Определение скорости потока сточных вод	18
4.1.5. Формулы для гидравлического расчета безнапорной водоотводящей сети из пластмассовых труб	18
4.1.6. Использование таблиц для гидравлического расчета двухслойных гофрированных труб КОРСИС	19
4.1.7. Рекомендуемые значения минимальных уклонов и диаметров труб КОРСИС в зависимости от требуемой пропускной способности трубопровода	19
4.1.8. Примеры расчетов трубопроводов	20
4.1.9. Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых гофрированных труб КОРСИС	21
4.2. Расчет на прочность трубопроводов КОРСИС при подземной прокладке	33
5. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ КОРСИС	39
5.1. Соединение труб КОРСИС	39
5.2. Радиус изгиба и отклонение от прямолинейности	42
5.3. Прокладка трубопровода КОРСИС на опорах	42
5.4. Соединение труб КОРСИС сваркой встык	42
5.5. Прокладка трубопровода КОРСИС в существующих трубах (релайнинг)	43
5.6. Соединение труб КОРСИС с трубами других систем	44
5.7. Соединение труб КОРСИС в колодцах	45
5.8. Прокладка трубопроводов КОРСИС	47
5.9. Прокладка трубопровода в водонасыщенных грунтах	49
6. ПРИЕМКА РАБОТ	49
7. ТРАНСПОРТИРОВКА, СКЛАДИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ТРУБ КОРСИС	51



1. Общие сведения

1.1. История канализационных труб

Исторически канализационные коллекторы представляли собой открытые каналы и сооружения из камня, кирпича или дерева, применялись также трубы из различных металлов. В конце 19-го века появились канализационные системы из железобетонных труб. В середине 20-го века было изобретено новое решение – полимерные трубы, которые позволили быстро строить долговечные и надежные трубопроводы. 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 КОРСИС.

Двухслойные полиэтиленовые трубы КОРСИС отличаются превосходной стойкостью к агрессивному воздействию сточных вод и нагрузкам, возникающим во время установки и эксплуатации, легкостью монтажа, долговечностью, а также превосходным соотношением «качество/цена».

1.2. Требования к канализационным трубопроводам. Экономическая целесообразность применения

Требования, обычно предъявляемые к любым канализационным трубопроводам:

- хорошие длительно обеспечиваемые гидравлические характеристики;
- устойчивость к внешним нагрузкам;
- долговременная герметичность соединений;
- 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 сточных вод. Непроницаемость системы труб должна быть двусторонней: многие проблемы, имеющиеся в существующих канализационных коллекторах и наносящие ущерб очистительным станциям, вызываются проникновением грунтовых вод в местах соединений. Отсутствие герметичности, в основном, связано с неправильной установкой трубы, хотя причиной этого могут также быть неправильные конструкция соединения или тип используемого уплотнения.

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

При проектировании канализационных 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 труба КОРСИС наилучшим образом отвечает всем указанным требованиям.

2. Номенклатура труб КОРСИС

2.1. Классы кольцевой жесткости

Трубы КОРСИС 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 испытываемого образца, а также длина испытываемого 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

2.2. Конструкция трубы КОРСИС

Конструкция трубы приведена на рисунке 2. Размеры труб, в том числе для различных классов номинальной кольцевой жесткости SN, приведены в таблице 1.

Исходя из практики производства и применения труб КОРСИС в настоящее время выпускают следующие классы номинальной кольцевой жесткости: SN 6 и SN 8. Трубы КОРСИС различных классов кольцевой жесткости различаются только толщиной внешней гофрированной стенки. Используемое оборудование обеспечивает постоянную величину внутреннего и наружного диаметров, что позволяет производить гидравлические расчеты без учета различных классов кольцевой жесткости и обеспечивает стабильное соединение с использованием стандартных муфт для труб всех классов жесткости. Для труб КОРСИС значение минимальной кольцевой жесткости, гарантированное изготовителем используют для прочностных расчетов.

Трубы изготавливают следующих видов:

- труба без раструба;
- труба с приваренным раструбом под соединение с уплотнительным каучуковым кольцом.



Рис. 1. Строительство трубопровода с применением труб КОРСИС

Трубы изготавливают в прямых отрезках длиной 6 и 12 м, предельное отклонение длины от номинальной не более 1%. Возможно по согласованию с потребителем изготовление труб другой длины и других предельных отклонений. Трубы КОРСИС различных классов кольцевой жесткости различаются только толщиной внешней гофрированной стенки, в отличие от труб других производителей, где это происходит за счет изменения высоты или шага гофров. Используемое оборудование обеспечивает постоянную величину внутреннего и наружного диаметров, что позволяет производить гидравлические расчеты без учета различных классов кольцевой жесткости и обеспечивает стабильное соединение с использованием стандартных муфт для труб всех классов жесткости.

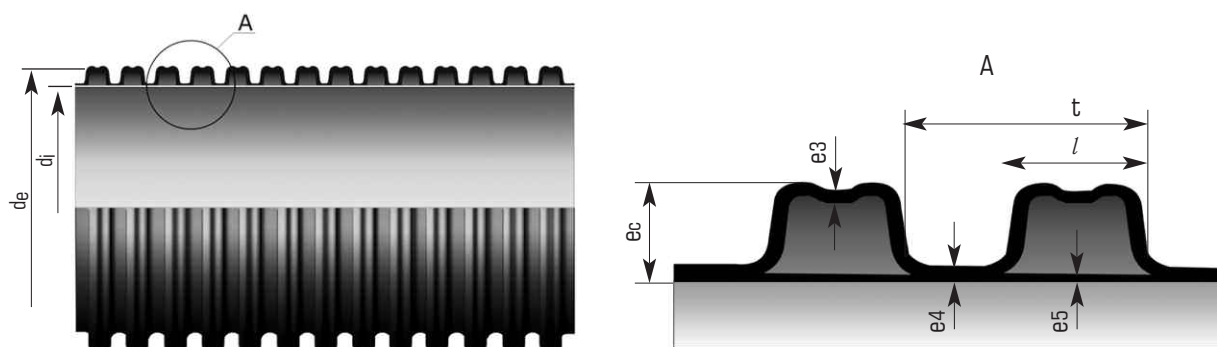


Рис. 2. Конструкция трубы КОРСИС



Рис. 3. Производство труб КОРСИС

2.3. Геометрические характеристики труб КОРСИС

Таблица 1. Геометрические характеристики трубы КОРСИС, мм

Ном. размер трубопровода/ внутренний диаметр (DN/OD)/ d_i	Средний наружный диаметр d_{em}		Внутренний диаметр d_i	Высота гофра e_c		Толщина стенки гофра e_3 , не менее, для номинальной кольцевой жесткости		Толщина стенки внутр. слоя e_5 , не менее		Толщина стенки e_4	Шаг гофра t	Ширина выступа гофра l
	Ном. наружный диаметр d_n	пред. откл.		номинальная	пред. откл.	SN 6	SN 8	SN 6	SN 8			
110/91	110	$\pm 0,6$	91	8,7	$\pm 0,8$	0,45	0,5	0,55	0,8	1,0	12,6	8,6
125/107	125	$\pm 0,7$	107	9,0	$\pm 0,9$	0,5	0,6	0,65	0,8	1,0	12,6	8,6
160/139	160	$\pm 0,8$	139	10	$\pm 1,0$	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	12,6	9,0
200/176	200	$\pm 1,0$	176	13,0	$\pm 1,0$	0,6	0,7	1,1		1,4	16,5	12
250/216	250	$\pm 1,2$	216	15,0	$\pm 1,5$	0,7	0,8	1,4		1,7	37	23
315/271	315	$\pm 1,4$	271	21,0	$\pm 1,5$	0,9	1,2	1,6		1,9	42	27
400/343	400	$\pm 1,8$	343	26,0	$\pm 1,5$	1,2	1,5	2,0		2,3	49	30
500/427	500	$\pm 2,0$	427	33,0	$\pm 1,5$	1,4	1,6	2,8		2,8	58	38
630/535	630	$\pm 2,4$	535	45,0	$\pm 2,0$	1,6	1,6	3,3		3,3	75	47
800/687	800	$+2,0$ $-4,0$	678	55,0	$\pm 2,0$	1,7	2,3	4,1		4,1	89	56
1000/851	1000	$+2,0$ $-4,8$	851	71,0	$\pm 2,0$	2,0	2,4	5,0		5,0	98	60
1200/1030	1200	$+2,8$ $-4,0$	1030	79,0	$\pm 2,0$	2,2	2,6	5,0		5,0	110	80

Таблица 2. Расчетная масса труб КОРСИС

Номинальный размер	Расчетная масса 1 м труб, кг	
	SN 6	SN 8
110/91	0,87	0,95
125/107	0,99	1,10
160/139	1,49	1,7
200/176	2,03	2,3
250/216	3,20	3,5
315/271	5,05	5,4
400/343	7,05	8,3
500/427	10,90	12,6
630/535	16,15	17,7
800/687	28,75	32,5
1000/851	42,25	46,5
1200/1030	60,25	64,5

2.4. Контрольные требования к трубам КОРСИС

Трубы КОРСИС производятся по технологии и на оборудовании компании POLIECO (Италия), ведущего европейского производителя коругированных труб и разработчика оборудования для их производства с более чем 15-летним опытом. Продукция и оборудование проходят ежегодную аттестацию.

Трубы КОРСИС изготавливают по ТУ 2248-001-73011750-2005, которые разработаны в соответствии с требованиями европейского стандарта EN 13476, тип В.

Полиэтилен, используемый для изготовления труб КОРСИС, соответствует требованиям таблицы 3 (согласно ТУ 2248-001-73011750-2005).

Таблица 3. Требования к материалу для изготовления труб КОРСИС

Наименование показателя	Значение
1 Стойкость при постоянном внутреннем давлении при 80 °С, ч, не менее	При начальном напряжении в стенке трубы 3,9 МПа 165
2 Стойкость при постоянном внутреннем давлении при 80 °С, ч, не менее	При начальном напряжении в стенке трубы 2,8 МПа 1000
3 Показатель текучести расплава при 190 °С и 5 кгс, г/10 мин, не более	1,6
4 Термостабильность при 200 °С, мин, не менее	20
5 Плотность, кг/м ³ , не менее	950
6 Массовая доля технического углерода (сажи), % масс	2,0–2,5
Примечание – испытания по показателям 1 и 2 проводят на трубных образцах диаметром 32–63 мм с SDR 11 по ГОСТ 18599.	

Сажа является высокоэффективным светостабилизатором и защищает наружный слой труб от ультрафиолетового излучения в процессе хранения. Во внутренний слой белого цвета в полиэтилен также вводятся химические светостабилизаторы.

Каждая партия труб для проверки соответствия качества проходит приемо-сдаточные и периодические испытания, указанные в таблице 4. Отбор проб (в виде отрезков трубы) проводят методом случайной выборки в процессе производства.



Таблица 4. Контрольные требования к трубам КОРСИС

Наименование показателя	Значение
1. Внешний вид	На внутренней и наружной поверхностях труб не допускаются канавки, пузыри, трещины, раковины, посторонние включения, видимые без увеличительных приборов. Торцы труб должны быть отрезаны по середине впадины гофра. Цвет наружного слоя – черный, внутреннего слоя – белый. Внешний вид поверхности труб и торцов должен соответствовать контрольному образцу.
2. Кольцевая жесткость, кН/м ²	≥ SN 6, SN 8
3. Кольцевая гибкость при 30%-ной деформации de	Отсутствие на испытуемом образце: <ul style="list-style-type: none"> ● растрескивания внутреннего или наружного слоя, ● расслоения стенок, ● разрушения образца, ● изломов в поперечном сечении образца (потеря устойчивости).
4. Коэффициент ползучести, не более	4 при экстраполяции на 2 года
5. Герметичность соединения с уплотнительным кольцом 5.1. при деформации раструба 5 %, трубы 10 % 5.2. при угловом смещении соединения для труб: de ≤ 315 – 2,0° 315 < de ≤ 630 – 1,5° 630 < de – 1,0°	1) При давлении воды 0,05 бар в течение 15 мин. Отсутствие протечек воды 2) При давлении воды 0,5 бар в течение 15 мин. Отсутствие протечек воды 3) При отрицательном давлении воздуха –30 кПа (–0,3 бар). Падение давления до ≤ –27 кПа (–0,27 бар) в течение 15 мин 1) При давлении воды 0,05 бар в течение 15 мин. Отсутствие протечек воды 2) При давлении воды 0,5 бар в течение 15 мин. Отсутствие протечек воды 3) При отрицательном давлении воздуха –30 кПа (–0,3 бар). Падение давления до ≤ –27 кПа (–0,27 бар) в течение 15 мин
6. Стойкость к прогреву при температуре (110±2) °С	Отсутствие расслоений, трещин, пузырей. По ГОСТ 27077 и п.4.8 ТУ 2248-001-73011750-2005



Рис. 5. Испытания на кольцевую жесткость



Рис. 6. Испытания на кольцевую гибкость

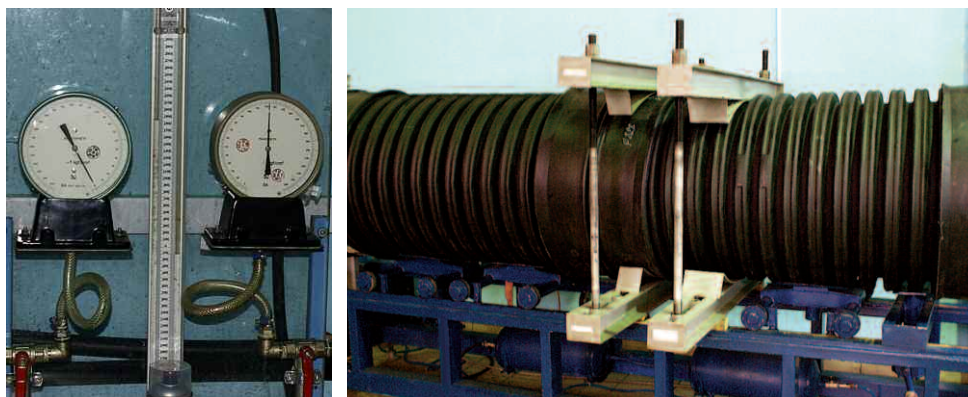


Рис. 7. Герметичность соединения с уплотнительным кольцом при деформации раструба 5%, трубы 10%

2.5. Маркировка труб КОРСИС

Маркировку наносят на поверхность трубы вдоль гофра методом цветной печати на расстоянии не более 3,0 м вдоль трубы. Маркировку также наносят в виде ярлыка, защищенного полимерной пленкой, наклеиваемого на внутреннюю поверхность трубы. Допускается наносить маркировку вдоль оси трубы.

Маркировка включает наименование предприятия-изготовителя, товарный знак, условное обозначение трубы без слова «труба», дату изготовления (число, месяц, год). В маркировку допускается включать другую информацию, например, номер партии, линии и др.

Транспортная маркировка – по ГОСТ 14192.



Рис. 8. Маркировка КОРСИС в виде ярлыка-наклейки

2.6. Условные обозначения труб КОРСИС

Условное обозначение состоит из слова «труба», торгового наименования «Корсис», номинального наружного диаметра DN/OD, наличия раструба P, номинальной кольцевой жесткости SN, обозначения технических условий.

Примеры условных обозначений:

Труба «Корсис» номинальным наружным диаметром DN/OD 315 мм, номинальной кольцевой жесткостью SN 6:

Труба КОРСИС DN/OD 315 SN 6 ТУ 2248-001-73011750-2005

Труба «Корсис» номинальным наружным диаметром DN/OD 1000 мм, номинальной кольцевой жесткостью SN 8 с раструбом:

Труба КОРСИС DN/OD 1000 P SN 8 ТУ 2248-001-73011750-2005.

3. Свойства труб КОРСИС

3.1. Технические характеристики материала

Таблица 5. Основные технические характеристики полиэтилена

Наименование показателя	Размерность	Значение
Индекс расплава	г/10 мин.	0,4-0,7
Предел текучести при растяжении	МПа	20-25
Относит. удлинение при разрыве	%	> 600
Температура хрупкости	°С	< -70
Модуль изгиба	МПа	1000-1200
Ударная прочность	кДж/м ²	Нет разрыва
Коэффициент теплового расширения	мм/м°С	0,17

3.2. Химическая стойкость

Высокая стойкость полиэтилена к агрессивному воздействию химических веществ хорошо известна. Полиэтилен стоек к подавляющему большинству химических реагентов, в том числе при повышенной температуре транспортируемой среды, в отличие от традиционных материалов, которые под воздействием агрессивных сред корродируют и стареют.

Полиэтиленовые трубы устойчивы к действию сильных щелочей, сильных и слабых минеральных кислот, растворов солей, алифатических углеводородов и минеральных масел. Химическая стойкость зависит от вида химических препаратов, их сочетания, концентрации, температуры и продолжительности воздействия. Информацию по этому вопросу можно найти в документе ISO/TR 10358 (Таблица 6) и в ряде каталогов, издаваемых фирмами-изготовителями и потребителями полиэтилена, а также в СН 550-82. Трубы КОРСИС обладают также низкой паро- и газопроницаемостью.



