

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. Канализационные сети	2
1.2. Материалы для канализационных труб	2
1.3. Гибкость — преимущество пластмассовой трубы	3
1.4. Взаимодействие трубы и грунта	4
1.5. Канализационные трубы из термопластов	4
2. МАТЕРИАЛ	5
2.1. Технические характеристики материала	5
2.2. Химическая и электрохимическая стойкость	5
2.3. Износостойкость	8
2.4. Тепловое расширение	9
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКЦИИ	10
3.1. Конструкция, масса, классы, виды и размеры	10
3.2. Контрольные требования	12
3.3. Маркировка	12
4. РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДА КОРСИС	13
4.1. Гидравлический расчет	13
4.2. Расчет трубопровода при подземной прокладке	29
4.3. Продольная прочность	32
4.4. Радиус изгиба и отклонение от прямолинейности	32
4.5. Прокладка на опорах	33
5. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ КОРСИС	34
5.1. Специальные изделия	34
5.2. Соединение труб КОРСИС	35
5.3. Резка труб КОРСИС	36
5.4. Соединение труб КОРСИС с трубами других систем и установка колодцев	36
5.5. Соединение труб КОРСИС сваркой встык	39
5.6. Стойкость к внутреннему давлению	39
6. ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ КОРСИС	40
6.1. Устройство траншеи	40
6.2. Категории уплотнения грунта и общая деформация	40
6.3. Рекомендации по прокладке	42
6.4. Установка трубопровода в водонасыщенных грунтах	42
6.5. Приемка работ	42
7. ТРАНСПОРТИРОВКА, СКЛАДИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	44
8. ЛИТЕРАТУРА	44

1. Общие сведения

1.1. Канализационные сети

При строительстве канализационной сети возможно использование труб из различных материалов при условии грамотного конструктивного решения, наличия надежного поставщика и осуществления правильного монтажа.

Требования, обычно предъявляемые к любым канализационным трубам, как правило, таковы:

- 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, в конечном счете, 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.

Очистка высоким давлением или механическими средствами может привести к повреждению некоторых типов соединений или даже к разрыву трубы.

Что касается 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.

Труба КОРСИС наилучшим образом отвечает всем указанным требованиям.

1.2. Материалы для канализационных труб

Исторически канализационные коллекторы представляли собой открытые каналы и сооружения из камня, кирпича или терракоты, позже канализационные системы стали строить из железобетонных труб. В середине XX века появилось новое решение — полимерные трубы.

Первые полимерные канализационные трубы изготавливались из ПВХ. Они были легкими и удобными в монтаже и, кроме того, доступными по цене. Но этот материал не всегда отвечал необходимым эксплуатационным параметрам, в первую очередь за счет повышенной хрупкости и низкой морозостойкости.

В гораздо большей степени им соответствует полиэтилен, обладающий оптимальной стойкостью к сточным водам и агрессивным средам. Впоследствии 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».

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 столь сложных общественных сооружений.

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.

1.3. Гибкость – преимущество пластмассовой трубы

Первое, что необходимо себе четко представлять, говоря о канализационных трубах, это различие между жесткими и гибкими трубами.

Жесткими считаются трубы, которые не выдерживают горизонтальной или вертикальной деформации без повреждений. К жестким трубам причисляются те, повреждение которых вызывает деформация, равная 0,1%, а к полужестким – выдерживающие деформацию в пределах 3%.

В гибких трубах внешняя нагрузка, вызывающая деформацию более 3%, не приводит к повреждению трубы. Краткая и долговременная деформация может достигать высоких значений, что оказывает влияние на эксплуатацию трубы, но при этом не приводит к ее разрушению.

К жестким трубам относятся трубы из бетона, асбестоцемента, серого чугуна и керамики, в то время как гибкие трубы, как правило, изготавливаются из пластмассы.

Показатель кольцевой жесткости или стойкость к овализации является одним из основных параметров классификации гибких труб. Этот параметр зависит от геометрических размеров трубы и модуля упругости материала. Кольцевая жесткость трубы рассчитывается по следующей формуле:

$$SN = E / D_m^3, \text{ МПа} \quad (1.1)$$

где:

E – модуль упругости материала трубы, Па;

D_m – наружный диаметр трубы, мм;

I – момент инерции стенки трубы на метр длины, $\text{м}^4/\text{м}$.

Говоря о канализационных трубах, под гибкостью подразумевают способность трубы деформироваться в плоскости ее поперечного сечения. При оценке жесткости основным параметром является модуль упругости материала. Значения модуля упругости E материалов, используемых для производства труб, составляют:

- асбестоцемент $E = 2,5 \cdot 10^4$ МПа;
- бетон $E = 3 \cdot 10^4$ МПа;
- керамика $E = 5 \cdot 10^4$ МПа;
- чугун $E = 10 \cdot 10^4$ МПа;
- ковкий чугун $E = 17 \cdot 10^4$ МПа;
- ПВХ $E = 3,6 \cdot 10^3$ МПа (среднее значение);
- ПЭ (ПВП) $E = 1 \cdot 10^3$ МПа.

Высокое значение модуля упругости E во многих случаях означает «ломкость» материала, если последний не обладает высокими значениями показателя ударной вязкости, такими как у полиэтилена.

Другим элементом, определяющим кольцевую жесткость, является момент инерции стенки трубы I . Для получения достаточной кольцевой жесткости для труб с данным значением E необходимо увеличить момент инерции стенки трубы

$$I = s^3 / 12 \quad (1.2)$$

где s – толщина стенки трубы, м.

В нашем случае обеспечение кольцевой жесткости достигается за счет геометрии внешней стенки трубы КОРСИС (в отличие от обычных напорных полиэтиленовых труб, где увеличение момента инерции подразумевает увеличение толщины стенки, а значит, большой вес трубы и значительные затраты сырья для ее производства).

1.4. Взаимодействие трубы и грунта

Любой трубопровод, уложенный в траншею или проложенный под насыпью, испытывает внешние нагрузки, вызванные весом грунта, статической или динамической нагрузкой проходящего над траншеей или вблизи нее транспорта.

Все трубопроводы, проложенные в траншее и подверженные внешним нагрузкам, вступают во взаимодействие с засыпным материалом и стенками траншеи. На практике это означает, что «окружающий грунт + стенки траншеи» удерживают трубу от деформации.

Методы анализа и расчета различны для жестких и гибких труб. На практике деформации жестких труб не происходит, за исключением случаев разрыва трубы. Положительное влияние грунта можно рассматривать как эффективное снижение нагрузки на стенки трубы в результате бокового отпора грунта. Оседание грунта вокруг трубы у жестких и гибких труб происходит по-разному (рис. 1).

Деформация гибких труб может достигать существенных значений. Противодействие грунта ведет к более равномерному распределению нагрузки. В результате этого эффективная нагрузка на трубу и ее деформация уменьшаются.

Таким образом, для ограничения деформации до приемлемых значений необходимо обеспечить достаточное уплотнение грунта засыпки непосредственно вокруг трубы.

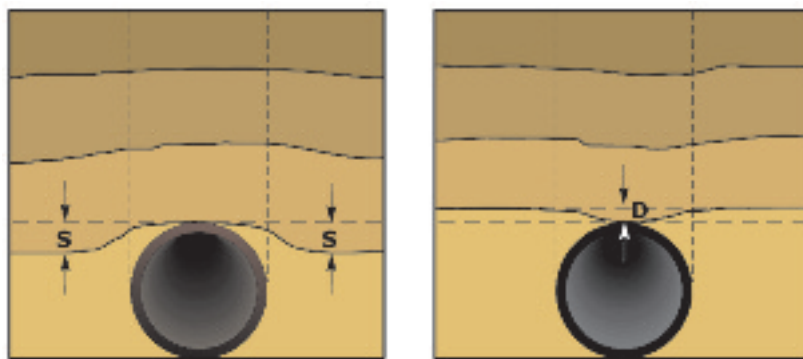


Рис. 1. Оседание грунта вокруг жесткой (слева) и гибкой (справа) трубы

1.5. Канализационные трубы из термопластов

Трубы из термопластов (ПВХ, ПЭ и ПП) отличаются хорошей стойкостью к агрессивным химическим средам и имеют низкие значения абсолютной шероховатости. Трубы с профилированной стенкой имеют гофрированную внешнюю и гладкую внутреннюю стенки.

В настоящее время в Европе проводится работа по совершенствованию стандарта EN 13476-1 «Системы труб из термопластов для безнапорных подземных дренажных и канализационных систем — системы труб со структурированной стенкой непластифицированные (ПВХ, ПВХ-У), полипропиленовые (ПП) и полиэтиленовые (ПЭ) — Часть 1: Технические условия и требования для труб, фитингов и систем» [1]. Этим стандартом предусматриваются различные типы трубных стенок и проводится размерное нормирование внутренних и внешних диаметров.

В соответствии с ТУ 2248-001-73011750-2005 [2] предусматриваются экспериментально установленные классы жесткости SN 2, SN 4, SN 8. Для каждой категории труб проводятся тесты и испытания для определения следующих характеристик: кольцевая гибкость при 30% деформации, ползучесть материала в длительном режиме испытаний, герметичность соединений, стойкость к прогреву при температуре $(110 \pm 2)^\circ\text{C}$

Согласно [2] нормируются геометрические размеры труб КОРСИС: внешний диаметр, устанавливается минимальная толщина внутренней стенки, описывается процедура измерений.

2. Материал

2.1. Технические характеристики материала

Полиэтилен, используемый для производства труб КОРСИС, должен иметь как можно более высокий модуль упругости и высокую стойкость к растрескиванию под воздействием возникающих в стенке трубы напряжений и возможного воздействия транспортируемых поверхностно-активных веществ.

Данные требования обеспечиваются за счет использования полиэтилена высокой плотности.

Стойкость полиэтиленовых труб к растрескиванию оценивают путем испытания труб на стойкость к внутреннему давлению при температуре 80°C при контрольном измерении 165 часов для напряжения в стенке трубы 3,9 МПа и 1000 часов — для напряжения 2,8 МПа. Эти контрольные уровни параметров испытаний близки к уровням, предписанным для напорных труб, и обеспечивают надежную эксплуатацию канализационных труб в течение принятого срока эксплуатации — 50 лет.

Для защиты наружного слоя труб от атмосферного воздействия в процессе хранения, в первую очередь, от ультрафиолетового излучения, используют композиции полиэтилена, содержащие 2-2,5% сажи, являющейся высокоэффективным светостабилизатором. В случае изготовления внутреннего слоя натурального или белого цвета в полиэтилен вводятся химические светостабилизаторы. Технические характеристики полиэтилена даны в Таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики полиэтилена

Плотность	кг 950 962
Индекс расплава	г/10 мин. 0,4-0,7
Предел текучести при растяжении	МПа 20-25
Относит. удлинение при разрыве	% > 600
Температура хрупкости	°C < -70
Модуль изгиба	МПа 1000-1200
Ударная прочность	кДж/м ² Нет разрыва
Коэффициент теплового расширения	мм/°C 0,17

2.2. Химическая и электрохимическая 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. Информацию по этому вопросу можно найти в документе ISO/TR 10358 и в ряде каталогов, издаваемых фирмами-изготовителями и потребителями полиэтилена (Таблица 2).

Таблица 2. Химическая стойкость полиэтилена высокой плотности (PE-HD), используемого для изготовления труб КОРСИС