Рис. 9

Таблица 6. Химическая стойкость полиэтилена, используемого для изготовления труб КОРСИС

Вещество	Формула	Концентрация, %	T, °C	PE-HD
Уксусная кислота	CH_3COOH	10	20	1
			60	1
Ацетон	$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$	100	20	2
			60	2
			60	1
Аммиак (газ)	NH_3	100	20	1
			60	1
Аммиак (жидкий)	NH_3	100	20	1
			30	1
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	насыщ.	20	1
			60	1
Сульфид аммония	$(\text{NH}_3)_2\text{S}$	> 10	20	1
			60	1
Хлорид бария	BaCl_2		20	1
			60	1
Сульфат бария	BaSO_4		20	1
			60	1
Бензин			20	1
			60	2
Бензол	C_6H_6	100	20	2
			60	3
			60	1
Карбонат кальция	CaCO_3		20	1
			60	1
Хлорат кальция	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$		20	1
			60	1
Хлорид кальция	CaCl_2		20	1
			60	1
Гидроксид кальция	$\text{Ca}(\text{OH})_2$		20	1
			60	1
Нитрат кальция	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		20	1
			60	1
Сульфат кальция	CaSO_4		20	1
			60	1
Одноокись углерода	CO	100	20	1
			60	1
Тетрахлорид углерода	CCl_4	100	20	2
			60	3
			60	1
Каустическая сода	NaOH	> 10	20	1
			60	1
Хлор (водный раствор)	Cl_2		20	2
			60	3
			60	1
Циклогексанол	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$	100	20	1
			60	2
Этанол	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	40	20	1
			60	2
Этиленгликоль	$\text{OHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	100	20	1
			60	1

Таблица 6. Продолжение

Вещество	Формула	Концентрация, %	T, °C	PE-HD
Хлорид железа	FeCl ₃		20	1
			60	1
Сульфат железа	Fe ₂ (SO ₄) ₃		20	1
			60	1
Формальдегид	HCHO	40	20	1
			60	1
Муравьиная кислота	HCOOH	50	20	1
			60	1
Гептан	C ₇ H ₁₆	100	20	1
			60	3
Бромоводородная кислота	HBr	10	20	1
			60	1
Соляная кислота	HCl	10	20	1
			60	1
Соляная кислота	HCl	насыщ.	20	1
			60	1
Фтористоводородная/ плавиковая кислота	HF	4	20	1
			60	1
Фтористоводородная/ плавиковая кислота	HF	60	20	1
			60	2
Водород	H ₂	100	20	1
			60	1
Сероводород	H ₂ S	100	20	1
			60	1
Хлорид магния	MgCl ₂		20	1
			60	1
Метанол	CH ₃ OH	100	20	1
			60	1
Минеральное масло			20	1
			60	2
Азотная кислота	HNO ₃	25	20	1
			60	1
Азотная кислота	HNO ₃	50	20	2
			60	3
Азотная кислота	HNO ₃	75	20	3
			60	3
Азотная кислота	HNO ₃	100	20	3
			60	3
Ортофосфорная кислота	H ₂ PO ₄	50	20	1
			60	1
Ортофосфорная кислота	H ₂ PO ₄	95	20	1
			60	2
Хлорид калия	KCl		20	1
			60	1
Гидроксид калия	KOH	10	20	1
			60	2
Гидроксид калия	KOH	>10	20	1
			60	1

Таблица 6. Продолжение

Вещество	Формула	Концентрация, %	T, °C	PE-HD
Перманганат калия	KMnO ₄	20	20	1
			60	1
Хлорид натрия	NaCl		20	1
			60	1
Нитрат натрия	NaNO ₃		20	1
			60	1
Нитрит натрия	NaNO ₂		20	1
			60	1
Ортофосфат натрия	Na ₃ PO ₄		20	1
			60	1
Сульфит натрия	Na ₂ SO ₃		20	1
			60	1
Сульфат натрия	Na ₂ SO ₄		20	1
			60	1
Серная кислота	H ₂ SO ₄	10	20	1
			60	1
Серная кислота	H ₂ SO ₄	50	20	1
			60	1
Серная кислота	H ₂ SO ₄	98	20	1
			60	3
Триэтаноламин	N(CH ₂ CH ₂ OH) ₃	> 10	20	1
			60	2
Хлорид цинка	ZnCl ₂		20	1
			60	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, перекатки 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 вод-

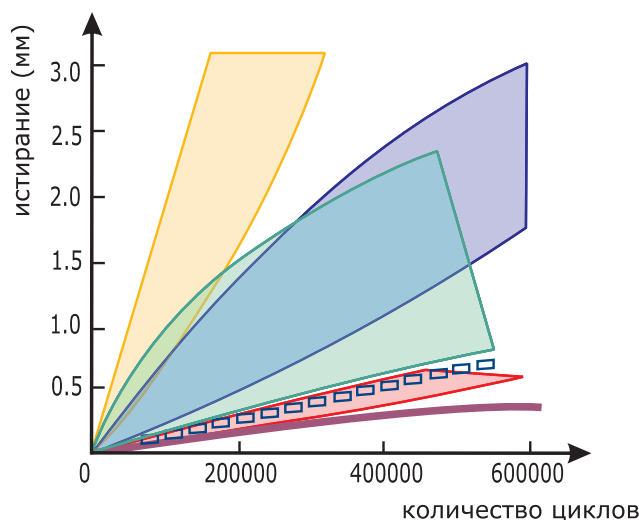


Рис. 10. Износоустойчивость различных материалов, применяемых в строительстве канализационных систем

ной суспензией с абразивными частицами и качались с определенной частотой, вызывая износ при движении частиц вдоль стенки.

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 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 10).

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

3.4. Тепловое расширение труб КОРСИС

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. Как правило, в случае применения гофрированных труб КОРСИС грунт полностью компенсирует линейное расширение трубы. Приведенная в СП 40-102-2000 п. 6.7.1 эмпирическая формула показывает 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.

Труба КОРСИС 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.

Также надо отметить, что профилированная труба, как правило, имеет более низкий показатель линейного расширения по сравнению с обычной напорной полиэтиленовой трубой.

С целью проверки поведения профилированной трубы при температурном расширении она была подвергнута нескольким лабораторным испытаниям. Образцы выдерживались при температуре от -10°C до $+70^{\circ}\text{C}$, и их длина сравнивалась с показателями, полученными при температуре окружающей среды на обычной напорной полиэтиленовой трубе той же длины, того же диаметра и из того же материала. Показатель теплового расширения образца из профилированной трубы был на 50% ниже аналогичного показателя обычной напорной полиэтиленовой трубы. Фактический коэффициент линейного расширения для трубы КОРСИС равен $1 \cdot 10^{-4} 1/^{\circ}\text{C}$.

Также проводились испытания для проверки температурного изменения наружного диаметра. В диапазоне температур от -10°C до $+70^{\circ}\text{C}$ как продольное, так и поперечное изменение геометрических размеров трубы КОРСИС не превышало $\pm 0,5\%$. Таким образом, система труб КОРСИС значительно меньше подвержена влиянию изменения температурных условий, чем обычная напорная полиэтиленовая труба.

3.5. Стойкость к внутреннему давлению

Канализационные трубы считаются безнапорными, но в то же время для них предусмотрены испытания на герметичность в пределах до 0,5 атмосферы на стыках. Несмотря на то, что система подачи жидкости самотёком физически не допускает значений давления, превышающих 5-6 метров водяного столба, инженеры и потребители всегда должны брать в расчет возможные исключительные условия. В случае аварийной ситуации труба КОРСИС способна воспринять гидростатическое давление, величина которого заведомо выше порога герметичности всей системы.

4. Расчет трубопроводов КОРСИС

4.1. Гидравлический расчет трубопроводов

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 (0,5-0,8) наполнением труб. 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 образующиеся в воде газы, которые вызывают коррозию трубопроводов и сооружений на них, осложняют эксплуатацию водоотводящих сетей и т.п.

В сточных водах также содержатся нерастворенные примеси органического и минерального происхождения. 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 режима движения 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 могут использоваться гидравлические формулы, номограммы и таблицы в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» и СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования».

4.1.1. Расчет гидравлических параметров

Гидравлический расчет круглых трубопроводов 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

$$R = \omega/\chi$$

где: ω (м²) – площадь живого сечения потока, χ (м) – длина смоченного периметра трубы в плоскости, перпендикулярной вектору скорости.

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 Карелина Я. А. [5], представлены в таблице 7.

Таблица 7. 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

4.1.2. 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 [6]. Минимальный диаметр бытовой городской водоотводящей уличной сети следует принимать равным $d = 200$ мм, внутриквартальной сети – $d = 160$ мм [3, 6]. Минимальный диаметр дождевой и редко используемой общесплавной системы водоотведения уличной сети следует принимать $d = 250$ мм, внутриквартальной сети – $d = 200$ мм. Минимальный уклон трубопроводов любого назначения должен обеспечивать самоочищающую скорость потока в отношении расчетной частицы песка шарообразной формы размером 500 мк и плотностью $\rho = 2500$ кг/м³. Принятые на основании опыта эксплуатации значения минимальных уклонов, соответствующих различным минимальным диаметрам, представлены в таблице 8:

Таблица 8. Значения минимально допустимых уклонов в зависимости от диаметра для внутриквартальных сетей

Значения d, мм	125-140	160-200
Значения минимального уклона i	0,009	0,007-0,005

При диаметрах трубопроводов свыше $d = 200$ мм наименьший уклон i_{\min} определяют по формуле:

$$i_{\min} = a_i/d,$$

где: d – диаметр трубопровода в мм;

a_i – коэффициент, принимаемый по рекомендациям [6].

Значения d и a_i представлены в таблице 9:

Таблица 9. Рекомендуемые значения коэффициента a_i для определения минимального уклона по формуле (4.1.2)

Значения d, мм	250	315	400	500	630	800	1000	1200
Значения a_i	1	1	1	1	1,1	1,1	1,3	1,3

4.1.3. 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 [4, 6, 7] представлены в таблице 10.

Таблица 10. Значения рекомендуемых наполнений в трубах для бытовой канализации

d, мм	125	160-315	400	500-800	1000-1200
Наполнение h/d	0,5	0,6	0,7	0,75	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 11 представлены эти рекомендации.

Таблица 11. Значения рекомендуемых наполнений для водостоков и низкоконцентрированных промстоков

d, мм	125-250	315-500	630-1200
Наполнение h/d	0,8	0,9	1

4.1.4. 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 12.

Таблица 12. Зависимость минимальной скорости потока от диаметра трубы

d, мм	125-250	315-400	500	630-800	1000-1200
v_{min} , м/с	0,7	0,8	0,9	1,0	1,15

4.1.5. 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

$$q = \omega \cdot v$$

и формулы Дарси для определения гидравлического уклона

$$i = \frac{\lambda p}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

где: q – расход стоков (м³/с);

ω – площадь живого сечения потока (м²);

v – средняя скорость потока (м/с);

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);

λp – коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб.

Экспериментальные гидравлические исследования, выполненные в России на пластмассовых трубах диаметром 110, 160 и 225 мм на водопроводной воде и промстоках, показали, что коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб при небольших наполнениях ($h/d = 0,3$) подчиняется закону гидравлически гладких труб. При значениях наполнений более $h/d = 0,3$ сопротивление может несколько возрасть из-за возможности возникновения локальной турбулентности вблизи внутренней поверхности пластмассовых труб. Для учета воздействия фактуры внутренней поверхности на гидравлическое сопротивление рекомендуется использовать безразмерный поправочный параметр k , зависящий от наполнения трубопровода h/d , представленный в таблице 13.

Таблица 13. Значения безразмерного поправочного параметра 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, используя значения параметра k , представленные в таблице 13, по формуле:

$$\lambda_p = k \cdot \lambda_g$$

где λ_g – коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб.

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

$$Re = v \cdot 4R / \nu,$$

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_g существует несколько разных методик. При наших условиях коэффициент λ_g рекомендуется определять по формуле Блазиуса:

$$\lambda_g = 0,3164 / Re^{0,25}$$

4.1.6. Составление таблиц для гидравлического расчета двухслойных гофрированных труб КОРСИС

Гидравлический расчет самотечных пластмассовых трубопроводов должен выполняться для температуры сточных вод, близкой к значению 20°C.

Для каждого выбранного диаметра трубопровода рассчитываются значения пропускной способности (расхода сточных вод) q (л/с) и скорости потока v (м/с) для различных значений наполнений h/d и уклона трубопровода i .

Значения гидравлических параметров работы трубопроводов подсчитаны по методике расчета, изложенной выше, с учетом величин проходных диаметров для труб КОРСИС. С учетом уточнения условных проходов для сортамента двухслойных гофрированных труб КОРСИС гидравлические параметры, представленные в настоящих таблицах, несколько отличаются от соответствующих параметров, представленных в справочном пособии [5].

Возможные отклонения от табличных величин на практике могут объясняться влиянием локальных характеристик движения жидкости в трубе на гидравлические параметры самотечного трубопровода.

При необходимости, исходя из опыта эксплуатации или после соответствующих гидравлических испытаний для каждого диаметра труб КОРСИС, в рассчитанные гидравлические параметры могут быть внесены поправочные коэффициенты.

4.1.7. Рекомендуемые значения минимальных уклонов и диаметров труб КОРСИС в зависимости от требуемой пропускной способности трубопровода q

Таблица 14.

Расход q , л/с	Скорость v , м/с	Наполнение h/d	i_{min}	d , мм
<5	–	–	0,009	125
<5	–	–	0,007	160
5	0,84	0,3	0,004	200
10	1,08	0,4	0,005	200
20	0,98	0,6	0,005	250
50	1,08	0,7	0,0025	315
100	1,26	0,6	0,0025	400
200	1,46	0,75	0,0025	500
500	1,17	0,75	0,0017	630
500	1,17	0,75	0,0014	800
1000	1,17	0,8	0,0013	1000
1000	1,17	0,8	0,0011	1200

Участки с пропускной способностью $q < 5$ л/с не рассчитываются.

Значения скоростей принимаются не ниже указанных по техническим условиям эксплуатации [6].

Значения наполнений принимаются не выше указанных по техническим условиям эксплуатации [6].

4.1.8. Примеры использования таблиц для расчета трубопроводов для отведения неочищенных городских сточных вод.

Пример 1. По заданному максимальному расчетному расходу $q=25$ л/с, для неблагоприятных условий канализования (при уклоне местности $i \leq 0,005$), подобрать диаметр трубы d (мм), определить скорость v (м/с) и наполнение h/d .

По Таблице 14 подбираем оптимальный диаметр $d = 250$ мм, по таблицам гидравлического расчета находим для $q = 25$ л/с значение $h/d = 0,6$; скорость потока $v = 1,09$ м/с и уклон трубы $i = 0,0045$.

Сравнение полученных результатов с рекомендациями, изложенными в Таблице 10, подтверждает, что расчет выполнен правильно.

Пример 2. По расчетному расходу $q = 160$ л/с при местности, имеющей уклон по трассе трубопровода $i = 0,009$ подобрать диаметр трубы, проложив его с уклоном местности, проверить оптимальность наполнения и то, что значение скорости не ниже минимально допустимого для обеспечения самоочищения трубопроводов от отложений.

Для расхода $q = 160$ л/с, ориентируясь на Таблицу 14, можно принять диаметр $d = 500$ мм (но он будет с запасом), или $d = 400$ мм. Диаметр $d = 400$ мм будет более предпочтителен, так как уклон трубы значительно больше, чем представленный в Таблице 14.

Используя таблицу гидравлических расчетов, находим для диаметра $d = 400$ мм для пропуска $q = 159,2$ л/с наполнение $h/d = 0,7$ (оно оптимально) и значение скорости $v = 2,3$ м/с.

Принятый диаметр трубы $d = 400$ мм и уклон $i = 0,009$ удовлетворительно обеспечивают условия отведения сточной воды при минимальном заглублении сети, так как трубопровод будет проложен в соответствии с уклоном местности.

Расчетная скорость находится выше минимально допустимой для $d = 400$ мм – $v_{\min} > 0,8$ м/с.

Пример 3. Для трубы диаметром $d = 800$ мм, которая при наполнении $h/d = 0,8$ и уклоне лотка $i = 0,0015$ имеет пропускную способность $q = 439,08$ л/с при скорости $v = 1,38$ м/с, требуется определить значение расхода q и величину скорости v при уклоне $i = 0,0023$.

Расход и скорость при отсутствующем в таблицах уклоне $i = 0,0023$ находим методом интерполяции [5] значений q и v для ближайших уклонов, имеющих в таблицах гидравлического расчета. По таблице для $i = 0,0025$ находим при том же значении наполнения $h/d = 0,8$ пропускную способность $q = 587,6$ л/с и скорость $v = 1,85$ м/с.

Тогда расход и скорость при $i = 0,0023$ составят:

$$q = 439,1 + (587,6 - 439,1) \frac{0,0023 - 0,0015}{0,0025 - 0,0015} = 557,9 \text{ л/с}$$

$$v = 1,38 + (1,85 - 1,38) \frac{0,0023 - 0,0015}{0,0025 - 0,0015} = 1,756 \text{ м/с}$$

4.1.9. Таблицы для гидравлического расчета водоотводящих безнапорных сетей из полиэтиленовых гофрированных труб КОРСИС

Таблица 15. DN/OD = 110 мм

условный проход d = 91 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
0.0090	0.11	0.334	0.49	0.533	1.12	0.683	1.88	0.772	2.72	0.836	3.56	0.874	4.35	0.895	5.06	0.908	5.51	0.894	5.13	0.789
0.0100	0.12	0.354	0.52	0.566	1.19	0.726	1.99	0.820	2.89	0.888	3.78	0.929	4.62	0.950	5.38	0.964	5.85	0.950	5.45	0.838
0.0110	0.13	0.374	0.55	0.598	1.26	0.766	2.10	0.866	3.05	0.937	3.99	0.980	4.88	1.003	5.68	1.018	6.18	1.003	5.75	0.885
0.0120	0.13	0.393	0.58	0.628	1.32	0.805	2.21	0.910	3.20	0.985	4.20	1.030	5.13	1.054	5.96	1.069	6.50	1.054	6.05	0.930
0.0130	0.14	0.411	0.61	0.657	1.38	0.843	2.31	0.952	3.35	1.031	4.39	1.078	5.36	1.103	6.24	1.119	6.80	1.103	6.33	0.973
0.0140	0.15	0.429	0.63	0.686	1.44	0.879	2.41	0.994	3.50	1.075	4.58	1.125	5.60	1.151	6.51	1.168	7.09	1.151	6.60	1.015
0.0150	0.15	0.446	0.66	0.713	1.50	0.914	2.51	1.033	3.64	1.118	4.77	1.170	5.82	1.197	6.77	1.214	7.38	1.197	6.87	1.056
0.0160	0.16	0.463	0.69	0.740	1.56	0.949	2.61	1.072	3.77	1.160	4.95	1.214	6.04	1.242	7.03	1.260	7.65	1.242	7.13	1.096
0.0170	0.16	0.479	0.71	0.766	1.61	0.982	2.70	1.110	3.91	1.201	5.12	1.257	6.25	1.286	7.28	1.304	7.92	1.285	7.38	1.134
0.0180	0.17	0.495	0.73	0.791	1.67	1.015	2.79	1.147	4.04	1.241	5.29	1.298	6.46	1.328	7.52	1.348	8.19	1.328	7.62	1.172
0.0190	0.17	0.511	0.76	0.816	1.72	1.046	2.87	1.183	4.16	1.280	5.46	1.339	6.66	1.370	7.75	1.390	8.44	1.369	7.86	1.208
0.0200	0.18	0.526	0.78	0.840	1.77	1.077	2.96	1.218	4.29	1.318	5.62	1.379	6.86	1.410	7.98	1.431	8.69	1.410	8.09	1.244
0.0250	0.20	0.597	0.88	0.954	2.01	1.224	3.36	1.383	4.87	1.497	6.38	1.566	7.79	1.602	9.07	1.625	9.87	1.602	9.19	1.413
0.0300	0.22	0.663	0.98	1.059	2.23	1.358	3.73	1.535	5.40	1.661	7.08	1.737	8.64	1.777	10.06	1.803	10.96	1.777	10.20	1.568
0.0350	0.25	0.724	1.07	1.156	2.43	1.482	4.07	1.676	5.90	1.813	7.73	1.897	9.44	1.941	10.98	1.969	11.96	1.940	11.13	1.712
0.0400	0.26	0.781	1.16	1.248	2.63	1.600	4.39	1.808	6.36	1.957	8.34	2.047	10.18	2.094	11.85	2.125	12.91	2.094	12.02	1.847
0.0450	0.28	0.835	1.24	1.334	2.81	1.711	4.70	1.934	6.81	2.093	8.92	2.189	10.89	2.240	12.68	2.272	13.81	2.239	12.85	1.976
0.0500	0.30	0.887	1.31	1.417	2.98	1.817	4.99	2.053	7.23	2.222	9.47	2.325	11.57	2.379	13.46	2.413	14.66	2.378	13.65	2.098
0.0600	0.33	0.984	1.46	1.572	3.31	2.016	5.54	2.279	8.02	2.466	10.51	2.580	12.83	2.639	14.94	2.678	16.27	2.639	15.14	2.328
0.0700	0.36	1.075	1.59	1.717	3.61	2.201	6.04	2.488	8.76	2.693	11.48	2.817	14.01	2.882	16.31	2.924	17.76	2.881	16.53	2.542
0.0800	0.39	1.160	1.72	1.853	3.90	2.375	6.52	2.685	9.45	2.906	12.39	3.040	15.12	3.110	17.60	3.155	19.17	3.109	17.84	2.743
0.0900	0.42	1.240	1.83	1.981	4.17	2.540	6.98	2.871	10.11	3.108	13.25	3.251	16.17	3.326	18.82	3.374	20.50	3.325	19.08	2.934
0.1000	0.45	1.317	1.95	2.104	4.43	2.698	7.41	3.049	10.73	3.300	14.07	3.452	17.17	3.532	19.99	3.583	21.77	3.531	20.26	3.115
0.1100	0.47	1.391	2.06	2.222	4.68	2.849	7.82	3.219	11.33	3.484	14.85	3.645	18.13	3.729	21.10	3.783	22.98	3.728	21.39	3.289
0.1200	0.49	1.461	2.16	2.335	4.91	2.993	8.22	3.383	11.91	3.662	15.61	3.831	19.06	3.919	22.18	3.976	24.15	3.918	22.48	3.457
0.1300	0.52	1.530	2.26	2.444	5.14	3.133	8.60	3.541	12.46	3.833	16.34	4.010	19.95	4.102	23.21	4.161	25.28	4.101	23.53	3.618
0.1400	0.54	1.596	2.36	2.549	5.36	3.269	8.98	3.694	13.00	3.998	17.04	4.183	20.81	4.279	24.22	4.341	26.37	4.278	24.55	3.774
0.1500	0.56	1.660	2.45	2.652	5.58	3.400	9.34	3.842	13.52	4.159	17.73	4.351	21.64	4.451	25.19	4.515	27.43	4.450	25.53	3.926