Вещество	Формула	Концентрация, %	Т, °С	PE-HD	PE-MD	PP
Уксусная кислота	CH ₃ COOH	10	20	1	1	1
			60	1	1	1
Ацетон	CH ₃ -CO-CH ₃	100	20	2	2	1
			60	2	3	1
Аммиак (водный раствор)	NH ₃	<10	20	1	1	1
			60	1	1	
Аммиак (газ)	NH ₃	100	20	1	1	1
			60	1	1	
Аммиак (жидкий)	NH ₃	100	20	1	2	1
			30	1	2	
Сульфат аммония	(NH ₄) ₂ SO ₄	насыщ.	20	1	1	1
			60	1	1	1
Сульфид аммония	(NH ₄) ₂ S	>10	20	1	1	
			60	1	1	
Хлорид бария	BaCl ₂		20	1	1	1
			60	1	1	1
Сульфат бария	BaSO ₄		20	1	1	1
			60	1	1	
Бензин			20	1	2	3
			60	2	3	3
Бензол	C ₆ H ₆	100	20	2	3	2
			60	3	3	3
Карбонат кальция	CaCO ₃		20	1	1	1
			60	1	1	1
Хлорат кальция	Ca(ClO ₃) ₂		20	1	1	1
			60	1	1	1
Хлорид кальция	CaCl ₂		20	1	1	
			60	1	1	
Гидроксид кальция	Ca(OH) ₂		20	1	1	1
			60	1	1	1
Нитрат кальция	Ca(NO ₃) ₂		20	1	1	1
			60	1	1	1
Сульфат кальция	CaSO ₄		20	1	1	
			60	1	1	
Одноокись углерода	CO	100	20	1	1	
			60	1	1	
Тетрахлорид углерода	CCl ₄	100	20	2	3	3
			60	3	3	3
Каустическая сода	NaOH	>10	20	1	1	1
			60	1	1	1
Хлор (водный раствор)	Cl ₂		20	2	3	1
			60	3	3	2
Циклогексанол	C ₆ H ₁₁ OH	100	20	1	2	1
			60	2	3	3
Этанол	C ₂ H ₅ OH	40	20	1	1	1
			60	2	2	1
Этиленгликоль	ОНСН ₂ СН ₂ ОН	100	20	1	1	1
			60	1	1	1

Таблица 2.

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

Таблица 2.

Вещество	Формула	Концентрация, %	T, °C	PE-HD	PE-MD	PP
Перманганат калия	KMnO ₄	20	20	1	1	1
			60	1	1	
Хлорид натрия	NaCl		20	1	1	1
			60	1	1	1
Нитрат натрия	NaNO ₃		20	1	1	1
			60	1	1	1
Нитрит натрия	NaNO ₂		20	1	1	
			60	1	1	
Ортофосфат натрия	Na ₃ PO ₄		20	1	1	
			60	1	1	
Сульфит натрия	Na ₂ SO ₃		20	1	1	1
			60	1	1	
Сульфат натрия	Na ₂ SO ₄		20	1	1	1
			60	1	1	1
Серная кислота	H ₂ SO ₄	10	20	1	1	1
			60	1	1	1
Серная кислота	H ₂ SO ₄	50	20	1	1	1
			60	1	1	1
Серная кислота	H ₂ SO ₄	98	20	1	2	2
			60	3	3	3
Триэтаноламин	N(CH ₂ CH ₂ OH) ₃	> 10	20	1	1	1
			60	2	1	
Хлорид цинка	ZnCl ₂		20	1	1	1
			60	1	1	1
PE-HD = Полиэтилен высокой плотности PE-MD = Полиэтилен средней плотности PP = Полипропилен				Обозначения: 1 = устойчив 2 = ограниченно устойчив 3 = неустойчив		

2.3. Износостойкость

Сопротивление истиранию и эрозионная стойкость материала трубы, как с точки зрения механизмов воздействия абразива, так и положительной оценки экспериментальных результатов, является важным параметром при проектировании и долговременной эксплуатации трубопроводов, перемещающих жидкости с большим содержанием абразивных частиц. Эксперименты по оценке абразивного воздействия на системы ливневой или сточной канализации проводились с разными жидкостями и в различных условиях, и потому их результаты зачастую не сопоставимы друг с другом. Испытания обычно проводятся по двум направлениям: по количеству материала, изношенного трением за определенный период времени, и по времени, за которое происходит разрушение стандартной трубы. В канализационных системах абразивное истирание происходит, в основном, в нижнем сегменте трубы. Абразивное истирание возникает вследствие трения, перекатки или срезания перемещающимися абразивными частицами, турбулентности или ударов и сильнее в случае твердых, острых и неровных частиц. Типы механического повреждения внутренней поверхности трубы можно классифицировать следующим образом:

- вырезание: частица «вырезает» материал и уносится потоком, оставляя полость в материале;
- пропахивание: частица, внедряясь в поверхность трубы, захватывает часть материала и уносится потоком;
- прорезание: частица, как бритва, прорезает поверхность материала;
- разрушение: частица «разбивает» поверхность материала.

Как правило, механизмы повреждения поверхности различны и зависят от твердости и модуля упругости материала. Ряд исследований подтверждает, что механизмы осаждения и самоочищения в канализационных трубопроводах определенно имеют отношение к истиранию стенки трубы.

Результаты испытаний, а также реальные данные можно найти в соответствующей литературе; в связи с разнообразием параметров (тип и материал частицы, скорость осаждения, скорость потока, наличие смотровых колодцев, механические характеристики, первоначальная шероховатость внутренней поверхности трубы и т.д.) трудно прийти к однозначному выводу.

Полиэтилен при прочих равных условиях демонстрирует более высокое сопротивление истиранию по сравнению с другими материалами (Рис. 2), что было практически доказано во время испытаний, проведенных Институтом пластиче-

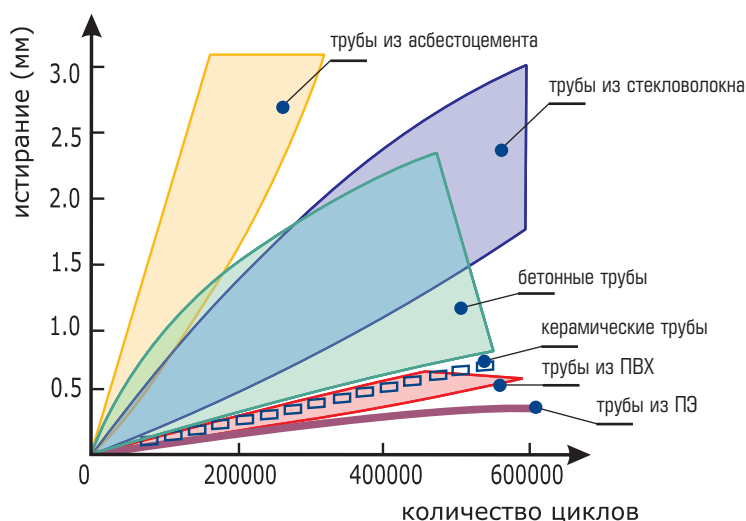


Рис. 2. Износоустойчивость различных материалов, применяемых в строительстве канализационных систем

ских масс в Дармштадте (Германия), а также подтверждено примерами работающих (действующих) трубопроводов, транспортирующих абразивные жидкие среды.