Таблица 15. DN/OD = 125 мм

условный проход d = 107 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0090	0.18	0.374	0.77	0.598	1.74	0.767	2.91	0.867	4.22	0.938	5.53	0.981	6.75	1.004	7.86	1.019	8.56	1.004	7.96	0.886
0.0100	0.19	0.398	0.81	0.635	1.85	0.814	3.09	0.920	4.48	0.996	5.87	1.042	7.17	1.066	8.34	1.082	9.09	1.066	8.46	0.940
0.0110	0.20	0.420	0.86	0.671	1.95	0.860	3.26	0.972	4.73	1.052	6.20	1.100	7.57	1.126	8.81	1.142	9.59	1.125	8.93	0.993
0.0120	0.21	0.441	0.90	0.705	2.05	0.904	3.43	1.021	4.97	1.105	6.51	1.156	7.95	1.183	9.26	1.200	10.08	1.183	9.38	1.044
0.0130	0.22	0.462	0.94	0.738	2.15	0.946	3.59	1.069	5.20	1.157	6.82	1.210	8.32	1.238	9.69	1.256	10.55	1.238	9.82	1.092
0.0140	0.23	0.482	0.99	0.770	2.24	0.987	3.75	1.115	5.43	1.207	7.11	1.263	8.68	1.292	10.11	1.311	11.01	1.291	10.25	1.139
0.0150	0.23	0.501	1.02	0.800	2.33	1.026	3.90	1.160	5.64	1.255	7.40	1.313	9.03	1.344	10.51	1.363	11.45	1.343	10.66	1.185
0.0160	0.24	0.520	1.06	0.830	2.42	1.065	4.04	1.203	5.86	1.302	7.68	1.363	9.37	1.394	10.91	1.414	11.88	1.394	11.06	1.230
0.0170	0.25	0.538	1.10	0.860	2.50	1.102	4.18	1.246	6.06	1.348	7.95	1.411	9.70	1.443	11.29	1.464	12.30	1.443	11.45	1.273
0.0180	0.26	0.556	1.14	0.888	2.58	1.139	4.32	1.287	6.26	1.393	8.21	1.457	10.02	1.491	11.66	1.512	12.70	1.490	11.82	1.315
0.0190	0.27	0.573	1.17	0.916	2.66	1.174	4.46	1.327	6.46	1.437	8.47	1.503	10.34	1.537	12.03	1.560	13.10	1.537	12.20	1.356
0.0200	0.28	0.590	1.21	0.943	2.74	1.209	4.59	1.367	6.65	1.479	8.72	1.548	10.64	1.583	12.39	1.606	13.49	1.583	12.56	1.396
0.0250	0.31	0.670	1.37	1.071	3.12	1.373	5.21	1.552	7.55	1.680	9.90	1.758	12.09	1.798	14.07	1.824	15.32	1.798	14.26	1.586
0.0300	0.35	0.744	1.52	1.189	3.46	1.524	5.79	1.722	8.38	1.864	10.98	1.950	13.41	1.995	15.61	2.024	17.00	1.994	15.82	1.760
0.0350	0.38	0.812	1.66	1.298	3.78	1.664	6.32	1.881	9.15	2.035	11.99	2.129	14.64	2.178	17.04	2.210	18.56	2.178	17.28	1.921
0.0400	0.41	0.877	1.79	1.400	4.07	1.796	6.82	2.029	9.87	2.196	12.94	2.298	15.80	2.351	18.39	2.385	20.03	2.350	18.65	2.074
0.0450	0.44	0.937	1.92	1.498	4.36	1.920	7.29	2.170	10.56	2.349	13.84	2.457	16.90	2.514	19.67	2.551	21.42	2.513	19.94	2.218
0.0500	0.47	0.996	2.04	1.591	4.63	2.039	7.74	2.305	11.22	2.494	14.70	2.610	17.95	2.670	20.89	2.709	22.75	2.669	21.18	2.355
0.0600	0.52	1.105	2.26	1.765	5.13	2.263	8.59	2.557	12.44	2.768	16.31	2.896	19.91	2.962	23.18	3.005	25.24	2.962	23.50	2.613
0.0700	0.56	1.206	2.47	1.927	5.61	2.471	9.38	2.792	13.59	3.022	17.81	3.162	21.75	3.235	25.31	3.281	27.56	3.234	25.66	2.853
0.0800	0.61	1.302	2.66	2.080	6.05	2.666	10.12	3.013	14.66	3.261	19.22	3.412	23.47	3.490	27.31	3.541	29.74	3.490	27.69	3.079
0.0900	0.65	1.392	2.85	2.224	6.47	2.851	10.83	3.223	15.68	3.488	20.55	3.649	25.10	3.733	29.21	3.787	31.81	3.732	29.61	3.293
0.1000	0.69	1.478	3.02	2.362	6.87	3.028	11.50	3.422	16.65	3.704	21.83	3.875	26.65	3.964	31.02	4.022	33.78	3.963	31.44	3.497
0.1100	0.73	1.561	3.19	2.494	7.26	3.197	12.14	3.613	17.58	3.911	23.05	4.091	28.14	4.186	32.75	4.246	35.67	4.184	33.20	3.692
0.1200	0.77	1.640	3.35	2.621	7.62	3.360	12.76	3.797	18.48	4.110	24.22	4.300	29.57	4.399	34.41	4.462	37.48	4.397	34.89	3.880
0.1300	0.80	1.717	3.51	2.743	7.98	3.517	13.35	3.975	19.34	4.302	25.35	4.500	30.95	4.604	36.02	4.671	39.23	4.603	36.52	4.061
0.1400	0.84	1.791	3.66	2.861	8.32	3.669	13.93	4.146	20.18	4.487	26.44	4.695	32.29	4.803	37.58	4.872	40.93	4.801	38.09	4.236
0.1500	0.87	1.863	3.81	2.976	8.66	3.816	14.49	4.313	20.99	4.667	27.51	4.883	33.58	4.995	39.08	5.068	42.57	4.994	39.62	4.406

Таблица 15. DN/OD = 160 мм

условный проход d = 138 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0060	0.28	0.356	1.21	0.569	2.75	0.730	4.61	0.825	6.67	0.892	8.75	0.934	10.68	0.955	12.43	0.969	13.54	0.955	12.60	0.843
0.0070	0.30	0.389	1.32	0.621	3.01	0.797	5.03	0.900	7.29	0.974	9.55	1.019	11.66	1.043	13.57	1.058	14.78	1.043	13.76	0.920
0.0080	0.33	0.420	1.43	0.671	3.24	0.860	5.43	0.972	7.86	1.052	10.31	1.100	12.59	1.125	14.65	1.142	15.95	1.125	14.85	0.993
0.0090	0.35	0.449	1.53	0.717	3.47	0.919	5.81	1.039	8.41	1.125	11.02	1.177	13.46	1.204	15.67	1.221	17.06	1.203	15.88	1.062
0.0100	0.37	0.477	1.62	0.762	3.69	0.976	6.17	1.104	8.93	1.194	11.71	1.249	14.29	1.278	16.64	1.297	18.12	1.278	16.86	1.128
0.0110	0.39	0.503	1.71	0.804	3.89	1.031	6.51	1.165	9.43	1.261	12.36	1.319	15.09	1.350	17.56	1.369	19.13	1.349	17.81	1.190
0.0120	0.41	0.529	1.80	0.845	4.09	1.083	6.84	1.224	9.91	1.325	12.99	1.386	15.86	1.418	18.46	1.439	20.10	1.418	18.71	1.251
0.0130	0.43	0.554	1.88	0.884	4.28	1.134	7.16	1.282	10.37	1.387	13.60	1.451	16.60	1.485	19.32	1.506	21.04	1.484	19.59	1.309
0.0140	0.45	0.577	1.96	0.923	4.46	1.183	7.47	1.337	10.82	1.447	14.18	1.514	17.32	1.549	20.15	1.571	21.95	1.548	20.43	1.366
0.0150	0.47	0.601	2.04	0.960	4.64	1.230	7.77	1.391	11.26	1.505	14.75	1.575	18.01	1.611	20.96	1.634	22.83	1.610	21.25	1.421
0.0160	0.49	0.623	2.12	0.996	4.82	1.277	8.06	1.443	11.68	1.561	15.31	1.634	18.69	1.671	21.75	1.695	23.69	1.671	22.05	1.474
0.0170	0.50	0.645	2.19	1.031	4.99	1.321	8.34	1.494	12.09	1.616	15.84	1.691	19.35	1.730	22.51	1.755	24.52	1.730	22.82	1.526
0.0180	0.52	0.666	2.27	1.065	5.15	1.365	8.62	1.543	12.49	1.670	16.37	1.747	19.99	1.787	23.26	1.813	25.33	1.787	23.58	1.577
0.0200	0.55	0.708	2.41	1.131	5.47	1.450	9.16	1.639	13.26	1.773	17.38	1.855	21.22	1.898	24.70	1.926	26.90	1.897	25.04	1.674
0.0250	0.63	0.804	2.73	1.284	6.21	1.647	10.40	1.861	15.06	2.014	19.74	2.107	24.10	2.156	28.05	2.187	30.55	2.155	28.44	1.901
0.0300	0.69	0.892	3.03	1.425	6.90	1.827	11.54	2.065	16.71	2.235	21.91	2.338	26.75	2.392	31.13	2.426	33.90	2.391	31.56	2.110
0.0400	0.82	1.051	3.57	1.679	8.13	2.153	13.59	2.433	19.69	2.633	25.81	2.755	31.51	2.818	36.68	2.859	39.95	2.817	37.18	2.486
0.0500	0.93	1.193	4.06	1.907	9.23	2.445	15.44	2.763	22.36	2.991	29.31	3.129	35.79	3.201	41.65	3.247	45.37	3.200	42.23	2.823
0.0600	1.03	1.324	4.50	2.116	10.24	2.713	17.13	3.066	24.82	3.318	32.53	3.471	39.71	3.551	46.22	3.603	50.34	3.550	46.86	3.133
0.0700	1.13	1.446	4.92	2.310	11.18	2.962	18.71	3.348	27.10	3.623	35.52	3.790	43.36	3.878	50.47	3.934	54.97	3.877	51.16	3.420
0.0800	1.22	1.560	5.31	2.493	12.06	3.196	20.19	3.613	29.24	3.910	38.33	4.090	46.79	4.185	54.46	4.245	59.31	4.183	55.21	3.691
0.0900	1.30	1.669	5.68	2.666	12.90	3.418	21.59	3.864	31.27	4.182	40.99	4.375	50.05	4.475	58.24	4.540	63.44	4.474	59.05	3.948
0.1000	1.38	1.772	6.03	2.831	13.70	3.630	22.93	4.103	33.21	4.440	43.53	4.646	53.15	4.752	61.85	4.822	67.36	4.751	62.70	4.192
0.1100	1.46	1.871	6.37	2.990	14.47	3.833	24.21	4.332	35.06	4.689	45.96	4.905	56.11	5.018	65.31	5.091	71.13	5.017	66.20	4.426
0.1200	1.53	1.966	6.69	3.142	15.20	4.028	25.44	4.553	36.85	4.927	48.30	5.155	58.97	5.273	68.63	5.350	74.75	5.272	69.57	4.651
0.1300	1.60	2.058	7.00	3.288	15.91	4.216	26.63	4.765	38.57	5.157	50.55	5.395	61.72	5.520	71.83	5.600	78.24	5.518	72.82	4.869
0.1400	1.67	2.147	7.30	3.430	16.60	4.398	27.77	4.971	40.23	5.380	52.73	5.628	64.39	5.758	74.93	5.841	81.61	5.756	75.97	5.079
0.1500	1.74	2.233	7.60	3.568	17.27	4.575	28.89	5.170	41.85	5.596	54.85	5.854	66.97	5.989	77.94	6.076	84.89	5.987	79.01	5.283

Таблица 15. DN/OD = 200 мм

условный проход d = 176 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0040	0.43	0.336	1.86	0.537	4.23	0.689	7.07	0.778	10.25	0.842	13.43	0.881	16.40	0.901	19.08	0.915	20.78	0.901	19.35	0.795
0.0050	0.48	0.382	2.11	0.610	4.80	0.782	8.03	0.884	11.64	0.957	15.25	1.001	18.62	1.024	21.67	1.039	23.61	1.024	21.97	0.903
0.0060	0.54	0.424	2.34	0.677	5.33	0.868	8.91	0.981	12.91	1.061	16.92	1.110	20.66	1.136	24.05	1.153	26.19	1.136	24.38	1.002
0.0070	0.59	0.463	2.56	0.739	5.82	0.948	9.73	1.071	14.10	1.159	18.48	1.213	22.56	1.240	26.26	1.258	28.60	1.240	26.62	1.094
0.0080	0.63	0.499	2.76	0.797	6.28	1.022	10.50	1.156	15.21	1.251	19.94	1.308	24.35	1.339	28.34	1.358	30.86	1.338	28.73	1.181
0.0090	0.68	0.534	2.95	0.853	6.71	1.094	11.23	1.236	16.27	1.338	21.33	1.399	26.04	1.432	30.30	1.452	33.01	1.431	30.72	1.263
0.0100	0.72	0.567	3.14	0.906	7.13	1.161	11.93	1.312	17.28	1.420	22.65	1.486	27.65	1.520	32.18	1.542	35.05	1.520	32.62	1.341
0.0110	0.76	0.599	3.31	0.956	7.53	1.226	12.59	1.386	18.24	1.500	23.91	1.569	29.20	1.605	33.98	1.628	37.01	1.605	34.45	1.416
0.0120	0.80	0.629	3.48	1.005	7.91	1.288	13.24	1.456	19.17	1.576	25.13	1.649	30.68	1.687	35.71	1.711	38.89	1.686	36.20	1.488
0.0130	0.83	0.658	3.64	1.052	8.28	1.349	13.85	1.524	20.07	1.650	26.30	1.726	32.12	1.766	37.38	1.791	40.71	1.765	37.89	1.557
0.0140	0.87	0.687	3.80	1.097	8.64	1.407	14.45	1.590	20.93	1.721	27.44	1.800	33.50	1.842	38.99	1.869	42.46	1.841	39.53	1.625
0.0150	0.91	0.714	3.95	1.141	8.98	1.463	15.03	1.654	21.77	1.790	28.54	1.873	34.85	1.916	40.55	1.944	44.17	1.915	41.11	1.690
0.0160	0.94	0.741	4.10	1.184	9.32	1.518	15.59	1.716	22.59	1.857	29.61	1.943	36.15	1.988	42.07	2.016	45.82	1.987	42.65	1.753
0.0170	0.97	0.767	4.25	1.226	9.65	1.572	16.14	1.776	23.38	1.922	30.65	2.011	37.42	2.058	43.55	2.087	47.44	2.057	44.15	1.815
0.0180	1.00	0.793	4.39	1.266	9.97	1.624	16.68	1.835	24.16	1.986	31.67	2.078	38.66	2.126	45.00	2.157	49.01	2.125	45.62	1.875
0.0190	1.04	0.817	4.52	1.306	10.28	1.675	17.20	1.893	24.92	2.048	32.66	2.143	39.88	2.192	46.41	2.224	50.54	2.192	47.05	1.934
0.0200	1.07	0.842	4.66	1.345	10.59	1.724	17.71	1.949	25.66	2.109	33.63	2.207	41.06	2.257	47.78	2.290	52.04	2.257	48.44	1.991
0.0250	1.21	0.956	5.29	1.527	12.02	1.958	20.12	2.213	29.14	2.395	38.19	2.506	46.63	2.564	54.27	2.601	59.11	2.563	55.02	2.261
0.0300	1.34	1.061	5.87	1.695	13.34	2.173	22.32	2.456	32.33	2.658	42.38	2.781	51.74	2.845	60.22	2.886	65.58	2.844	61.04	2.509
0.0400	1.58	1.250	6.92	1.997	15.72	2.560	26.30	2.894	38.10	3.132	49.93	3.276	60.97	3.352	70.95	3.400	77.28	3.351	71.93	2.957
0.0500	1.80	1.419	7.85	2.268	17.85	2.908	29.87	3.286	43.27	3.557	56.71	3.721	69.24	3.807	80.58	3.862	87.76	3.806	81.69	3.358
0.0600	2.00	1.575	8.71	2.516	19.81	3.226	33.14	3.646	48.01	3.946	62.92	4.129	76.83	4.224	89.41	4.285	97.38	4.223	90.64	3.726
0.0700	2.18	1.720	9.52	2.748	21.63	3.523	36.19	3.982	52.42	4.309	68.71	4.508	83.89	4.612	97.63	4.679	106.33	4.611	98.97	4.068
0.0800	2.35	1.856	10.27	2.965	23.34	3.802	39.05	4.297	56.57	4.650	74.14	4.865	90.52	4.977	105.35	5.049	114.74	4.976	106.80	4.390
0.0900	2.51	1.985	10.98	3.171	24.96	4.066	41.76	4.595	60.50	4.973	79.29	5.203	96.81	5.323	112.67	5.400	122.72	5.321	114.22	4.695
0.1000	2.67	2.108	11.66	3.368	26.51	4.318	44.35	4.880	64.24	5.281	84.20	5.525	102.81	5.652	119.65	5.734	130.32	5.651	121.30	4.986
0.1100	2.82	2.225	12.31	3.556	27.99	4.559	46.83	5.152	67.83	5.576	88.91	5.834	108.55	5.968	126.33	6.055	137.60	5.966	128.07	5.264
0.1200	2.96	2.339	12.94	3.737	29.41	4.791	49.21	5.414	71.28	5.860	93.43	6.131	114.08	6.272	132.76	6.363	144.60	6.270	134.59	5.532