Результаты теста по определению времени, необходимого для уноса определенного количества материала с внутренней стенки при одинаковых параметрах потока жидкости (вода/ песок в соотношении 85%/15%, скорость 10 м/сек.) для труб из разных материалов представлены ниже и не требуют комментариев:

Бетон — 20 час.

Сталь — 34 час.

ПВХ — 50 час.

ПП — 85 час.

ПЭ — 100 час.

2.4. Тепловое расширение

Система двухслойных профилированных труб и фитингов из полиэтилена может эксплуатироваться в следующих рабочих тепловых режимах: для труб диаметром до 200 мм включительно рабочая температура должна составлять до 45°C, для труб большего диаметра — до 35°C, кратковременно до 80°C. Коэффициент линейного расширения для ПЭ обычно находится в пределах $(1,7 \div 2) \cdot 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$.

Расширение может являться существенным фактором, влияющим на условия прокладки, так как допущенные во время монтажа и засыпки ошибки могут привести к дополнительной нагрузке и деформации трубы или смещению и разгерметизации трубных соединений.

Таким образом, при прокладке и обратной засыпке трубопроводов необходимо постоянно учитывать эффект теплового расширения. Однако 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 $1 \cdot 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$.

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. Технические характеристики продукции

3.1. Конструкция, масса, классы, виды и размеры

Конструкция трубы приведена на Рис. 3. Размеры труб, в том числе для различных классов номинальной кольцевой жесткости SN, приведены в Таблице 3.

Благодаря использованию современных разработок, труба КОРСИС имеет специальный профиль с «двухарочной» формой гофра (Рис. 4).

Трубы выпускаются следующих классов кольцевой номинальной жесткости: SN2, SN4 и SN8.

Трубы изготавливаются следующих видов:

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

Расчетная масса труб приведена в Таблице 4.

Таблица 3. Размеры труб КОРСИС, мм

Номинальный наружный диаметр DN/OD	Пред. откл.	Внутренний диаметр di	Высота гофра e _c		Толщина стенки гофра e ₃ , не менее, для но- минальной коль- цевой жесткости		Толщина стенки внутр. слоя e ₅ , не менее	Толщина стенки e ₄	Шаг гофра t	Ширина выступа гофра l
			номи- нальная	пред. откл.						
					SN 4	SN 8				
110	+0,4 −0,6	92,5	8,75	±0,8	—	0,5	1,0	1,1	12	6,5
125	+0,4 −0,7	107	9,0	±0,9	—	0,5	1,0	1,1	12,5	6,5
160	+0,5 −0,9	138	11	±1,0	—	0,5	1,0	1,2	13,1	6,5
200	+0,6 −1,2	176	13,0	±1,0	0,7	0,8	1,1	1,4	16,5	8,5
250	+0,8 −1,5	216	15,0	±1,5	0,8	1,0	1,4	1,7	37	23
315	+1,0 −1,8	271	21,0	±1,5	1,0	1,5	1,6	1,9	42	27
400	+1,2 −2,4	343	26,0	±1,5	1,0	1,8	2,0	2,3	49	30
500	+1,4 −2,8	427	33,0	±1,5	1,1	1,9	2,8	2,8	58	38
630	+1,6 −3,2	535	45,0	±2,0	1,1	1,9	3,3	3,3	75	47
800	+2,0 −4,0	678	61,0	±2,0	1,7	2,7	4,1	4,1	89	56
1000	+2,4 −4,8	851	75,0	±2,0	1,8	2,8	5,0	5,0	98	60
1200	+2,8 −5,6	1030	85,0	±2,0	2,0	3,0	5,0	5,0	110	80

Таблица 4. Расчетная масса 1 м труб

Номинальный размер DN/OD	Расчетная масса 1 м труб, кг	
	SN 4	SN 8
125	1,0	1,2
160	1,5	2,1
200	1,8	2,5
250	2,9	3,7
315	4,6	5,7
400	7,0	8,7
500	12,0	13,2
630	17,7	20,3
800	24,5	33,1
1000	40,5	51,7
1200	56,0	66,9

Трубы выпускаются в прямых отрезках длиной 6 и 12 метров, предельное отклонение длины от номинальной не более 1%. Допускается по согласованию с потребителем изготовление труб другой длины.

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.

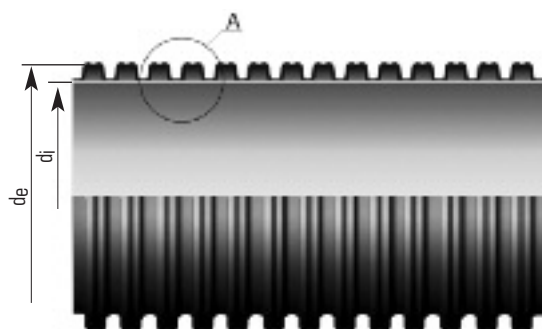


Рис. 3. Конструкция трубы КОРСИС

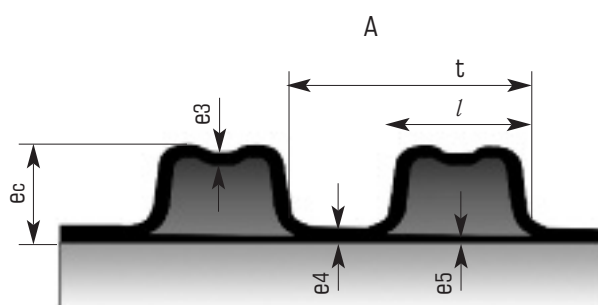


Рис. 4. Профиль типа «Кремлёвская стена»

3.2. Контрольные требования

Трубы соответствуют контрольным требованиям, указанным в Таблице 5.