Таблица 15. DN/OD = 250 мм

условный проход d = 216 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0030	0.63	0.330	2.75	0.527	6.25	0.676	10.46	0.764	15.16	0.827	19.87	0.865	24.26	0.885	28.23	0.898	30.74	0.885	28.62	0.781
0.0035	0.69	0.360	3.00	0.576	6.83	0.738	11.42	0.835	16.55	0.903	21.69	0.945	26.48	0.967	30.82	0.981	33.57	0.966	31.25	0.853
0.0040	0.74	0.389	3.24	0.622	7.37	0.797	12.33	0.901	17.86	0.975	23.41	1.020	28.58	1.043	33.26	1.058	36.23	1.043	33.72	0.920
0.0045	0.79	0.416	3.47	0.665	7.88	0.852	13.19	0.963	19.10	1.042	25.03	1.091	30.57	1.116	35.57	1.132	38.74	1.115	36.06	0.984
0.0050	0.84	0.442	3.68	0.706	8.37	0.905	14.00	1.023	20.28	1.107	26.58	1.158	32.46	1.185	37.78	1.202	41.14	1.184	38.30	1.045
0.0055	0.89	0.466	3.89	0.745	8.84	0.956	14.78	1.080	21.42	1.169	28.07	1.223	34.27	1.251	39.89	1.269	43.44	1.251	40.43	1.103
0.0060	0.94	0.490	4.09	0.783	9.29	1.004	15.54	1.135	22.50	1.228	29.50	1.285	36.02	1.315	41.91	1.334	45.65	1.314	42.49	1.160
0.0065	0.98	0.513	4.28	0.820	9.72	1.051	16.26	1.188	23.56	1.286	30.88	1.345	37.70	1.376	43.87	1.396	47.78	1.376	44.48	1.214
0.0070	1.02	0.535	4.46	0.855	10.14	1.096	16.96	1.239	24.57	1.341	32.21	1.403	39.33	1.435	45.77	1.456	49.85	1.435	46.40	1.266
0.0080	1.10	0.578	4.81	0.923	10.94	1.183	18.31	1.337	26.52	1.447	34.76	1.514	42.44	1.549	49.39	1.571	53.79	1.549	50.07	1.366
0.0090	1.18	0.618	5.15	0.987	11.70	1.265	19.58	1.430	28.36	1.548	37.17	1.619	45.39	1.657	52.82	1.681	57.53	1.656	53.55	1.461
0.0100	1.25	0.656	5.47	1.048	12.43	1.344	20.79	1.519	30.12	1.644	39.47	1.720	48.20	1.759	56.09	1.785	61.09	1.759	56.86	1.552
0.0110	1.32	0.693	5.77	1.107	13.12	1.419	21.95	1.604	31.80	1.736	41.68	1.816	50.89	1.857	59.22	1.884	64.50	1.857	60.04	1.638
0.0120	1.39	0.728	6.07	1.163	13.79	1.491	23.07	1.685	33.42	1.824	43.80	1.908	53.48	1.952	62.24	1.980	67.79	1.951	63.09	1.722
0.0130	1.45	0.762	6.35	1.217	14.43	1.561	24.15	1.764	34.98	1.909	45.84	1.997	55.98	2.043	65.14	2.073	70.95	2.043	66.04	1.802
0.0140	1.52	0.795	6.62	1.270	15.05	1.628	25.19	1.840	36.49	1.991	47.82	2.083	58.39	2.131	67.96	2.162	74.01	2.131	68.89	1.880
0.0150	1.58	0.827	6.89	1.321	15.66	1.693	26.20	1.914	37.95	2.071	49.74	2.167	60.74	2.217	70.68	2.249	76.98	2.216	71.66	1.955
0.0160	1.64	0.858	7.15	1.370	16.25	1.757	27.18	1.986	39.37	2.149	51.61	2.248	63.01	2.300	73.33	2.333	79.87	2.299	74.34	2.029
0.0170	1.69	0.888	7.40	1.419	16.82	1.819	28.14	2.056	40.76	2.225	53.42	2.327	65.23	2.381	75.91	2.416	82.68	2.380	76.96	2.100
0.0180	1.75	0.917	7.64	1.466	17.38	1.879	29.07	2.124	42.11	2.298	55.19	2.404	67.39	2.460	78.43	2.496	85.42	2.459	79.51	2.170
0.0190	1.81	0.946	7.88	1.511	17.92	1.938	29.98	2.190	43.43	2.370	56.92	2.480	69.50	2.537	80.88	2.574	88.10	2.536	82.00	2.238
0.0200	1.86	0.974	8.12	1.556	18.45	1.995	30.87	2.255	44.72	2.441	58.61	2.553	71.56	2.612	83.29	2.650	90.71	2.611	84.43	2.304
0.0300	2.34	1.227	10.23	1.961	23.25	2.514	38.90	2.842	56.35	3.076	73.86	3.218	90.18	3.292	104.95	3.340	114.31	3.291	106.40	2.904
0.0400	2.76	1.446	12.05	2.311	27.40	2.963	45.84	3.349	66.40	3.624	87.03	3.791	106.26	3.879	123.67	3.935	134.69	3.878	125.37	3.421
0.0500	3.13	1.643	13.69	2.624	31.12	3.365	52.06	3.803	75.41	4.116	98.84	4.306	120.68	4.405	140.45	4.469	152.97	4.404	142.38	3.886
0.0600	3.48	1.823	15.19	2.912	34.52	3.734	57.76	4.220	83.67	4.567	109.67	4.778	133.91	4.888	155.84	4.959	169.73	4.886	157.99	4.311
0.0700	3.80	1.990	16.59	3.180	37.70	4.077	63.07	4.607	91.36	4.987	119.75	5.217	146.21	5.337	170.16	5.414	185.33	5.335	172.50	4.708
0.0800	4.10	2.148	17.90	3.431	40.68	4.399	68.06	4.972	98.59	5.381	129.23	5.630	157.78	5.759	183.63	5.843	200.00	5.758	186.15	5.080

Таблица 15. DN/OD = 315 мм

условный проход d = 271 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0025	1.05	0.350	4.59	0.559	10.43	0.717	17.45	0.810	25.28	0.877	33.14	0.917	40.46	0.938	47.09	0.952	51.28	0.938	47.74	0.828
0.0030	1.17	0.388	5.09	0.620	11.57	0.795	19.37	0.899	28.05	0.973	36.77	1.018	44.89	1.041	52.25	1.056	56.90	1.041	52.97	0.918
0.0035	1.27	0.424	5.56	0.677	12.64	0.868	21.15	0.981	30.63	1.062	40.15	1.111	49.02	1.137	57.05	1.153	62.13	1.136	57.83	1.003
0.0040	1.37	0.457	6.00	0.731	13.64	0.937	22.82	1.059	33.05	1.146	43.32	1.199	52.90	1.227	61.56	1.244	67.05	1.226	62.41	1.082
0.0045	1.47	0.489	6.42	0.782	14.59	1.002	24.40	1.133	35.35	1.226	46.33	1.282	56.57	1.312	65.84	1.331	71.71	1.312	66.75	1.157
0.0050	1.56	0.519	6.81	0.830	15.49	1.064	25.92	1.203	37.54	1.302	49.20	1.362	60.08	1.393	69.92	1.413	76.15	1.393	70.88	1.229
0.0055	1.65	0.548	7.20	0.876	16.35	1.124	27.36	1.270	39.64	1.374	51.95	1.438	63.43	1.471	73.82	1.492	80.40	1.471	74.84	1.297
0.0060	1.73	0.576	7.56	0.921	17.19	1.181	28.75	1.334	41.65	1.444	54.60	1.511	66.66	1.546	77.58	1.568	84.49	1.545	78.65	1.363
0.0065	1.81	0.603	7.91	0.964	17.99	1.236	30.10	1.397	43.60	1.512	57.15	1.582	69.77	1.618	81.20	1.641	88.44	1.618	82.32	1.427
0.0070	1.89	0.629	8.26	1.006	18.77	1.289	31.40	1.457	45.48	1.577	59.61	1.650	72.79	1.688	84.71	1.712	92.26	1.687	85.87	1.489
0.0080	2.04	0.679	8.91	1.085	20.25	1.391	33.88	1.572	49.08	1.702	64.33	1.780	78.54	1.821	91.41	1.848	99.56	1.821	92.67	1.607
0.0090	2.18	0.726	9.53	1.161	21.66	1.488	36.24	1.682	52.49	1.820	68.80	1.904	84.00	1.948	97.76	1.976	106.48	1.947	99.11	1.718
0.0100	2.32	0.771	10.12	1.232	23.00	1.580	38.48	1.786	55.74	1.933	73.06	2.022	89.20	2.069	103.82	2.099	113.07	2.068	105.25	1.825
0.0110	2.45	0.814	10.68	1.301	24.28	1.668	40.63	1.886	58.85	2.041	77.14	2.135	94.19	2.184	109.62	2.216	119.39	2.184	111.12	1.927
0.0120	2.57	0.856	11.23	1.367	25.52	1.753	42.70	1.981	61.85	2.145	81.07	2.244	98.98	2.295	115.19	2.329	125.46	2.295	116.78	2.025
0.0130	2.69	0.896	11.75	1.431	26.71	1.835	44.69	2.074	64.74	2.245	84.85	2.348	103.60	2.402	120.57	2.437	131.32	2.402	122.23	2.119
0.0140	2.81	0.934	12.26	1.493	27.86	1.914	46.62	2.164	67.53	2.342	88.52	2.450	108.08	2.506	125.78	2.543	136.99	2.505	127.51	2.211
0.0150	2.92	0.972	12.75	1.553	28.98	1.991	48.49	2.250	70.24	2.436	92.07	2.548	112.41	2.607	130.83	2.645	142.49	2.606	132.63	2.299
0.0160	3.03	1.008	13.23	1.611	30.07	2.066	50.31	2.335	72.88	2.527	95.52	2.644	116.63	2.704	135.73	2.744	147.83	2.704	137.60	2.386
0.0170	3.14	1.044	13.69	1.668	31.13	2.138	52.08	2.417	75.44	2.616	98.88	2.737	120.73	2.800	140.51	2.840	153.03	2.799	142.44	2.469
0.0180	3.24	1.079	14.15	1.723	32.16	2.209	53.80	2.497	77.94	2.702	102.16	2.827	124.73	2.892	145.16	2.934	158.10	2.892	147.16	2.551
0.0190	3.34	1.112	14.59	1.777	33.17	2.279	55.49	2.575	80.38	2.787	105.36	2.916	128.64	2.983	149.71	3.026	163.05	2.982	151.77	2.631
0.0200	3.44	1.145	15.02	1.830	34.15	2.346	57.14	2.652	82.77	2.870	108.48	3.002	132.46	3.071	154.15	3.116	167.89	3.071	156.27	2.709
0.0300	4.34	1.443	18.93	2.306	43.04	2.957	72.00	3.342	104.30	3.616	136.71	3.783	166.92	3.871	194.26	3.927	211.57	3.870	196.93	3.414
0.0400	5.11	1.701	22.31	2.717	50.71	3.484	84.84	3.937	122.89	4.261	161.08	4.458	196.68	4.561	228.89	4.627	249.30	4.559	232.04	4.023
0.0500	5.80	1.931	25.34	3.086	57.59	3.956	96.35	4.472	139.57	4.840	182.94	5.063	223.37	5.180	259.95	5.255	283.13	5.178	263.53	4.569
0.0600	6.44	2.143	28.11	3.424	63.90	4.390	106.91	4.962	154.87	5.370	202.99	5.618	247.84	5.747	288.44	5.831	314.15	5.746	292.41	5.069
0.0700	7.03	2.340	30.70	3.739	69.77	4.793	116.74	5.418	169.10	5.863	221.64	6.134	270.62	6.275	314.95	6.366	343.02	6.274	319.28	5.535

Таблица 15. DN/OD = 400 мм

условный проход d = 343 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0015	1.49	0.309	6.50	0.494	14.77	0.633	24.71	0.716	35.80	0.775	46.92	0.811	57.29	0.829	66.68	0.841	72.62	0.829	67.59	0.732
0.0016	1.54	0.321	6.74	0.513	15.33	0.657	25.64	0.743	37.14	0.804	48.68	0.841	59.44	0.860	69.18	0.873	75.34	0.860	70.13	0.759
0.0018	1.65	0.343	7.21	0.548	16.39	0.703	27.42	0.794	39.72	0.860	52.07	0.899	63.57	0.920	73.98	0.934	80.58	0.920	75.00	0.812
0.0020	1.75	0.364	7.66	0.582	17.41	0.746	29.12	0.844	42.18	0.913	55.29	0.955	67.51	0.977	78.57	0.991	85.57	0.977	79.65	0.862
0.0025	1.99	0.414	8.70	0.661	19.77	0.848	33.07	0.958	47.91	1.037	62.79	1.085	76.67	1.110	89.23	1.126	97.18	1.110	90.46	0.979
0.0030	2.21	0.459	9.65	0.734	21.93	0.941	36.70	1.063	53.16	1.151	69.67	1.204	85.07	1.231	99.00	1.249	107.83	1.231	100.37	1.086
0.0035	2.41	0.501	10.54	0.801	23.95	1.027	40.07	1.161	58.04	1.256	76.08	1.314	92.89	1.345	108.10	1.364	117.74	1.344	109.59	1.186
0.0040	2.60	0.541	11.37	0.864	25.84	1.108	43.24	1.253	62.63	1.356	82.10	1.418	100.24	1.451	116.66	1.472	127.06	1.451	118.26	1.280
0.0045	2.78	0.579	12.16	0.925	27.64	1.185	46.24	1.340	66.99	1.450	87.80	1.517	107.20	1.552	124.76	1.574	135.88	1.551	126.48	1.369
0.0050	2.96	0.614	12.91	0.982	29.35	1.259	49.11	1.423	71.14	1.540	93.24	1.611	113.84	1.648	132.49	1.672	144.30	1.647	134.31	1.454
0.0055	3.12	0.649	13.63	1.037	30.99	1.329	51.85	1.502	75.11	1.626	98.45	1.701	120.20	1.740	139.89	1.765	152.36	1.739	141.82	1.535
0.0060	3.28	0.682	14.33	1.089	32.57	1.397	54.49	1.579	78.93	1.708	103.46	1.787	126.32	1.828	147.01	1.855	160.11	1.828	149.03	1.613
0.0065	3.43	0.714	15.00	1.140	34.09	1.462	57.03	1.652	82.62	1.788	108.29	1.871	132.22	1.914	153.87	1.942	167.59	1.913	155.99	1.688
0.0070	3.58	0.744	15.65	1.189	35.56	1.525	59.50	1.724	86.18	1.865	112.96	1.952	137.92	1.996	160.52	2.025	174.83	1.996	162.73	1.761
0.0080	3.87	0.803	16.88	1.284	38.37	1.646	64.20	1.860	93.00	2.013	121.90	2.106	148.84	2.154	173.22	2.186	188.66	2.154	175.60	1.900
0.0090	4.13	0.859	18.06	1.373	41.04	1.760	68.66	1.989	99.46	2.153	130.37	2.252	159.18	2.304	185.25	2.338	201.77	2.304	187.80	2.032
0.0100	4.39	0.912	19.17	1.458	43.58	1.869	72.92	2.112	105.62	2.286	138.45	2.392	169.04	2.447	196.73	2.482	214.26	2.446	199.43	2.158
0.0110	4.64	0.963	20.25	1.539	46.02	1.973	76.99	2.230	111.53	2.414	146.18	2.525	178.48	2.584	207.72	2.621	226.23	2.583	210.57	2.279
0.0120	4.87	1.012	21.28	1.618	48.36	2.074	80.91	2.344	117.20	2.537	153.62	2.654	187.56	2.715	218.28	2.754	237.74	2.714	221.29	2.395
0.0130	5.10	1.060	22.27	1.693	50.62	2.171	84.69	2.453	122.67	2.655	160.79	2.778	196.32	2.842	228.48	2.883	248.85	2.841	231.62	2.507
0.0140	5.32	1.105	23.23	1.766	52.80	2.264	88.34	2.559	127.97	2.770	167.73	2.898	204.80	2.964	238.34	3.008	259.59	2.964	241.62	2.615
0.0150	5.53	1.150	24.16	1.837	54.92	2.355	91.89	2.662	133.10	2.881	174.46	3.014	213.02	3.083	247.91	3.128	270.01	3.083	251.32	2.720
0.0160	5.74	1.193	25.07	1.906	56.98	2.444	95.33	2.762	138.10	2.989	181.00	3.127	221.00	3.199	257.20	3.246	280.13	3.198	260.74	2.822
0.0170	5.94	1.235	25.95	1.973	58.98	2.530	98.69	2.859	142.95	3.094	187.37	3.237	228.78	3.312	266.25	3.360	289.99	3.311	269.91	2.921
0.0180	6.14	1.276	26.81	2.038	60.94	2.613	101.96	2.954	147.69	3.197	193.58	3.344	236.36	3.421	275.07	3.471	299.59	3.420	278.86	3.018
0.0200	6.52	1.355	28.47	2.165	64.71	2.775	108.27	3.137	156.84	3.395	205.57	3.551	250.99	3.633	292.11	3.686	318.15	3.632	296.13	3.205
0.0300	8.21	1.707	35.88	2.728	81.55	3.497	136.44	3.953	197.64	4.278	259.05	4.475	316.29	4.578	368.10	4.645	400.92	4.577	373.17	4.039
0.0400	9.68	2.012	42.28	3.214	96.09	4.121	160.76	4.657	232.88	5.041	305.24	5.273	372.69	5.395	433.73	5.473	472.40	5.393	439.70	4.759

Таблица 15. DN/OD = 500 мм

условный проход d = 427 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0012	2.37	0.318	10.37	0.509	23.57	0.652	39.43	0.737	57.12	0.798	74.87	0.835	91.41	0.854	106.39	0.866	115.87	0.854	107.85	0.753
0.0013	2.49	0.333	10.85	0.532	24.67	0.683	41.27	0.772	59.79	0.835	78.37	0.874	95.68	0.894	111.36	0.907	121.28	0.893	112.89	0.788
0.0014	2.59	0.348	11.32	0.555	25.74	0.712	43.06	0.805	62.37	0.871	81.75	0.911	99.82	0.932	116.16	0.946	126.52	0.932	117.76	0.822
0.0015	2.70	0.362	11.78	0.578	26.77	0.741	44.78	0.837	64.87	0.906	85.03	0.948	103.82	0.970	120.83	0.984	131.60	0.969	122.49	0.855
0.0016	2.80	0.375	12.22	0.599	27.77	0.768	46.46	0.869	67.31	0.940	88.22	0.983	107.71	1.006	125.36	1.021	136.53	1.006	127.08	0.887
0.0017	2.90	0.388	12.65	0.620	28.75	0.796	48.10	0.899	69.67	0.973	91.32	1.018	111.50	1.041	129.77	1.057	141.34	1.041	131.55	0.919
0.0018	2.99	0.401	13.07	0.641	29.70	0.822	49.69	0.929	71.98	1.005	94.35	1.052	115.20	1.076	134.07	1.092	146.02	1.076	135.91	0.949
0.0019	3.09	0.414	13.48	0.661	30.63	0.848	51.25	0.958	74.24	1.037	97.30	1.085	118.81	1.110	138.27	1.126	150.59	1.109	140.17	0.979
0.0020	3.18	0.426	13.88	0.681	31.54	0.873	52.77	0.986	76.44	1.068	100.19	1.117	122.33	1.143	142.37	1.159	155.06	1.142	144.33	1.008
0.0025	3.61	0.484	15.76	0.773	35.82	0.991	59.93	1.120	86.81	1.212	113.79	1.268	138.93	1.298	161.69	1.317	176.11	1.297	163.92	1.145
0.0030	4.00	0.537	17.49	0.858	39.75	1.100	66.50	1.243	96.33	1.345	126.26	1.407	154.16	1.440	179.41	1.461	195.40	1.439	181.88	1.270
0.0035	4.37	0.586	19.09	0.937	43.40	1.201	72.61	1.357	105.18	1.469	137.86	1.537	168.32	1.572	195.90	1.595	213.36	1.572	198.59	1.387
0.0040	4.72	0.633	20.60	1.011	46.83	1.296	78.35	1.465	113.50	1.585	148.77	1.658	181.64	1.697	211.40	1.721	230.24	1.696	214.31	1.497
0.0050	5.36	0.718	23.40	1.148	53.19	1.472	88.99	1.663	128.91	1.800	168.96	1.883	206.30	1.927	240.09	1.955	261.49	1.926	243.39	1.700
0.0060	5.95	0.797	25.96	1.274	59.02	1.633	98.74	1.846	143.03	1.998	187.47	2.090	228.90	2.138	266.39	2.169	290.14	2.137	270.06	1.886
0.0070	6.49	0.870	28.35	1.391	64.44	1.783	107.81	2.015	156.17	2.181	204.70	2.282	249.94	2.334	290.87	2.368	316.81	2.334	294.88	2.059
0.0080	7.01	0.939	30.59	1.501	69.54	1.924	116.34	2.175	168.53	2.354	220.90	2.462	269.71	2.519	313.89	2.556	341.87	2.519	318.21	2.222
0.0090	7.49	1.005	32.72	1.605	74.37	2.058	124.43	2.326	180.24	2.517	236.25	2.634	288.45	2.694	335.70	2.733	365.63	2.694	340.32	2.377
0.0100	7.96	1.067	34.75	1.705	78.98	2.185	132.13	2.470	191.40	2.673	250.88	2.797	306.32	2.861	356.49	2.903	388.27	2.860	361.40	2.524
0.0110	8.40	1.126	36.69	1.800	83.39	2.308	139.52	2.608	202.10	2.823	264.89	2.953	323.43	3.021	376.41	3.065	409.96	3.020	381.59	2.665
0.0120	8.83	1.184	38.55	1.891	87.63	2.425	146.61	2.741	212.38	2.966	278.37	3.103	339.88	3.175	395.55	3.221	430.82	3.174	401.00	2.800
0.0130	9.24	1.239	40.35	1.980	91.72	2.538	153.46	2.869	222.30	3.105	291.37	3.248	355.76	3.323	414.03	3.371	450.94	3.322	419.73	2.931
0.0140	9.64	1.293	42.10	2.065	95.68	2.648	160.09	2.993	231.90	3.239	303.95	3.388	371.12	3.466	431.90	3.517	470.41	3.465	437.85	3.058
0.0150	10.03	1.344	43.79	2.148	99.52	2.754	166.51	3.113	241.20	3.369	316.15	3.524	386.01	3.605	449.24	3.658	489.29	3.604	455.42	3.180
0.0200	11.81	1.584	51.59	2.531	117.27	3.245	196.20	3.668	284.21	3.969	372.52	4.153	454.83	4.248	529.33	4.310	576.52	4.247	536.62	3.747
0.0250	13.42	1.799	58.59	2.874	133.18	3.685	222.83	4.165	322.78	4.508	423.07	4.716	516.56	4.825	601.17	4.895	654.77	4.824	609.45	4.256
0.0300	14.89	1.996	65.02	3.189	147.78	4.089	247.24	4.622	358.15	5.002	469.43	5.233	573.16	5.353	667.05	5.431	726.51	5.352	676.23	4.722

Таблица 15. DN/OD = 630 мм

условный проход d = 535 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0010	3.95	0.337	17.23	0.539	39.17	0.690	65.53	0.780	94.93	0.845	124.42	0.884	151.92	0.904	176.80	0.917	192.56	0.904	179.24	0.797
0.0011	4.17	0.356	18.20	0.569	41.36	0.729	69.19	0.824	100.23	0.892	131.37	0.933	160.40	0.954	186.68	0.968	203.32	0.954	189.25	0.842
0.0012	4.38	0.374	19.12	0.598	43.46	0.766	72.71	0.866	105.33	0.937	138.06	0.980	168.57	1.003	196.18	1.018	213.66	1.003	198.88	0.885
0.0013	4.58	0.391	20.01	0.625	45.49	0.802	76.11	0.906	110.25	0.981	144.51	1.026	176.44	1.050	205.34	1.065	223.64	1.050	208.17	0.926
0.0014	4.78	0.408	20.88	0.652	47.45	0.836	79.40	0.945	115.01	1.023	150.75	1.070	184.06	1.095	214.20	1.111	233.30	1.095	217.15	0.966
0.0015	4.97	0.425	21.72	0.679	49.36	0.870	82.58	0.983	119.62	1.064	156.79	1.113	191.44	1.139	222.80	1.156	242.66	1.139	225.87	1.005
0.0016	5.16	0.441	22.53	0.704	51.21	0.903	85.68	1.020	124.11	1.104	162.67	1.155	198.62	1.182	231.15	1.199	251.76	1.181	234.33	1.042
0.0017	5.34	0.456	23.32	0.729	53.01	0.934	88.69	1.056	128.48	1.143	168.40	1.196	205.61	1.223	239.29	1.241	260.62	1.223	242.58	1.079
0.0018	5.52	0.471	24.10	0.753	54.77	0.965	91.63	1.091	132.73	1.181	173.98	1.235	212.42	1.264	247.21	1.282	269.25	1.264	250.62	1.115
0.0019	5.69	0.486	24.85	0.777	56.48	0.996	94.50	1.125	136.89	1.218	179.42	1.274	219.07	1.303	254.96	1.322	277.68	1.303	258.46	1.150
0.0020	5.86	0.500	25.59	0.800	58.16	1.025	97.31	1.159	140.95	1.254	184.75	1.312	225.58	1.342	262.52	1.362	285.93	1.342	266.14	1.184
0.0025	6.65	0.568	29.06	0.908	66.05	1.164	110.51	1.316	160.08	1.424	209.82	1.490	256.19	1.524	298.15	1.546	324.73	1.524	302.26	1.345
0.0030	7.38	0.631	32.24	1.008	73.29	1.292	122.62	1.460	177.62	1.580	232.82	1.653	284.26	1.691	330.82	1.716	360.32	1.691	335.38	1.492
0.0040	8.70	0.743	37.99	1.187	86.36	1.522	144.48	1.720	209.29	1.862	274.33	1.948	334.94	1.993	389.81	2.022	424.56	1.992	395.17	1.758
0.0050	9.88	0.844	43.15	1.348	98.08	1.729	164.09	1.954	237.70	2.115	311.56	2.212	380.40	2.263	442.71	2.296	482.18	2.263	448.80	1.996
0.0060	10.96	0.936	47.88	1.496	108.82	1.918	182.07	2.168	263.74	2.346	345.70	2.455	422.08	2.511	491.22	2.548	535.01	2.511	497.98	2.215
0.0070	11.97	1.022	52.28	1.634	118.83	2.095	198.80	2.367	287.98	2.562	377.46	2.680	460.87	2.742	536.36	2.782	584.18	2.741	543.74	2.419
0.0080	12.92	1.103	56.41	1.763	128.23	2.260	214.54	2.555	310.77	2.765	407.33	2.893	497.34	2.959	578.80	3.002	630.40	2.958	586.77	2.610
0.0090	13.81	1.180	60.33	1.885	137.14	2.417	229.44	2.732	332.36	2.957	435.63	3.093	531.90	3.165	619.02	3.211	674.20	3.164	627.54	2.792
0.0100	14.67	1.253	64.07	2.002	145.63	2.567	243.65	2.901	352.94	3.140	462.61	3.285	564.84	3.361	657.36	3.409	715.96	3.360	666.40	2.964
0.0110	15.49	1.323	67.65	2.114	153.77	2.710	257.26	3.063	372.66	3.315	488.45	3.469	596.39	3.548	694.08	3.600	755.95	3.547	703.63	3.130
0.0120	16.28	1.390	71.09	2.222	161.59	2.848	270.35	3.219	391.62	3.484	513.30	3.645	626.73	3.729	729.39	3.783	794.41	3.728	739.43	3.289
0.0130	17.04	1.455	74.41	2.325	169.14	2.981	282.98	3.370	409.91	3.647	537.28	3.815	656.00	3.903	763.46	3.960	831.52	3.902	773.96	3.443
0.0140	17.77	1.518	77.62	2.426	176.44	3.110	295.19	3.515	427.61	3.804	560.47	3.980	684.32	4.072	796.41	4.131	867.41	4.071	807.38	3.592
0.0150	18.49	1.579	80.74	2.523	183.52	3.235	307.04	3.656	444.77	3.957	582.97	4.140	711.79	4.235	828.38	4.297	902.22	4.234	839.78	3.736
0.0200	21.78	1.861	95.14	2.973	216.24	3.812	361.78	4.308	524.07	4.662	686.91	4.878	838.69	4.990	976.07	5.063	1063.09	4.989	989.51	4.402
0.0250	24.74	2.113	108.05	3.376	245.58	4.329	410.88	4.893	595.19	5.295	780.13	5.540	952.52	5.667	1108.54	5.750	1207.36	5.666	1123.80	4.999

Таблица 15. DN/OD = 800 мм

условный проход d = 687 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0,0008	6,85	0,355	29,90	0,567	67,97	0,727	113,71	0,821	164,72	0,889	215,91	0,930	263,61	0,951	306,79	0,965	334,14	0,951	311,02	0,839
0,0009	7,32	0,379	31,98	0,606	72,69	0,777	121,62	0,878	176,17	0,950	230,91	0,994	281,93	1,017	328,11	1,032	357,36	1,017	332,63	0,897
0,0010	7,78	0,403	33,96	0,644	77,19	0,825	129,15	0,933	187,08	1,009	245,21	1,056	299,39	1,080	348,43	1,096	379,49	1,080	353,23	0,953
0,0011	8,21	0,425	35,86	0,680	81,50	0,871	136,36	0,985	197,53	1,066	258,90	1,115	316,11	1,141	367,89	1,157	400,69	1,140	372,96	1,006
0,0012	8,63	0,447	37,68	0,714	85,65	0,916	143,30	1,035	207,58	1,120	272,08	1,172	332,20	1,199	386,61	1,216	421,08	1,198	391,93	1,057
0,0013	9,03	0,468	39,44	0,747	89,65	0,958	149,99	1,083	217,27	1,172	284,78	1,226	347,71	1,255	404,67	1,273	440,74	1,254	410,24	1,107
0,0014	9,42	0,488	41,14	0,780	93,52	1,000	156,47	1,130	226,65	1,223	297,08	1,279	362,72	1,309	422,14	1,328	459,77	1,308	427,95	1,154
0,0015	9,80	0,508	42,80	0,811	97,27	1,040	162,75	1,175	235,75	1,272	309,00	1,331	377,28	1,361	439,08	1,381	478,22	1,361	445,12	1,201
0,0016	10,17	0,527	44,40	0,841	100,92	1,079	168,85	1,219	244,59	1,320	320,59	1,381	391,43	1,412	455,54	1,433	496,15	1,412	461,81	1,246
0,0017	10,52	0,545	45,96	0,871	104,47	1,117	174,79	1,262	253,19	1,366	331,86	1,429	405,20	1,462	471,57	1,483	513,61	1,462	478,06	1,290
0,0018	10,87	0,563	47,49	0,900	107,93	1,154	180,58	1,304	261,58	1,411	342,86	1,477	418,62	1,511	487,19	1,532	530,63	1,510	493,90	1,332
0,0019	11,21	0,581	48,97	0,928	111,31	1,190	186,23	1,345	269,77	1,456	353,60	1,523	431,73	1,558	502,45	1,580	547,24	1,557	509,37	1,374
0,0020	11,55	0,598	50,43	0,956	114,62	1,225	191,76	1,385	277,78	1,499	364,09	1,568	444,55	1,604	517,36	1,627	563,49	1,604	524,49	1,415
0,0025	13,11	0,679	57,27	1,085	130,17	1,392	217,79	1,573	315,48	1,702	413,51	1,781	504,88	1,822	587,58	1,848	639,96	1,821	595,67	1,607
0,0030	14,55	0,754	63,55	1,204	144,44	1,544	241,65	1,745	350,05	1,889	458,82	1,976	560,20	2,021	651,96	2,051	710,09	2,021	660,94	1,783
0,0035	15,89	0,823	69,38	1,315	157,71	1,686	263,86	1,905	382,22	2,062	500,98	2,157	611,68	2,207	711,88	2,239	775,34	2,207	721,67	1,947
0,0040	17,14	0,888	74,88	1,419	170,19	1,819	284,74	2,056	412,46	2,225	540,62	2,328	660,09	2,382	768,21	2,416	836,69	2,381	778,78	2,101
0,0050	19,47	1,009	85,04	1,612	193,28	2,066	323,38	2,335	468,44	2,527	613,99	2,644	749,67	2,705	872,46	2,744	950,24	2,704	884,47	2,386
0,0060	21,60	1,119	94,36	1,788	214,46	2,293	358,82	2,591	519,77	2,804	681,27	2,934	831,82	3,001	968,07	3,045	1054,37	3,001	981,39	2,648
0,0070	23,59	1,222	103,03	1,953	234,17	2,503	391,79	2,829	567,53	3,062	743,88	3,203	908,26	3,277	1057,03	3,325	1151,26	3,276	1071,57	2,891
0,0080	25,46	1,319	111,18	2,107	252,70	2,701	422,79	3,053	612,44	3,304	802,74	3,457	980,13	3,537	1140,67	3,588	1242,36	3,536	1156,37	3,120
0,0090	27,22	1,410	118,90	2,253	270,26	2,889	452,17	3,265	654,99	3,534	858,52	3,697	1048,22	3,782	1219,92	3,837	1328,68	3,781	1236,71	3,336
0,0100	28,91	1,498	126,27	2,393	287,00	3,068	480,17	3,468	695,56	3,753	911,68	3,926	1113,14	4,017	1295,47	4,075	1410,96	4,015	1313,30	3,543
0,0110	30,53	1,581	133,32	2,527	303,03	3,239	506,99	3,661	734,41	3,962	962,61	4,145	1175,32	4,241	1367,84	4,302	1489,78	4,240	1386,67	3,741
0,0120	32,08	1,662	140,10	2,655	318,45	3,404	532,79	3,848	771,78	4,164	1011,59	4,356	1235,12	4,457	1437,43	4,521	1565,57	4,455	1457,21	3,931
0,0130	33,58	1,739	146,65	2,779	333,32	3,563	557,67	4,027	807,82	4,359	1058,83	4,560	1292,81	4,665	1504,57	4,733	1638,70	4,664	1525,28	4,115
0,0140	35,03	1,815	152,98	2,899	347,71	3,717	581,75	4,201	842,70	4,547	1104,54	4,757	1348,62	4,866	1569,52	4,937	1709,44	4,865	1591,12	4,292
0,0150	36,43	1,887	159,12	3,016	361,66	3,866	605,09	4,370	876,52	4,729	1148,87	4,948	1402,74	5,061	1632,51	5,135	1778,04	5,060	1654,98	4,465

Таблица 15. DN/OD = 1000 мм

условный проход d = 851 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v
0.0005	9.36	0.316	40.89	0.505	92.95	0.648	155.51	0.732	225.26	0.792	295.25	0.829	360.50	0.848	419.54	0.860	456.95	0.848	425.32	0.748
0.0006	10.39	0.351	45.37	0.560	103.13	0.718	172.55	0.812	249.94	0.879	327.61	0.919	400.00	0.941	465.52	0.954	507.02	0.940	471.93	0.830
0.0007	11.34	0.383	49.54	0.612	112.61	0.785	188.40	0.887	272.91	0.960	357.71	1.004	436.76	1.027	508.30	1.042	553.61	1.027	515.29	0.906
0.0008	12.24	0.413	53.46	0.660	121.52	0.847	203.31	0.957	294.51	1.036	386.02	1.083	471.32	1.108	548.52	1.124	597.42	1.108	556.07	0.978
0.0009	13.09	0.442	57.18	0.706	129.96	0.905	217.44	1.023	314.97	1.108	412.84	1.159	504.06	1.185	586.63	1.203	638.93	1.185	594.70	1.046
0.0010	13.90	0.469	60.72	0.750	138.01	0.961	230.90	1.087	334.48	1.176	438.41	1.230	535.28	1.259	622.96	1.277	678.50	1.258	631.53	1.110
0.0011	14.68	0.496	64.11	0.792	145.72	1.015	243.80	1.147	353.16	1.242	462.90	1.299	565.18	1.329	657.76	1.348	716.40	1.329	666.81	1.172
0.0012	15.43	0.521	67.37	0.832	153.13	1.067	256.20	1.206	371.13	1.305	486.45	1.365	593.94	1.397	691.22	1.417	752.84	1.396	700.74	1.232
0.0013	16.15	0.545	70.52	0.871	160.29	1.117	268.17	1.262	388.46	1.366	509.17	1.429	621.68	1.462	723.51	1.483	788.01	1.462	733.47	1.290
0.0014	16.84	0.569	73.56	0.909	167.20	1.165	279.75	1.317	405.23	1.425	531.15	1.491	648.52	1.525	754.74	1.547	822.03	1.525	765.13	1.345
0.0015	17.52	0.591	76.52	0.945	173.91	1.212	290.97	1.369	421.49	1.482	552.46	1.551	674.54	1.586	785.03	1.609	855.01	1.586	795.84	1.399
0.0016	18.18	0.614	79.38	0.980	180.44	1.257	301.88	1.421	437.30	1.538	573.18	1.609	699.83	1.646	814.46	1.670	887.07	1.645	825.67	1.452
0.0017	18.82	0.635	82.18	1.015	186.78	1.301	312.50	1.471	452.68	1.592	593.34	1.665	724.45	1.704	843.12	1.728	918.28	1.703	854.72	1.503
0.0018	19.44	0.656	84.90	1.049	192.97	1.344	322.86	1.519	467.68	1.644	613.00	1.720	748.46	1.760	871.05	1.786	948.71	1.760	883.04	1.552
0.0019	20.05	0.677	87.56	1.081	199.02	1.387	332.97	1.567	482.33	1.696	632.20	1.774	771.90	1.815	898.33	1.842	978.42	1.815	910.69	1.601
0.0020	20.64	0.697	90.16	1.114	204.92	1.428	342.85	1.614	496.64	1.746	650.96	1.827	794.81	1.869	925.00	1.896	1007.46	1.869	937.73	1.649
0.0025	23.44	0.792	102.39	1.265	232.73	1.621	389.38	1.833	564.05	1.983	739.31	2.075	902.68	2.123	1050.53	2.154	1144.19	2.122	1064.99	1.872
0.0030	26.01	0.878	113.61	1.403	258.24	1.799	432.05	2.033	625.85	2.201	820.32	2.302	1001.59	2.355	1165.65	2.389	1269.56	2.355	1181.69	2.078
0.0035	28.40	0.959	124.05	1.532	281.97	1.964	471.75	2.220	683.36	2.403	895.70	2.514	1093.63	2.572	1272.76	2.609	1386.23	2.571	1290.28	2.268
0.0040	30.65	1.035	133.87	1.653	304.28	2.120	509.08	2.396	737.44	2.593	966.58	2.713	1180.17	2.775	1373.48	2.816	1495.92	2.775	1392.38	2.448
0.0045	32.78	1.107	143.17	1.768	325.42	2.267	544.46	2.562	788.68	2.773	1033.74	2.901	1262.17	2.968	1468.91	3.011	1599.86	2.967	1489.13	2.618
0.0050	34.81	1.175	152.04	1.878	345.57	2.408	578.17	2.721	837.52	2.945	1097.76	3.081	1340.33	3.152	1559.88	3.198	1698.94	3.151	1581.35	2.780
0.0055	36.76	1.241	160.53	1.983	364.88	2.542	610.47	2.873	884.30	3.109	1159.08	3.253	1415.21	3.328	1647.01	3.376	1793.84	3.327	1669.68	2.936
0.0060	38.63	1.304	168.70	2.084	383.44	2.671	641.53	3.019	929.29	3.268	1218.05	3.419	1487.21	3.497	1730.81	3.548	1885.11	3.496	1754.63	3.085
0.0070	42.18	1.424	184.20	2.275	418.68	2.917	700.48	3.297	1014.69	3.568	1329.98	3.733	1623.87	3.819	1889.86	3.874	2058.34	3.818	1915.87	3.368
0.0080	45.51	1.537	198.78	2.455	451.81	3.148	755.91	3.558	1094.98	3.850	1435.22	4.028	1752.37	4.121	2039.40	4.181	2221.21	4.120	2067.47	3.635
0.0090	48.68	1.643	212.59	2.626	483.20	3.366	808.43	3.805	1171.06	4.118	1534.94	4.308	1874.12	4.407	2181.10	4.471	2375.54	4.406	2211.12	3.887
0.0100	51.69	1.745	225.75	2.788	513.12	3.575	858.50	4.040	1243.59	4.373	1630.00	4.575	1990.19	4.680	2316.18	4.748	2522.66	4.679	2348.06	4.128