Таблица 5. Контрольные требования

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	$\geq \text{SN } 2, \text{SN } 4, \text{SN } 8$
3. Кольцевая гибкость при 30%-ной деформации de	Отсутствие на испытуемом образце: - 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 растружба 5 %, трубы 10 % 5.2. при угловом смещении соединения для труб: $de \leq 315 - 2,0^\circ$ $315 < de \leq 630 - 1,5^\circ$ $630 < de - 1,0^\circ$	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 ($-0,3 \text{ бар}$). Падение давления до $\leq -27 \text{ кПа}$ ($-0,27 \text{ бар}$) 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 ($-0,3 \text{ бар}$). Падение давления до $\leq -27 \text{ кПа}$ ($-0,27 \text{ бар}$) в течение 15 мин
6. Стойкость к проgreву при температуре $(110 \pm 2)^\circ\text{C}$	Отсутствие расслоений, трещин, пузырей. По ГОСТ 27077 и п.4.8 ТУ 2248-001-73011750-2005

3. 3. Маркировка

Маркировку наносят на поверхность трубы вдоль гофра методом цветной печати или другим способом, обеспечивающим ее сохранность и не ухудшающим качество трубы, на расстоянии не более 3,0 м вдоль трубы, при необходимости маркировку наносят в виде ярлыка, защищенного полимерной пленкой, наклеиваемого на внутреннюю или наружную поверхность трубы. Допускается наносить маркировку вдоль оси трубы.

Маркировка должна включать наименование предприятия-изготовителя и/или 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.

4. Расчет трубопровода КОРСИС

4.1. Гидравлический расчет

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» [3] и СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования» [4].

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

$$R = \omega/\chi, \quad (4.1.1)$$

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 6.

Таблица 6. 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 7:

Таблица 7. 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 [6]:

$$i_{\min} = a_i/d, \quad (4.1.2)$$

где: d – диаметр трубопровода в мм;

a_i – коэффициент, принимаемый по рекомендациям [6].

Значения d и a_i представлены в таблице 8:

Таблица 8. 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 9.

Таблица 9. 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 10 представлены эти рекомендации [5].

Таблица 10. 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 [3-7] самоочищающей скорости указаны в таблице 11.

Таблица 11. 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 [8] формулы расхода

$$q = \omega \cdot v \quad (4.1.3)$$

и [9] формулы Дарси для определения гидравлического уклона

$$i = \frac{\lambda_n}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.1.4)$$

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);

λ_n – коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб.

Экспериментальные гидравлические исследования, выполненные в России [5] 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 возрастать 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 12.

Таблица 12. 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 [5, 7, 8], используя значения параметра k , представленные в таблице 12, по формуле:

$$\lambda_n = k \cdot \lambda_r \quad (4.1.5)$$

где λ_r – коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб.

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

$$Re = v \cdot 4R / \nu, \quad (4.1.6)$$

где v – средняя скорость потока (м/с);

R – гидравлический радиус (м);

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

Для расчета коэффициента λ_r существует несколько разных методик [4, 5, 8]. При наших условиях коэффициент λ_r рекомендуется определять по формуле Блазиуса:

$$\lambda_r = 0,3164 / Re^{0.25} \quad (4.1.7)$$

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 13.

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 13 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 Таблицах 9 и 11, 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 13, 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 13.

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 $q = 423,7$ л/с при скорости $v = 1,37$ 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 $q = 566,9$ л/с и скорость $v = 1,83$ м/с.

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

$$q = 423,7 + (566,9 - 423,7) \frac{0,0023 - 0,0015}{0,0025 - 0,0015} = 538,3 \text{ л/с}$$

$$v = 1,37 + (1,83 - 1,37) \frac{0,0023 - 0,0015}{0,0025 - 0,0015} = 1,74 \text{ м/с}$$

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

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



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

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

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

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

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

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

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

DN/OD = 800 мм

условный проход d = 678 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	6.61	0.351	28.85	0.561	65.58	0.720	109.72	0.814	158.93	0.880	208.32	0.921	254.35	0.942	296.01	0.956	322.40	0.942	300.09	0.831
0.0009	7.07	0.376	30.86	0.600	70.13	0.770	117.34	0.870	169.98	0.942	222.79	0.985	272.02	1.008	316.58	1.022	344.80	1.008	320.94	0.889
0.0010	7.50	0.399	32.77	0.638	74.48	0.817	124.61	0.924	180.50	1.000	236.59	1.046	288.87	1.070	336.19	1.086	366.16	1.070	340.81	0.944
0.0011	7.92	0.421	34.60	0.673	78.64	0.863	131.57	0.976	190.59	1.056	249.81	1.105	305.01	1.130	354.97	1.146	386.61	1.130	359.85	0.997
0.0012	8.32	0.443	36.36	0.707	82.64	0.907	138.26	1.025	200.28	1.109	262.51	1.161	320.52	1.187	373.02	1.205	406.28	1.187	378.16	1.047
0.0013	8.71	0.463	38.06	0.740	86.50	0.949	144.72	1.073	209.64	1.161	274.78	1.215	335.49	1.243	390.45	1.261	425.26	1.243	395.82	1.096
0.0014	9.09	0.483	39.70	0.772	90.23	0.990	150.97	1.119	218.69	1.211	286.64	1.267	349.98	1.297	407.30	1.315	443.61	1.296	412.91	1.144
0.0015	9.45	0.503	41.29	0.803	93.85	1.030	157.03	1.164	227.46	1.260	298.14	1.318	364.02	1.349	423.65	1.368	461.42	1.348	429.48	1.190
0.0016	9.81	0.522	42.84	0.834	97.37	1.069	162.91	1.208	235.99	1.307	309.32	1.368	377.67	1.399	439.53	1.419	478.72	1.399	445.58	1.234
0.0017	10.15	0.540	44.35	0.863	100.80	1.106	168.65	1.250	244.29	1.353	320.20	1.416	390.96	1.448	455.00	1.469	495.56	1.448	461.26	1.278
0.0018	10.49	0.558	45.82	0.892	104.14	1.143	174.23	1.292	252.39	1.398	330.81	1.463	403.91	1.496	470.07	1.518	511.98	1.496	476.54	1.320
0.0019	10.82	0.575	47.25	0.919	107.40	1.179	179.69	1.332	260.29	1.442	341.17	1.509	416.56	1.543	484.79	1.566	528.01	1.543	491.46	1.361
0.0020	11.14	0.593	48.65	0.947	110.59	1.214	185.02	1.372	268.02	1.485	351.30	1.553	428.93	1.589	499.18	1.612	543.68	1.589	506.05	1.402
0.0025	12.65	0.673	55.26	1.075	125.60	1.379	210.13	1.558	304.39	1.686	398.97	1.764	487.14	1.805	566.93	1.831	617.47	1.804	574.73	1.592
0.0030	14.04	0.747	61.31	1.193	139.36	1.530	233.16	1.729	337.75	1.871	442.69	1.957	540.52	2.002	629.05	2.032	685.13	2.002	637.71	1.766
0.0035	15.33	0.815	66.95	1.303	152.17	1.670	254.59	1.888	368.78	2.043	483.38	2.137	590.19	2.186	686.86	2.218	748.09	2.186	696.31	1.929
0.0040	16.54	0.880	72.24	1.406	164.21	1.802	274.73	2.037	397.97	2.205	521.62	2.306	636.89	2.359	741.21	2.394	807.29	2.359	751.41	2.081
0.0050	18.79	0.999	82.05	1.597	186.49	2.047	312.02	2.313	451.98	2.504	592.42	2.619	723.32	2.680	841.80	2.719	916.85	2.679	853.39	2.364
0.0060	20.85	1.109	91.04	1.771	206.93	2.271	346.21	2.567	501.50	2.778	657.33	2.906	802.58	2.973	934.05	3.017	1017.32	2.973	946.90	2.623
0.0070	22.76	1.211	99.41	1.934	225.94	2.480	378.02	2.803	547.59	3.033	717.74	3.174	876.34	3.247	1019.88	3.294	1110.80	3.246	1033.92	2.864
0.0080	24.56	1.306	107.27	2.087	243.82	2.676	407.93	3.025	590.92	3.273	774.53	3.425	945.68	3.503	1100.58	3.554	1198.70	3.503	1115.73	3.090
0.0090	26.27	1.397	114.72	2.232	260.76	2.862	436.28	3.235	631.97	3.501	828.35	3.663	1011.39	3.747	1177.05	3.801	1281.98	3.746	1193.25	3.305
0.0100	27.90	1.484	121.83	2.371	276.91	3.039	463.30	3.435	671.11	3.718	879.65	3.889	1074.02	3.979	1249.95	4.037	1361.38	3.978	1267.15	3.510
0.0110	29.45	1.567	128.63	2.503	292.38	3.209	489.18	3.627	708.60	3.925	928.78	4.107	1134.02	4.201	1319.77	4.262	1437.43	4.200	1337.93	3.706
0.0120	30.95	1.646	135.18	2.630	307.26	3.372	514.06	3.812	744.65	4.125	976.04	4.316	1191.71	4.415	1386.91	4.479	1510.56	4.414	1406.00	3.894
0.0130	32.40	1.723	141.49	2.753	321.61	3.530	538.07	3.990	779.43	4.318	1021.62	4.517	1247.37	4.621	1451.69	4.688	1581.11	4.620	1471.67	4.076
0.0140	33.80	1.798	147.60	2.872	335.49	3.682	561.30	4.162	813.08	4.504	1065.73	4.712	1301.22	4.821	1514.36	4.891	1649.37	4.819	1535.21	4.252
0.0150	35.15	1.870	153.53	2.987	348.95	3.830	583.83	4.329	845.71	4.685	1108.50	4.901	1353.45	5.014	1575.14	5.087	1715.56	5.013	1596.82	4.423

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

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	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 тех или иных упрощающих приемов, при которых используются разработанные графики и диаграммы (Рис. 5, 6).

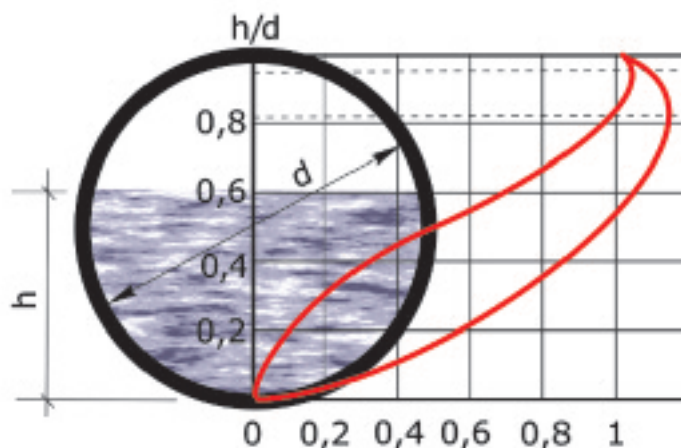


Рис. 5. Зависимость расхода q и скорости v от степени наполнения трубопровода h/d

На Рис. 5 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.

Диаметр самотечного трубопровода может быть определен по номограмме в зависимости от скорости течения жидкости, уклона трубопровода и величины расчетного расхода стоков (Рис. 6). Номограмма представляет собой графическое отображение формулы Колбрука-Уайта при условии, что температура воды составляет 10°C , а шероховатость трубопровода — $0,00025$ м. Наполнение трубы — это соотношение уровня воды (h) к внутреннему диаметру трубы (d_i).

4.2. Расчет трубопроводов при подземной прокладке

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

$$SN = E \cdot I / Dm^3 \quad (\text{см. п. 1.2})$$

где E — модуль упругости материала трубы, МПа;

I — момент инерции стенки трубы на метр длины, $\text{м}^4/\text{м}$.

Для гладкостенной трубы $I = s^3/12$, поэтому SN в этом случае легко определяется по геометрическим размерам и значению модуля упругости материала трубы.