Таблица 15. DN/OD = 1200 мм

условный проход d = 1030 мм

h/d	0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1	
	уклон	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q	v	
0.0004	13.84	0.319	60.44	0.510	137.37	0.653	229.82	0.738	332.91	0.799	436.36	0.836	532.78	0.855	620.05	0.868	675.33	0.855	628.59	0.754
0.0005	15.72	0.362	68.64	0.579	156.01	0.742	261.01	0.839	378.10	0.908	495.58	0.949	605.09	0.971	704.20	0.985	766.98	0.971	713.90	0.857
0.0006	17.44	0.402	76.16	0.642	173.10	0.823	289.62	0.930	419.53	1.007	549.89	1.053	671.39	1.078	781.37	1.093	851.03	1.077	792.12	0.951
0.0007	19.04	0.439	83.16	0.701	189.01	0.899	316.23	1.016	458.08	1.100	600.42	1.150	733.09	1.177	853.17	1.194	929.23	1.176	864.91	1.038
0.0008	20.55	0.474	89.74	0.757	203.97	0.970	341.25	1.096	494.33	1.187	647.93	1.241	791.10	1.270	920.68	1.288	1002.76	1.270	933.35	1.120
0.0009	21.97	0.506	95.97	0.809	218.14	1.037	364.96	1.173	528.67	1.269	692.95	1.328	846.07	1.358	984.65	1.378	1072.43	1.358	998.20	1.198
0.0010	23.34	0.538	101.92	0.859	231.65	1.102	387.57	1.245	561.41	1.348	735.86	1.410	898.46	1.442	1045.63	1.463	1138.85	1.442	1060.02	1.272
0.0011	24.64	0.568	107.61	0.907	244.59	1.163	409.22	1.315	592.78	1.423	776.97	1.489	948.65	1.523	1104.04	1.545	1202.47	1.522	1119.24	1.343
0.0012	25.89	0.597	113.08	0.953	257.03	1.222	430.04	1.382	622.93	1.495	816.49	1.564	996.92	1.600	1160.21	1.624	1263.64	1.600	1176.18	1.412
0.0013	27.10	0.625	118.36	0.998	269.04	1.279	450.12	1.446	652.03	1.565	854.63	1.637	1043.48	1.675	1214.40	1.699	1322.66	1.675	1231.12	1.478
0.0014	28.27	0.652	123.47	1.041	280.65	1.335	469.55	1.509	680.18	1.633	891.53	1.708	1088.53	1.747	1266.83	1.773	1379.76	1.747	1284.26	1.541
0.0015	29.41	0.678	128.43	1.083	291.91	1.388	488.40	1.569	707.47	1.698	927.30	1.777	1132.21	1.817	1317.67	1.844	1435.14	1.817	1335.80	1.603
0.0016	30.51	0.703	133.25	1.123	302.86	1.440	506.71	1.628	734.00	1.762	962.07	1.843	1174.66	1.886	1367.07	1.913	1488.94	1.885	1385.89	1.663
0.0017	31.58	0.728	137.93	1.163	313.51	1.491	524.53	1.685	759.82	1.824	995.92	1.908	1215.99	1.952	1415.16	1.980	1541.32	1.951	1434.64	1.722
0.0018	32.63	0.752	142.50	1.201	323.90	1.540	541.92	1.741	785.00	1.884	1028.92	1.971	1256.28	2.017	1462.06	2.046	1592.40	2.016	1482.18	1.779
0.0019	33.65	0.776	146.97	1.239	334.05	1.589	558.89	1.796	809.58	1.943	1061.14	2.033	1295.62	2.080	1507.84	2.110	1642.26	2.079	1528.59	1.835
0.0020	34.65	0.799	151.33	1.276	343.96	1.636	575.48	1.849	833.61	2.001	1092.64	2.093	1334.08	2.142	1552.60	2.173	1691.01	2.141	1573.97	1.889
0.0025	39.35	0.907	171.87	1.449	390.64	1.858	653.58	2.100	946.75	2.272	1240.92	2.377	1515.13	2.432	1763.31	2.467	1920.51	2.432	1787.58	2.145
0.0030	43.66	1.006	190.70	1.608	433.45	2.061	725.19	2.330	1050.49	2.521	1376.90	2.638	1681.16	2.699	1956.53	2.738	2130.96	2.698	1983.46	2.380
0.0035	47.68	1.099	208.22	1.756	473.28	2.251	791.84	2.544	1147.02	2.753	1503.43	2.880	1835.65	2.947	2136.33	2.989	2326.78	2.946	2165.73	2.599
0.0040	51.45	1.186	224.70	1.894	510.73	2.429	854.49	2.745	1237.79	2.971	1622.40	3.108	1980.90	3.180	2305.37	3.226	2510.89	3.179	2337.10	2.805
0.0045	55.02	1.268	240.31	2.026	546.22	2.598	913.86	2.936	1323.79	3.177	1735.12	3.324	2118.54	3.401	2465.55	3.450	2685.35	3.400	2499.49	3.000
0.0050	58.43	1.347	255.19	2.152	580.04	2.759	970.46	3.118	1405.77	3.374	1842.58	3.530	2249.74	3.611	2618.24	3.664	2851.66	3.610	2654.28	3.186
0.0055	61.70	1.422	269.45	2.272	612.45	2.913	1024.67	3.292	1484.30	3.563	1945.51	3.727	2375.41	3.813	2764.50	3.868	3010.95	3.812	2802.55	3.363
0.0066	68.46	1.578	298.98	2.521	679.56	3.232	1136.95	3.653	1646.95	3.953	2158.70	4.136	2635.71	4.231	3067.43	4.292	3340.89	4.230	3109.65	3.732
0.0070	70.79	1.631	309.18	2.607	702.75	3.342	1175.75	3.777	1703.15	4.088	2232.37	4.277	2725.66	4.375	3172.11	4.439	3454.90	4.374	3215.77	3.859
0.0080	76.39	1.761	333.64	2.813	758.36	3.607	1268.79	4.076	1837.92	4.412	2409.01	4.615	2941.34	4.722	3423.12	4.790	3728.29	4.720	3470.24	4.165
0.0090	81.70	1.883	356.83	3.008	811.05	3.857	1356.95	4.359	1965.62	4.718	2576.39	4.936	3145.70	5.050	3660.96	5.123	3987.33	5.048	3711.35	4.454

Расчет может производиться с применением упрощающих приемов, при которых используются разработанные графики и диаграммы (Рис. 11).

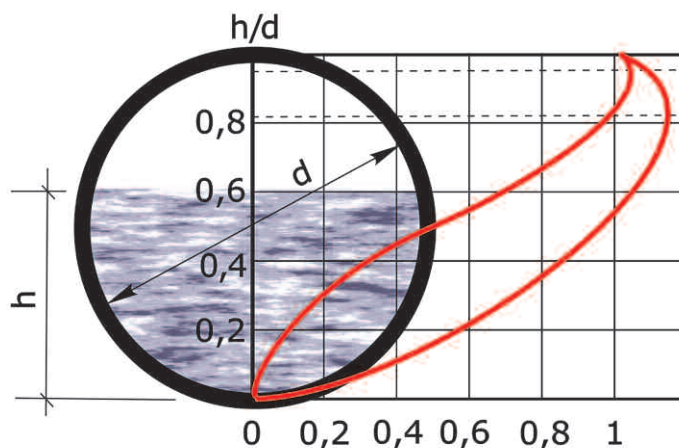


Рис. 11. Зависимость расхода q и скорости v от степени наполнения трубопровода h/d

На Рис. 11 приведены кривые изменения скоростей v и расходов q в трубах круглого сечения в зависимости от степени их наполнения. По оси ординат отложены степени наполнения h/d , а по оси абсцисс – соответствующие этим наполнениям скорости v и расходы q , выраженные в долях от скорости и расхода при полном наполнении.

4.2. Расчет на прочность трубопроводов КОРСИС при подземной прокладке

Глубина заложения труб КОРСИС устанавливается из условия сохранения трубами круглой формы поперечного сечения при конкретных условиях прокладки с учётом предельно допустимой степени овализации труб по СН 550-82 5%.

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 от пассивной формы в активную. Для пластмассовых труб отпор грунта засыпки является существенным фактором обеспечения долговременной стабильности круглой формы трубы.

В действующих отечественных нормативных документах прочностной расчёт пластмассовых труб приводится в СП 40-102-2000 [1] и СН 550-82 [2].

Прочностной расчёт сводится к выполнению неравенства (условия прочности):

$$\frac{\epsilon_p}{\epsilon_{pp}} + \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{pi}} \leq 1,0$$

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 – степень растяжения материала стенки трубы от внутреннего давления в трубопроводе;

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

$\epsilon_{рп}$ – предельно допустимая деформация растяжения материала в стенке трубы в условиях ползучести;
Значение ϵ_r определяется по формуле:

$$\epsilon_r = 4,27 \cdot K_{\sigma} \cdot (s / D) \cdot \psi \cdot K_{3\psi}$$

где:

K_{σ} – коэффициент постели грунта для изгибающих напряжений, учитывающий качество уплотнения; можно принимать равным: при тщательном контроле – 0,75, при периодическом контроле – 1,0, при отсутствии контроля – 1,5;

$K_{3\psi}$ – коэффициент запаса на овальность поперечного сечения трубы; принимается равным 1 для напорных и самотечных 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; Для труб из полимерных материалов значение ψ не должно превышать 0,05 (или 5%). В противном случае следует выбрать трубу с более высоким классом кольцевой жёсткости.

Таблица 16. Значения кольцевой жесткости оболочки трубы при различных степенях уплотнения грунта

Кольцевая жёсткость G_0 оболочки трубы, МПа	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

$$\psi_{гр} = K_{ок} \cdot \frac{K_T \cdot K_W \cdot K_{гр}}{K_{ж} \cdot K_0 + K_{гр} \cdot K_{гр}}$$

где $K_{ок}$ – коэффициент, учитывающий процесс округления овализованной трубы под действием внутреннего давления в трубопроводе (P , МПа):

$$K_{ок} = \frac{1}{1 + 2P / q_c \cdot \psi}$$

Для безнапорных трубопроводов $K_{ок} = 1$ (т.к. $P = 0$);

K_T – 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: при тщательном контроле – 0,09, при периодическом контроле – 0,11, при бесконтрольном ведении работ – 0,13;

$K_{ж}$ – 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 пазухах траншеи, МПа. Определяется соответствующими испытаниями, при отсутствии данных испытаний следует принимать по таблице 17:

Таблица 17. Значения кольцевой жесткости оболочки трубы при различных степенях уплотнения грунта

Категория грунта	Категория 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	17	5	16	26
Г - II	Пески мелкие	17,5	0,04	3,5	12	18
Г - III	Пески пылеватые, супеси	18	0,04	2,5	7,5	10
Г - IV	Суглинки полутвёрдые, тугомякие и текучепластичные	18	0,04	2	5,5	8
Г - V	Супеси и суглинки твёрдые	18,5	0,04	1,5	5	7,5
Г - VI	Глины	19	0,02	0,9	2,5	3,5

Для трубопроводов из полимерных материалов наиболее предпочтительными грунтами засыпки являются грунты категории Г-I.

$q_{гр}$ – 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 17;

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

G_0 – кратковременная кольцевая жёсткость оболочки трубы, МПа;

$$G_0 = 5,37 \cdot \frac{E_0 \cdot I}{(1 - \mu^2) / (D - s)^3}$$

где:

E_0 – кратковременный модуль упругости при растяжении материала, МПа

I – момент инерции сечения стенки трубы на единицу длины, см⁴/см;

Для профилированных труб момент инерции определяется из геометрических размеров профиля или экспериментально производителем труб (см. таблица 18).

Таблица 18. Моменты инерции и координаты центра тяжести профиля труб КОРСИС

Номинальный размер трубы DN/OD, мм	Класс кольцевой жёсткости	Момент инерции I , см ⁴ /см	Центр тяжести y , см
100	SN 6	0,016	0,31
	SN 8	0,019	0,3
125	SN 6	0,02	0,33
	SN 8	0,022	0,34
160	SN 6	0,029	0,4
	SN 8	0,032	0,4
200	SN 6	0,057	0,45
	SN 8	0,062	0,47
250	SN 6	0,075	0,44
	SN 8	0,081	0,46
315	SN 6	0,198	0,67
	SN 8	0,232	0,76

Таблица 18. Продолжение

Номинальный размер трубы DN/OD, мм	Класс кольцевой жёсткости	Момент инерции I, см ⁴ /см	Центр тяжести y, см
400	SN 6	0,385	0,85
	SN 8	0,435	0,93
500	SN 6	0,786	1,05
	SN 8	0,877	1,14
630	SN 6	2,315	2,14
	SN 8	2,795	2,32
800	SN 6	4,179	2,81
	SN 8	5,307	3,1
1000	SN 6	7,051	3,51
	SN 8	9,009	3,82
1200	SN 6	10,518	4,27
	SN 8	14,246	4,6

μ – коэффициент Пуассона материала трубы; приводится в нормативной документации. При температуре транспортируемой жидкости до 40 °С принимает значения: 0,42-0,44

s – толщина стенки трубы, см;

Для профилированных труб в расчёте следует использовать эквивалентную толщину стенки, определяемую из формулы:

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

D – наружный диаметр трубы, см;

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

$$D = D_{\text{вн}} + 2 \cdot y + s$$

где:

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

y – координата центра тяжести профиля стенки трубы, см; рассчитывается при определении момента инерции профиля стенки трубы (см. Табл. 16);

Относительное укорочение вертикального диаметра трубы под действием транспортной нагрузки:

$$\psi_T = K_{\text{ок}} \cdot \frac{K_y \cdot q_T}{K_{\text{ж}} \cdot G_0 + K_{\text{гр}} \cdot n \cdot E_{\text{гр}}}$$

где:

K_y – коэффициент уплотнения грунта в пазухах 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;

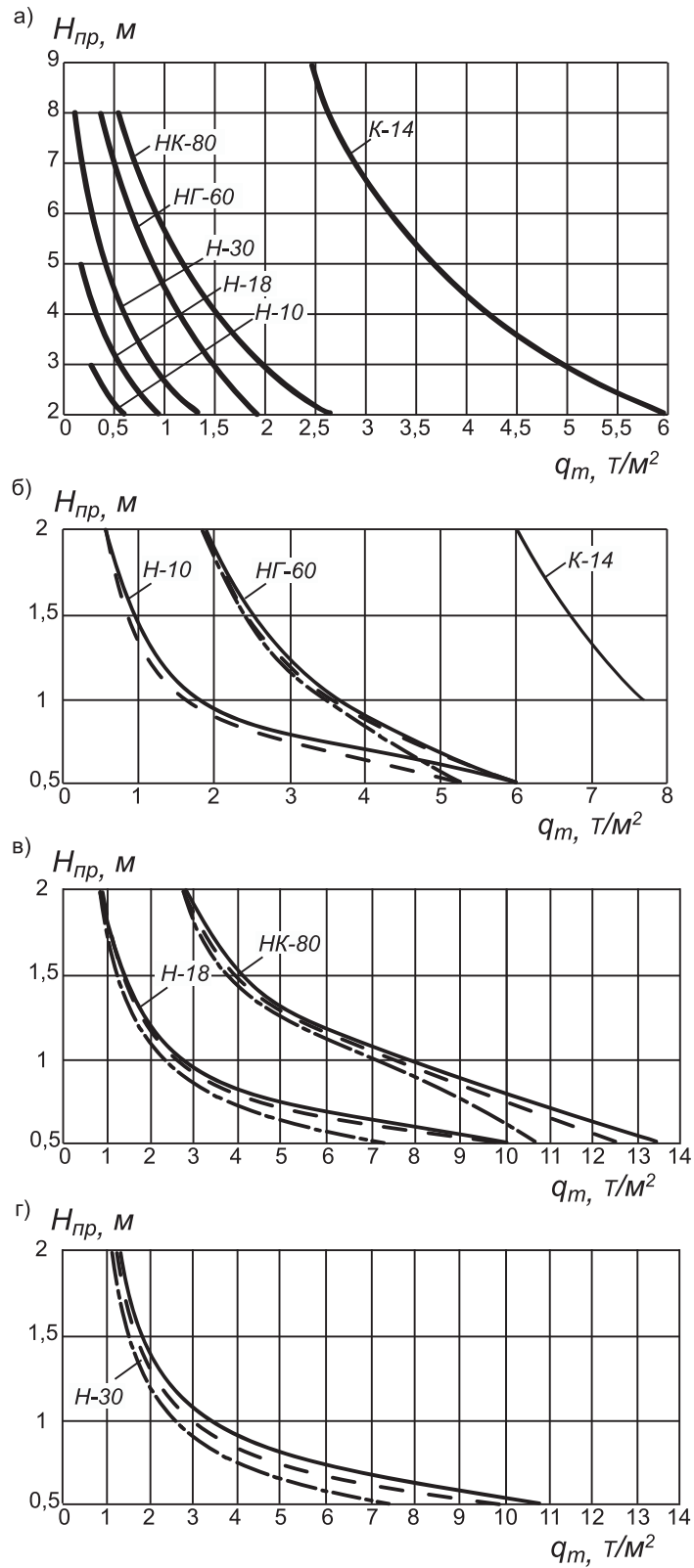


Рис. 12. Зависимость нормативного давления транспорта q_T , от глубины заложения трубопровода $H_{пр}$ при диаметре труб 110 мм (сплошные линии), при диаметре труб 500 мм (пунктирные линии) и при диаметре труб 1200 мм (штрихпунктирные линии)

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 (см. рис. 12) или по формуле:

$$q_T = G / F$$

Где:

G – нормативный вес ТС, кН (см. таблицу 19);

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

$$F = A \cdot B$$

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

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

где:

a и b – нормативные длина и ширина ТС, м (см. таблицу 19)

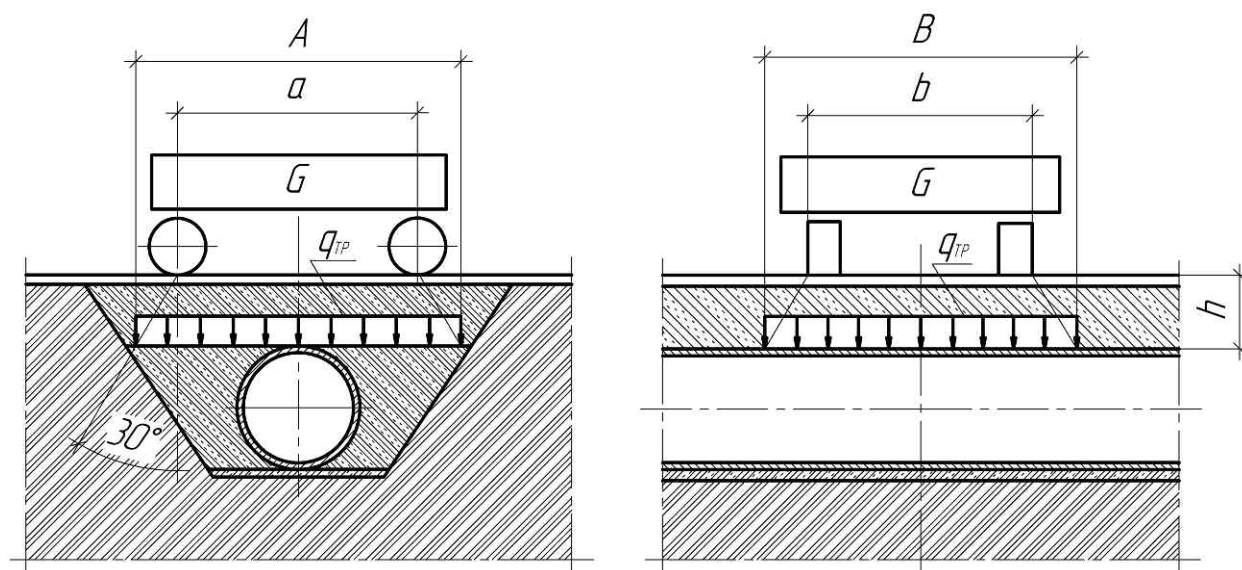


Рис. 13. Транспортная нагрузка на трубопровод

Таблица 19. Типы и параметры транспортной нагрузки

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

Суммарная внешняя нагрузка на трубопровод:

$$q_c = q_{гв} + q_T + q_{гв}, \text{ МПа}$$

где:

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

$\gamma_{гв}$ – удельный вес грунтовых вод, можно принимать равным 10 кН/м³

$H_{гв}$ – высота грунтовых вод над верхом трубы, м;

Степень сжатия материала стенки трубы от воздействия внешних нагрузок на трубопровод:

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

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

$$\epsilon_{pp} = \frac{\sigma_0}{E_T \cdot K_3}$$

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

$$\epsilon_{rp} = \frac{\sigma_0}{E_0 \cdot K_3}$$

где:

K_3 – коэффициент запаса, равный 1,25 – для труб КОРСИС;

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

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

Условие устойчивости:

$$\frac{K_{уг} \cdot K_{ов} \cdot \sqrt{n} \cdot E_{гр} \cdot G_T}{K_{зy}} \geq q_c$$

где:

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

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

$$K_{ов} = 1 - 0,7 \cdot \psi$$

G_T – длительная кольцевая жёсткость оболочки трубы, определяемая по формуле:

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

$K_{зy}$ – 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.