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

Вертикальная деформация свободной трубы под действием силы F рассчитывается по уравнению (Рис. 7).

$$f = 0,01875 F / SN \quad (4.2.1)$$

Пластмассовый 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 фор-

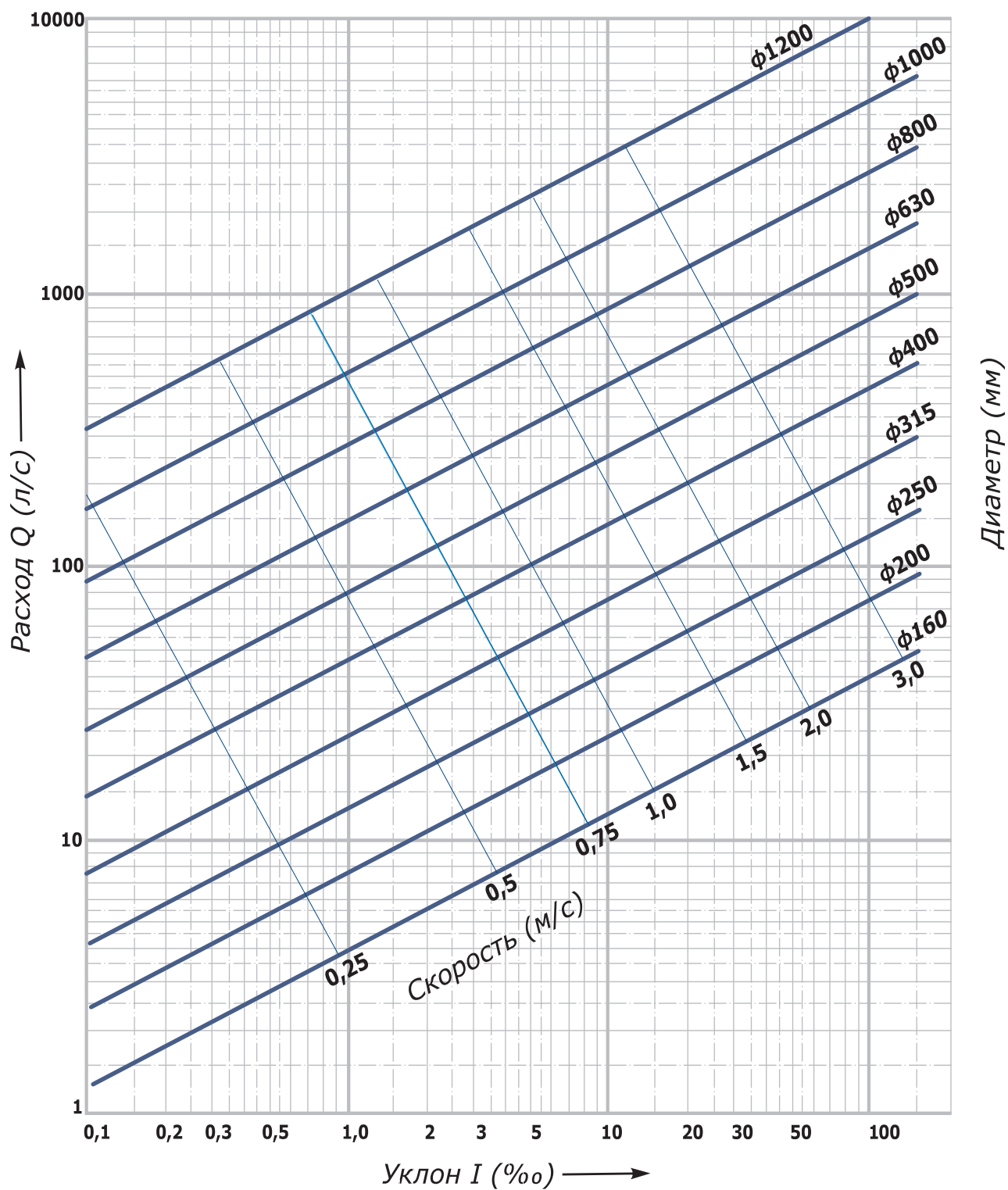


Рис. 6. Номограмма для определения гидравлических расходов при полном заполнении трубопровода

мы в активную. Для пластмассовых труб отпор грунта засыпки является существенным фактором обеспечения долговременной стабильности круглой формы трубы. В этом случае уравнение (4.2.1) преобразуется в:

$$f/D_m = \frac{C_1 q}{C_2 S_N + C_3 E's} \quad (4.2.2)$$

где: q – интенсивность вертикальной нагрузки грунта;

S_N – кольцевая жесткость трубы;

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

C_1 – коэффициент влияния на деформацию интенсивности вертикальной нагрузки грунта;

C_2 – коэффициент влияния на деформацию кольцевой жесткости трубы;

C_3 – коэффициент влияния на деформацию секущего модуля грунта.

Все эти величины имеют размерность МПа.

Эта формула соответствует классическому уравнению Шпенгера и используется для определения относительной деформации трубы практически всеми стандартами и строительными правилами с тем или иным сочетанием и значениями коэффициентов в числителе и знаменателе.

Российские строительные правила [4] используют следующую разновидность уравнения (4.2.2):

$$f/D_m = \frac{1,25 \cdot 0,11 q}{8 S_N + 0,06 E's} \quad (4.2.3)$$

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

Анализ данных, приведенных в Таблице 14, показывает, что при прокладке трубопровода с применением грунтов обратной засыпки групп 2 и 3 и механического уплотнения, величина $E's$ может составлять 2,5-3,0 МПа.

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

$$q_T = 0,478 T/H^2 \quad (4.2.4)$$

где: T – вес транспортного средства (на ось), Н;

H – глубина засыпки трубопровода, м.

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

$$Q_T = \gamma H D \quad (4.2.5)$$

Таблица 14. Определение значения $E's$ (МПа) в зависимости от типа грунта и степени уплотнения

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

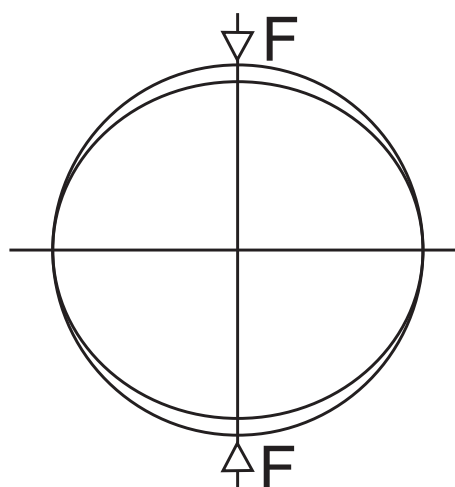


Рис. 7. Деформация пластмассовой трубы под действием силы F

где γ – плотность грунта (нормально 18-19 кН/м³).