5. Монтаж трубопроводов КОРСИС

5.1. Соединение труб КОРСИС

Трубы КОРСИС можно легко и быстро соединить в раструб или с помощью муфты и специальных уплотнительных колец. Внутренний диаметр раструба/муфты должен соответствовать внешнему диаметру трубы с допусками, предусмотренными нормативной документацией.

Раструб или муфта имеют достаточную длину, которая позволяет вставить трубу внутрь на глубину трех шагов профиля с каждой стороны для обеспечения жесткости и соосности системы. В муфтовом соединении допускается угловое смещение труб относительно друг друга. Максимально допустимое угловое смещение в муфтовом соединении труб КОРСИС составляет:

2° для $DN < 315$ мм

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

1° для $DN > 630$ мм

Уплотнительные каучуковые кольца специальной конструкции устанавливаются между ребрами, причем уплотняющий профиль («язычок») резинового кольца должен быть направлен в сторону, противоположную направлению ввода трубы КОРСИС (рис. 14).

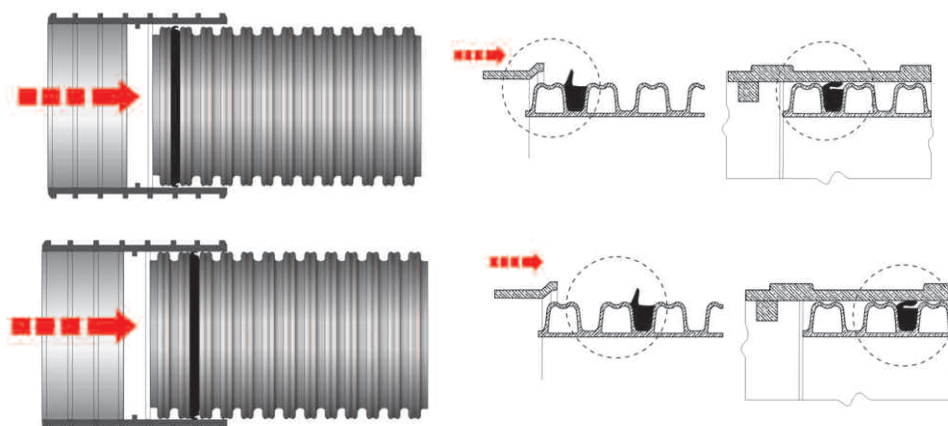


Рис. 14. Соединение труб КОРСИС

Уплотнительное каучуковое кольцо устанавливается в первом от торца углублении профиля для труб диаметром 250-1200 мм, для диаметров 110-200 мм – во втором от торца углублении. Края трубы, муфты и уплотнительные кольца при монтаже должны быть абсолютно чистыми.

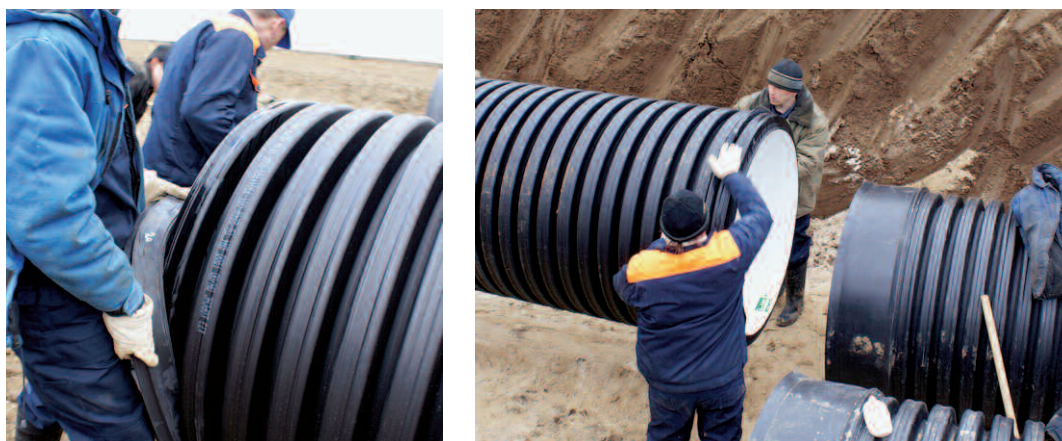


Рис. 15. Соединение трубы КОРСИС

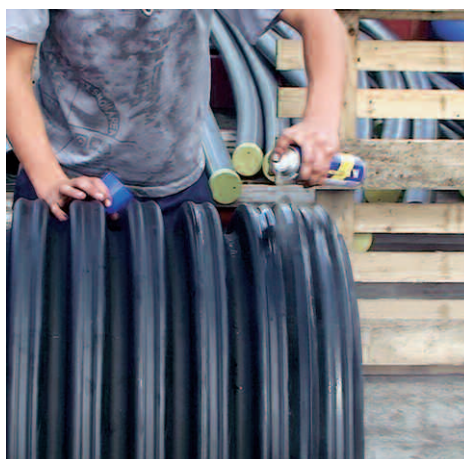


Рис. 16. Подготовка поверхностей для соединения

Прежде, чем устанавливать муфту, необходимо покрыть наружную поверхность трубы и внутреннюю поверхность муфты силиконовой водоотталкивающей смазкой (рис. 16). Установка соединительной муфты (ввод в раструб) осуществляется с постоянным и одинаково распределенным усилием, вручную для малых диаметров, или при помощи специальных приспособлений (рис. 17).



Рис. 17. Монтаж муфтового (раструбного) соединения с помощью специальных приспособлений (а – рычага, б – лебедочного механизма, в – ковша экскаватора)

Кроме обеспечения герметичности системы, подтвержденной лабораторными испытаниями, направленное наружу положение «язычка» каучукового кольца гарантирует стойкость к просачиванию грунтовых вод внутрь трубы.



Рис. 18. Обрезка труб Корсис.
Трубы КОРСИС отрезают перпендикулярно оси трубы по впадине гофра

При необходимости обрезать трубу в размер можно при помощи пилы с мелкими зубьями (рис. 18). Разрез вести перпендикулярно к продольной оси трубы по впадине между двумя ребрами двухслойной трубы так, чтобы в результате иметь ровный край. Место резки рекомендуется зачистить и выровнять для обеспечения минимального зазора при соединении труб в муфте. Не удаленная стружка может стать причиной потенциального скопления твердых включений транспортируемого потока. Нарезать фаску на отрезанном конце труб не требуется. Остатки труб с ровными зачищенными торцами также могут быть соединены между собой при помощи муфт.

5.2. Радиус изгиба и отклонение от прямолинейности

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

Необходимо избегать дополнительного напряжения в муфтовом соединении: угловое смещение выше допустимого, натяжения в соединениях.

5.3. Прокладка трубопровода КОРСИС на опорах

При проектировании трубопроводов КОРСИС, проложенных на эстакадах, кронштейнах и т.п., необходимо правильно рассчитывать расстояние между опорами, поскольку находящиеся между опорами секции трубы со временем деформируются (провисают). Опоры всегда должны устанавливаться под соединительными муфтами. Рекомендуемое допустимое значение величины прогиба не должно превышать 3% от расстояния между опорами.

Если рассмотреть зафиксированную на концах трубу КОРСИС под равномерной нагрузкой, то величина прогиба (мм) в середине трубы рассчитывается по формуле:

$$f_{\max} = \frac{1}{348} \cdot \frac{W_{\text{общ}} L^4}{E_c J}$$

где:

$W_{\text{общ}}$ – общая нагрузка трубы, Н/мм,

L – расстояние между опорами, м,

E_c – модуль изгиба, Н/мм²,

J – поперечный момент инерции трубы, мм⁴/мм.

5.4. Соединение труб КОРСИС сваркой встык

Одним из преимуществ системы КОРСИС является возможность соединения труб сваркой встык. Такая возможность обеспечивается достаточной толщиной стенки трубы e_4 между ребрами и шириной профиля. Используются те же методы сварки и сварочное оборудование, что и для обычных напорных полиэтиленовых труб. Поставщики сварочного оборудования вместе с оборудованием предоставляют таблицу значений рекомендованных параметров сварки – температуры, времени и давления. Для стыковой сварки труб КОРСИС обычно принимают значения для сварки напорных полиэтиленовых труб с малой толщиной стенки. Необходимо соблюдать осторожность во избежание контакта нагревателя с ребрами гофра.

Стандартный сварочный цикл для трубы КОРСИС включает следующую последовательность операций с определенным временным регламентом (Таблица 20).

Таблица 20. Рекомендуемый режим сварки труб КОРСИС

№ пп	Операция	Продолжительность
1	Предварительный нагрев	t_1 – до образования грата высотой $(0,5+0,1e_4)$, мм
2	Нагрев	$t_2 = 15e_4$, сек.
3	Технологическая пауза (удаление нагревателя)	$t_3 \leq 3+0,01Di$, сек.
4	Достижение давления сварки	$t_4 < 3+0,03Di$, сек.
5	Сварка	$t_5 > 3+e_4$, сек.
6	Охлаждение	t_6 – зависит от толщины стенки и внешней температуры

5.5. Прокладка трубопровода КОРСИС в существующих трубах (релейнинг)

Трубы КОРСИС возможно использовать при различных методах санации существующих трубопроводов.



Рис. 19. Санация ж/б трубопровода с использованием трубы КОРСИС.

Отрезки труб последовательно проталкиваются в трубопровод. В шахте/котловане перед входом в санируемую трубу осуществляется монтаж соединения (в раструб или через муфту) каждого последующего отрезка. Трубы должны иметь бандаж для скольжения по трубопроводу и для предотвращения всплытия при забутовке после прокладки (см. рис.19).

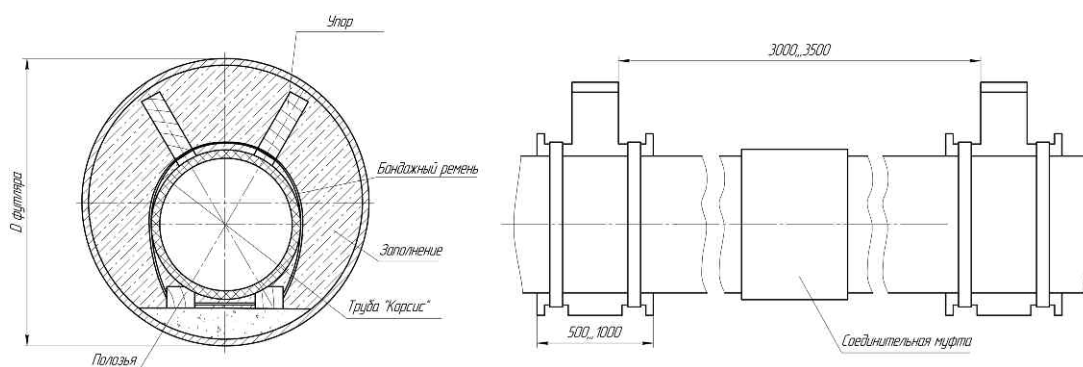


Рис. 20. Схема бандажа при санации

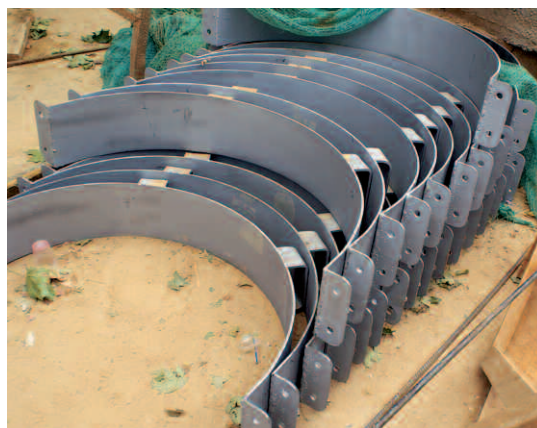


Рис. 21. Бандаж для ввода трубы Корсис 1000 мм в 1200 ж/б трубопровод.

5.6. Соединение труб КОРСИС с трубами других систем

Для соединения труб КОРСИС могут использоваться различные фитинги, в т. ч. тройники, отводы, переходы, заглушки (Рис.22)

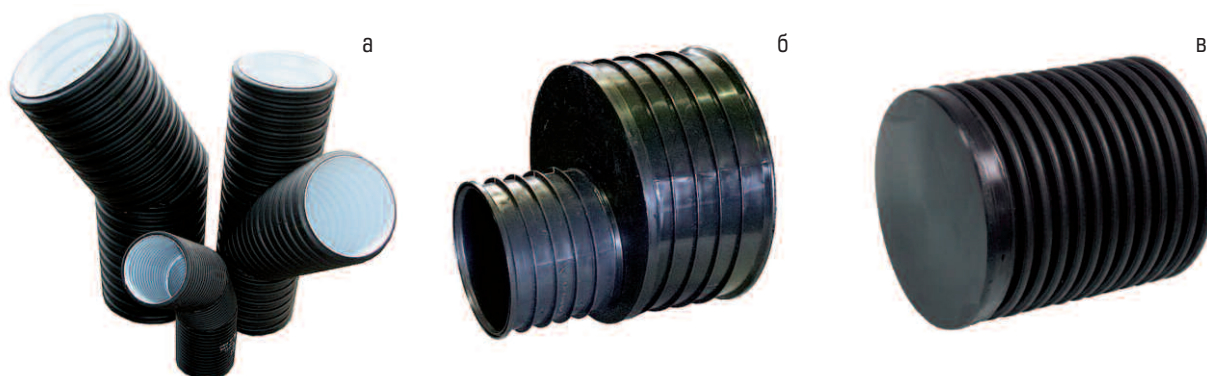


Рис. 22. Сварные фитинги для систем Корсис (а – отводы, тройник, б – переход, в – заглушка).

Для перехода на гладкие пластмассовые трубы выпускаются сварные переходы (рис. 23). С помощью такого перехода и втулки под фланец возможно соединение трубопровода КОРСИС со стальной трубой. Для соединения трубы КОРСИС с трубами из ПП или ПВХ используется специальных переход на гладкую трубу, показанный на схеме (рис. 24). Для выполнения указанного типа соединения предлагается следующий порядок выполнения работ:

- Осмотреть и очистить раструб трубы из ПП/ПВХ, муфту и свободный конец трубы КОРСИС.
- Вставить свободный конец трубы КОРСИС в раструб соединительной муфты, предварительно обработав его внутреннюю поверхность силиконовой смазкой.
- Смазать смазкой уплотнение в раструбе. Вставить безраструбный конец муфты в раструб трубы ПВХ.

Наиболее предпочтительным способом перехода, отвода, разветвления между ветками канализационной сети, в т.ч. из труб КОРСИС является использование смотровых колодцев.



Рис. 23. Переход сварной КОРСИС SN8 на ПЭ 80 SDR 13,6

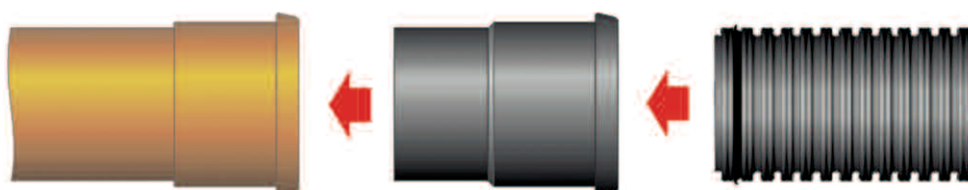


Рис. 24. Соединение труб КОРСИС (гладкий конец) с трубами из ПВХ/ПП

5.7. Соединение труб КОРСИС в колодцах



Рис. 25. Схема сборного колодца КОРСИС

При прокладке трубопроводов КОРСИС можно использовать стандартные бетонные колодцы или полиэтиленовые колодцы, основным преимуществом которых является герметичность и долговечность. Полиэтиленовые колодцы бывают двух типов: сборные и сварные.

Сборный колодец состоит из универсальных элементов: горловины, шахты колодца и лотка. Размеры сборных колодцев по наружному диаметру шахты могут быть трех типоразмеров 400 мм, 600-800 мм, 1000-1200 мм. Высота колодцев регулируется длиной вертикальной трубы КОРСИС (шахты) и может быть укорочена по месту при необходимости. Горловина выполняет роль конусного перехода с 1000 мм или 1200 мм на 620 мм, что значительно упрощает обустройство верхних частей колодцев и плит перекрытия. Для соединения деталей колодца используются специальные уплотнительные кольца, обеспечивающие водонепроницаемость сборной конструкции (Рис. 25).

Сварной колодец представляет собой конструкцию, изготовленную из отрезков трубы КОРСИС в заводских условиях по индивидуальному чертежу. Такие колодцы могут быть максимально адаптированы к требованиям заказчика. Они классифицируются на лотковые, безлотковые и инспекционные. Диаметр шахты сварного колодца может быть любым в диапазоне от 630 мм до 2200 мм (Рис. 27). Соединение патрубков колодца с трубой обычно осуществляется с помощью муфты (Рис. 28).



Рис. 26. Сборный колодец КОРСИС диаметром 1200 мм



Рис. 27. Сварной прямопроходной колодец 1600 мм высотой 5,7 м

КОРСИС

Монтаж трубопроводов КОРСИС



Рис. 28. Сварной угловой колодец Корсис

Соединение труб КОРСИС с колодцами из бетона осуществляется путем фиксации трубы в колодце с помощью цементного раствора. Конструктивная особенность труб КОРСИС – специальный профиль – обеспечивает надежность и герметичность такого соединения (Рис. 29). В месте соединения возможно применение веществ, повышающих адгезию «полиэтилен – бетон», например, жидкую резину. Отверстие в колодце должно иметь диаметр, максимально приближенный к внешнему диаметру трубы (Рис. 30). 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 КОРСИС одновременно с обустройством стен монолитного колодца, т. к. это может вызвать деформацию трубы под тяжестью не застывшего бетона. Схема ввода трубы КОРСИС в бетонный колодец изображена на рис. 31.



Рис. 29. Монтаж трубы КОРСИС в бетонном колодце



Рис. 30. Применение бетонных колодцев в системе труб КОРСИС

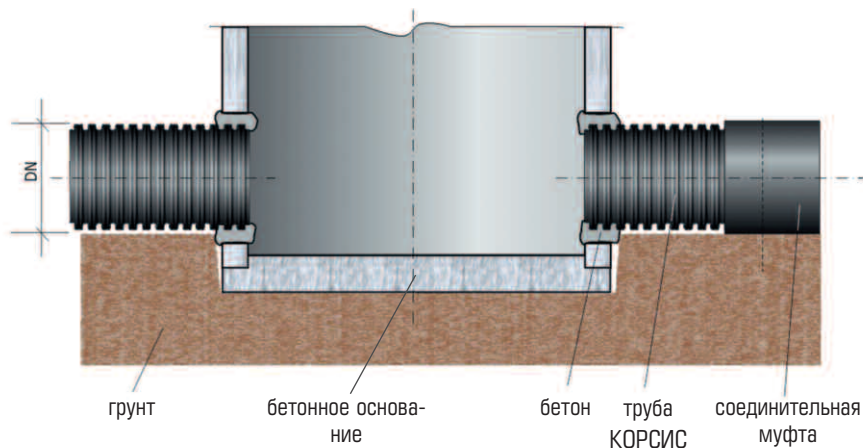


Рис. 31. Схема ввода трубы КОРСИС в бетонный колодец

5.8. Прокладка трубопроводов КОРСИС

Прокладку трубопроводов КОРСИС следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 3.01.01 и СП 40-102-2000.

Ширина траншеи по дну должна быть не менее чем на 40 см больше наружного диаметра трубопровода. При плотных и твердых грунтах на дне траншеи перед укладкой труб следует предусматривать постель из песка толщиной не менее 10 см. Монтаж с помощью муфтового соединения следует выполнять на дне траншеи; при сварке встык, как правило, на бровке траншеи.

Подбивка грунтом трубопровода производится ручным немеханизированным инструментом. Уплотнение грунта в пазухах между стенкой траншеи и трубой, а также всего защитного слоя следует проводить ручной механической трамбовкой до достижения коэффициента уплотнения, установленного проектом. Уплотнение первого защитного слоя толщиной 10 см непосредственно над трубопроводом производят ручным инструментом.

На долговечность и надежность работы трубопровода КОРСИС существенно влияет правильное уплотнение грунта, в т.ч., в пазухах трубы. Зоны уплотнения грунта при обратной засыпке траншеи показаны на рисунке 32.

Монтаж трубопроводов из труб КОРСИС должен производиться при температуре наружного воздуха не ниже минус 15⁰С. При более низкой температуре монтаж может быть разрешен только при наличии специальных технологических решений, официально утвержденных и согласованных с проектной организацией.

Для прокладки безнапорных трубопроводов из труб КОРСИС предусмотрено два способа опирания их на основание: плоское (рис. 33) и профилированное (рис. 34), а также два типа по подготовке оснований:

- грунтовое выровненное при прокладке трубопроводов в песчаных грунтах (кроме гравелистых) с расчетным сопротивлением R_0 не менее 0,1МПа;
- песчаная подготовка толщиной 150мм при прокладке трубопроводов в галечниковых песчаных грунтах, щебенистых, гравийно-галечниковых, скальных, обломочных, глинистых и т.п. грунтах с расчетным сопротивлением R_0 не менее 0,1МПа.

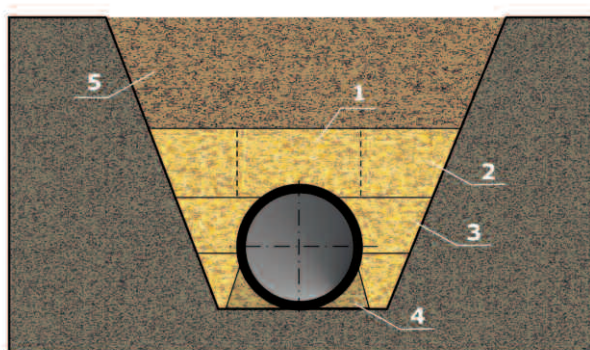


Рис. 32. Схема уплотнения грунта при засыпке траншеи: 1 – зона над трубопроводом, где уплотнение грунта запрещается; 2, 3 – слой грунта, уплотненного ручными механизмами; 4 – слой грунта, уплотненного ручным немеханизированным инструментом; 5 – слой грунта, уплотненные механическими трамбовками

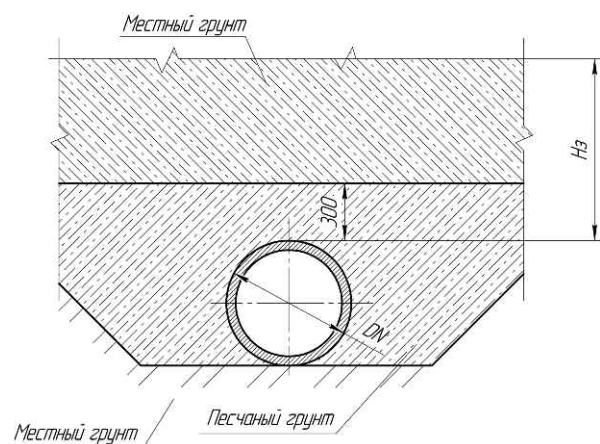


Рис. 33. Укладка труб КОРСИС на плоское основание

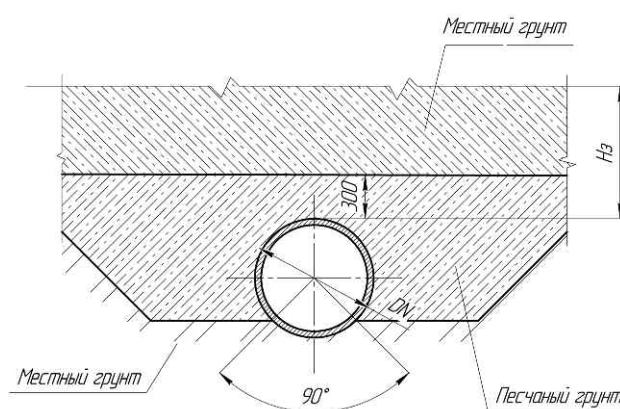


Рис. 34. Укладка труб КОРСИС на профилированное основание

При прокладке труб в водонасыщенных грунтах с расчетным сопротивлением R_0 не менее 0,1МПа со слабой водоотдачей предусматривается искусственное бетонное или втрамбованное в грунт щебеночное основание с устройством песчаной подготовки (рис. 35).

При прокладке труб в грунтах с расчетным сопротивлением R_0 не менее 0,1МПа, с возможной неравномерной осадкой, предусмотрено устройство искусственного железобетонного основания (рис. 36).

При прокладке трубопроводов в опасных для карстообразования зонах в тех случаях, когда возможно временное нарушение продольного уклона трубопровода с кратковременной работой на отдельных участках в напорном режиме, следует применять трубы класса жесткости G8 (SN8) с увеличенной длиной заведения труб в колодцы.

В зависимости от требуемой несущей способности труб предусмотрены следующие требования по виду и степени уплотнения грунта засыпки пазух траншей, до уровня верх трубы +0,3м (0,3м – защитный слой):

- засыпка местным грунтом с послойным разравниванием и уплотнением с повышенной степенью, которая характеризуется удельным весом уплотненного грунта 15кН/м³ – для песчаных грунтов и супесей, 16кН/м³ для суглинков и глин ($K_{com} \geq 0,92$),
- засыпка песчаным грунтом с уплотнением до $K_{com} \geq 0,95$.

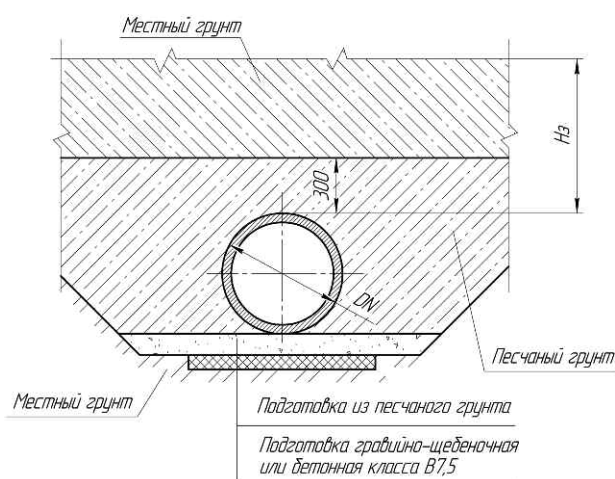


Рис. 35. Укладка труб КОРСИС в водонасыщенных грунтах

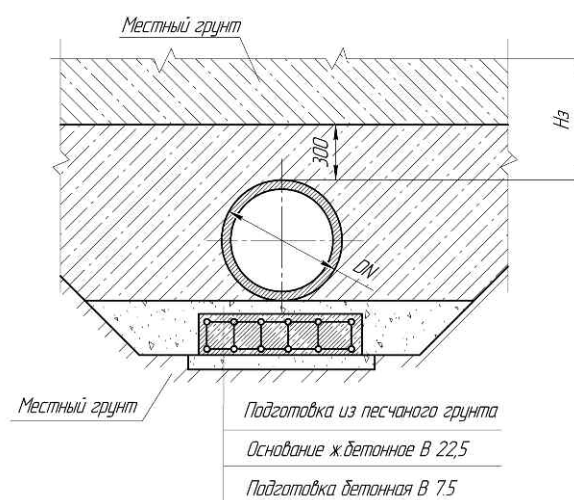


Рис. 36. Укладка труб КОРСИС в грунтах с неравномерной осадкой

Засыпка пазух траншей местным грунтом с неконтролируемой степенью уплотнения к применению не рекомендуется.

Защитный слой над трубами не должен содержать твердых частиц, комков крупностью более 20 мм, а также твердых включений в виде щебня, камней и т.п.

Уплотнение защитного слоя непосредственно над трубами должно производиться вручную. При применении песчаных грунтов уплотнение защитного слоя непосредственно над трубами допускается не производить.

Засыпка траншей поверх защитного слоя должна осуществляться местным грунтом в соответствии с требованиями проекта. При этом грунт засыпки не должен содержать твердых включений: комков, обломков строительных деталей и материалов крупностью более 200 мм.

Под местным грунтом подразумеваются грунты, вынутые из траншеи или имеющиеся на стройплощадке: песчаные, глинистые, за исключением твердых глин, природные песчано-гравийные смеси без крупных включений.

При укладке труб в траншеи под автомобильными дорогами, трамвайными путями, улицами, проездами, городскими и промышленными площадями, имеющими покрытие усовершенствованного типа, засыпка траншей на всю глубину до низа дорожной одежды должна производиться песчаным грунтом, преимущественно крупным или средней крупности, с послойным уплотнением.

Степень уплотнения грунта засыпки следует принимать в соответствии со СНиП2.05.02-85, но не менее $K_{com} \geq 0,95$.

Определение степени уплотнения грунта (удельный вес грунта в сухом состоянии или коэффициента его уплотнения) следует производить отбором проб с обеих сторон трубопровода не реже, чем через 30-50 м, но не менее двух проб на участ-

ке между колодцами, и оформлять актами на скрытые работы.

Методы засыпки и уплотнения грунтов засыпки, а также применяемые при этом механизмы должны обеспечивать сохранность труб и исключать возможность их смещения.

При восстановлении существующих ветхих трубопроводов, при прокладке в футлярах и тоннелях, где межтрубное пространство должно заполняться цементным раствором, необходимо разрабатывать проект крепления труб, для каждого случая индивидуально.

5.9. Прокладка трубопровода в водонасыщенных грунтах

Труба КОРСИС, 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 (анкерование, бетонирование трубы и т.д.).

6. Приемка работ

Сдача в эксплуатацию готовой сети из труб КОРСИС 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».

Испытания на герметичность следует проводить один раз как приемочное (окончательное) одним из следующих способов: – первым: определение объема воды, добавляемой в трубопровод, проложенный в сухих грунтах, а также в мокрых грунтах, когда уровень (горизонт) грунтовых вод у верхнего колодца расположен ниже поверхности земли более чем на половину глубины заложения труб, считая от люка шельги;

– вторым: определение притока воды трубопровод, проложенный в мокрых грунтах, когда уровень (горизонт) грунтовых вод у верхнего колодца расположен ниже поверхности земли менее чем на половину глубины заложения труб, считая от люка шельги.

Способ испытания устанавливается проектом.

Гидростатическое давление в трубопроводе при его окончательном испытании должно быть равно 0,04МПа (0,4 кг/см²)

Герметичность при приемочном испытании трубопровода определяется двумя способами:

– первый: по замеряемому в верхнем колодце объему добавляемой в мерные баки воды в течение 30 мин при этом понижение уровня воды в мерных бачках допускается не более, чем на 20 см в каждом;

– второй: по замеренному в нижнем колодце объему притекающей в трубопровод грунтовой воды.

Трубопровод признается выдержавшим приемочное испытание на герметичность, если определенные при испытании объемы добавленной воды по первому способу (приток грунтовой воды по второму способу) будут не более значения, рассчитанного по формуле

$$q = 0,03 \cdot D \text{ (л)}$$

на 10 м длины трубопровода за время испытания 30 мин. для диаметров до DN=500 мм, и

$$q = 0,2 + 0,03 \cdot D \text{ (л)}$$

для диаметров свыше DN=500 мм,

где: D – наружный диаметр трубопровода, дм.



Рис. 37. Уплотнение грунта

При увеличении продолжительности испытаний более 30 мин. величину допустимого объема добавленной воды (притока воды) следует увеличить пропорционально увеличению продолжительности испытаний.

Пневматические испытания трубопроводов, выполненных из полимерных материалов, производят при наземной и надземной их прокладке в следующих случаях: температура окружающего воздуха ниже 0°C; применение воды недопустимо по техническим причинам; вода в необходимом для испытаний количестве отсутствует.

Порядок пневматических испытаний трубопроводов из полимерных материалов и требования безопасности при испытаниях устанавливаются проектом.

Предварительные и окончательные испытания самотечных канализационных сетей из труб КОРСИС большого диаметра допускается производить пневматическим способом. Предварительные испытания проводят до окончательной засыпки траншеи (сварные соединения грунтом не засыпают). Испытательное давление сжатого воздуха, равное 0,05 МПа, поддерживают в трубопроводе в течение 15 мин. При этом осматривают сварные, клеевые и другие стыки и выявляют неплотности по звуку просачивающегося воздуха, по пузырям, образующимся в местах утечки воздуха через стыковые соединения, покрытые мыльной эмульсией.

Окончательные испытания пневматическим способом проводят при уровне грунтовых вод над трубой в середине испытываемого трубопровода менее 2,5 м. Окончательным пневматическим испытаниям подвергают участки длиной 20-100 м, при этом перепад между наиболее высокой и низкой точками трубопровода не должен превышать 2,5 м. Пневматические испытания проводят через 48 ч после засыпки трубопровода. Испытательное избыточное давление сжатого воздуха указано в таблице 21.

Таблица 21. Испытательное давление сжатого воздуха при пневматическом испытании самотечных канализационных трубопроводов

Уровень грунтовых вод, h от оси трубопровода, м	Испытательное давление, МПа		Перепад давления, p - p1, МПа
	избыточное начальное, p	Конечное, p1	
h = 0	0.01	0.07	0.003
0 < h < 0.5	0.0155	0.0124	0,0031
0.5 < h < 1	0.021	0.0177	0,0033
1 < h < 1.5	0.0265	0.0231	0.0034
1.5 < h < 2	0.032	0.0284	0.0036
2 < h < 2.5	0.0375	0.0338	0.0037

7. Транспортировка, складирование и хранение труб КОРСИС

Все трубы, соединения и специальные фитинги должны иметь маркировку или бирки (наклейки, рис. 38), содержащие информацию о производителе, номинальном диаметре и классе жесткости. Каждая партия поставляемых труб проверяется перед отправкой. Перевозчик несет ответственность за доставку товара в надлежащем состоянии. В свою очередь получатель должен проверить получаемый товар. Убедиться в отсутствии брака и повреждений, которые могли возникнуть во время транспортировки.

При перевозке необходимо укладывать на ровную поверхность транспортных средств, предохранять от острых металлических углов и ребер платформы, трубы должны быть защищены от механических повреждений металлическими частями грузовика, такими как болты, цепи и т.д.; несвязанные трубы должны быть защищены от царапин путем установки прокладок из картона и досок, например, устанавливаемых под цепь, скрепляющую борта автомашины. Длина свисающих концов не должна превышать 1 м.

Трубы разного диаметра можно транспортировать друг в друге.

Изъятие телескопированных труб, производится при помощи вспомогательных средств, которые исключают повреждение труб. Во избежание продольного перемещения, перекатывания или падения при движении трубы должны быть надежно закреплены. Погрузку и разгрузку труб КОРСИС производят автопогрузчиками или вручную. При выполнении погрузочно-разгрузочных работ применяются мягкие стропы из полимерных материалов или мягкие монтажные полотенца, не оставляющие дефектов на трубах. При погрузочно-разгрузочных работах не допускается перемещение труб волоком. Сбрасывание труб с транспортных средств не допускается.

При хранении труб до 2-х месяцев высота штабеля должна быть не больше 3-х метров, свыше 2-х месяцев – не более 2-х метров. Для предотвращения самопроизвольного раскатывания труб следует устанавливать боковые опоры. Трубы в штабелях хранят на ровных площадках, очищенных от камней и острых предметов. Трубы с раструбами, укладывают раструбами в разные стороны таким образом, чтобы обеспечить полное касание части трубы без раструба.

При транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах необходимо соблюдать осторожность для предотвращения повреждений труб. При такелажных работах используют только мягкие стропы. Трубы необходимо складывать на ровную, твердую поверхность под навес с учетом требований противопожарной безопасности.

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.

Все соединительные детали, уплотнительные резиновые кольца должны храниться поштучно в горизонтальном положении, 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.



Рис. 38. Транспортировка труб КОРСИС

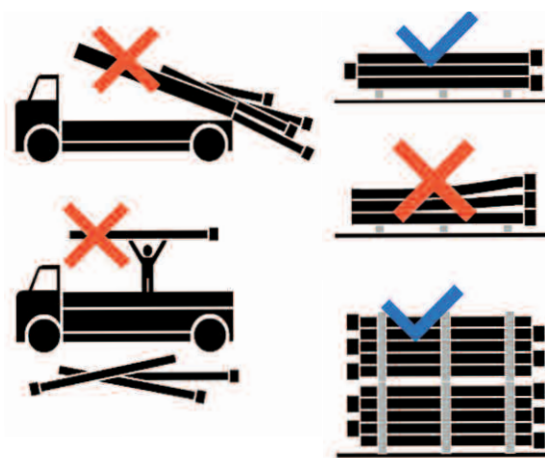


Рис. 39. Правила транспортирования и складирования труб КОРСИС