Для траншеи нагрузка на 20% ниже вследствие арочного эффекта:

$$Q_T = 0,8\gamma H D \quad (4.2.5')$$

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

Общее вертикальное давление грунта, используемое в уравнениях (4.2.3) и (4.2.5), определяется как сумма:

$$q = Q_T/D + q_T \quad (4.2.6)$$

Пример расчета:

Труба из полиэтилена высокой плотности наружным диаметром 800 мм (0,8 м), имеющая нормативную кольцевую жесткость SN8 (0,008 МПа), укладывается на качественно подготовленное основание, пазухи и бока трубы засыпаются песком и уплотняются тяжелым инструментом ($E_s = 2,5$ МПа). Труба засыпается грунтом плотностью $\gamma = 19$ кН/м³. Высота засыпки $H = 4$ м. Наземный транспорт с осевой нагрузкой $T = 260$ кН.

1. Нагрузка грунта (4.2.5)

$$Q_T = 19 \cdot 4 \cdot 0,8 = 60,8 \text{ кН/м}$$

2. Давление от транспортной нагрузки (4.2.4)

$$q_T = 0,478 \cdot 260/16 = 7,76 \text{ кН/м}^2$$

3. Суммарное вертикальное давление на трубу (4.2.6)

$$q = 60,8/0,8 + 7,76 = 76 + 7,76 = 83,76 \text{ кН/м}^2 = 0,08376 \text{ МПа}$$

Приняв эти нормальные для строительства подземного трубопровода условия, по уравнению (4.2.3) определим деформацию трубы, рассчитанную в соответствии с [4]:

$$f/D_m = \frac{1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,08376}{8 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 2,5} = 0,0538 \approx 5,4\%$$

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

4.3. Продольная прочность

При рассмотрении проблемы прочности на растяжение необходимо учитывать, что трубы могут подвергаться воздействию осевых усилий, возникающих при укладке вследствие колебаний температуры. Особенно это относится к трубам с фиксированными или сварными соединениями. В то же время конструктивные особенности труб КОРСИС обеспечивают постоянную продольную прочность, и нормативные документы на эти трубы не предусматривают дополнительных требований.

4.4. Радиус изгиба и отклонение от прямолинейности

Допустимое значение радиуса изгиба для трубы КОРСИС составляет 40-50 диаметров изгибаемой трубы. В повседневной практике дренажные и канализационные трубы устанавливаются по прямой линии, но в ряде случаев условия прокладки трубопровода могут потребовать некоторого отклонения от заданной прямолинейности.

Необходимо избегать дополнительного напряжения в муфтовом соединении. 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

4.5. Прокладка 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. Монтаж трубопроводов КОРСИС

5.1. Специальные изделия

Система труб КОРСИС комплектуется широким ассортиментом стандартных и специальных соединительных деталей (фитингов). Специальные фитинги могут производиться по чертежам заказчика. Все специальные фитинги изготавливаются из трубы КОРСИС путем сварки встык и/или с помощью ручного экструдера (Рис. 8).

Одной из задач, которые могут возникнуть при укладке трубы, является необходимость установки бокового ввода по месту. Для труб КОРСИС не существует аналога полиэтиленовой седелки, обеспечивающей полную герметичность, поэтому для данных случаев была разработана врезка по месту с применением специальной полумуфты в комплекте с уплотнительной манжетой (Рис. 9).

Трубы КОРСИС можно соединять либо при помощи муфты и уплотнительного резинового кольца, либо сваркой встык, а в некоторых случаях – на фланцах (Рис. 10).



Рис. 8. Сегментные отводы из трубы КОРСИС



Рис. 9. Врезка по месту



Рис. 10. Переход на фланец

5.2. Соединение труб КОРСИС

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

Муфты имеют достаточную длину, которая позволяет вставить трубу в муфту на глубину трех шагов профиля с каждой стороны для обеспечения жесткости и соосности системы.

Любое горизонтальное или вертикальное отклонение, которое в других типах труб с раструбным соединением возможно благодаря угловому смещению в соединении, в трубе КОРСИС в основном обеспечивается за счет изгиба тела трубы, а муфта гарантирует осевое соединение без аномальной деформации уплотнительного резинового кольца.

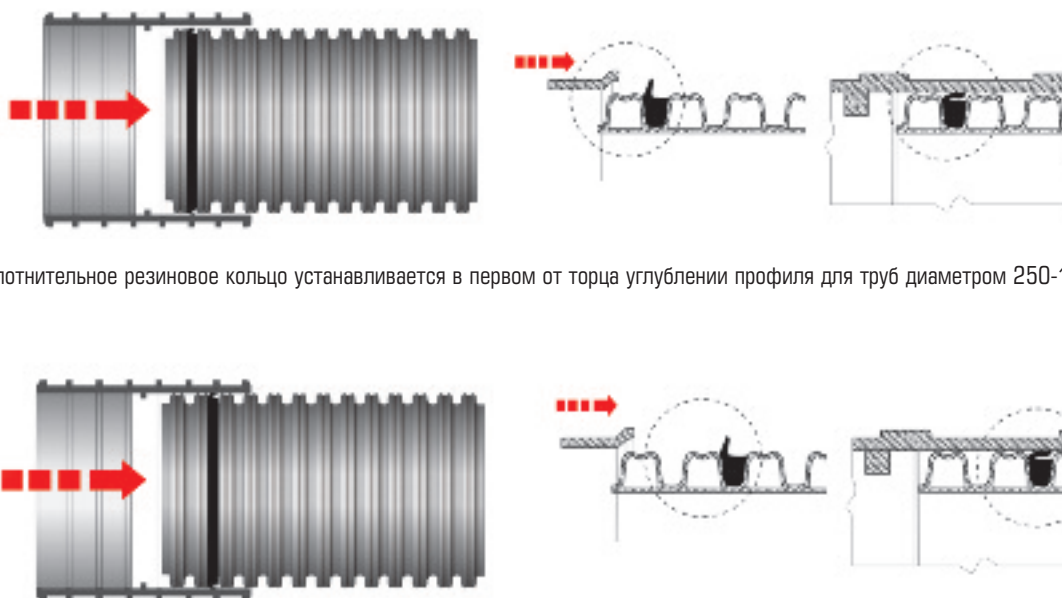
Уплотнительные резиновые кольца специальной конструкции устанавливаются между ребрами, причем уплотняющий профиль («язычок») резинового кольца должен быть направлен в сторону, противоположную направлению ввода трубы КОРСИС (Рис. 12).

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

Прежде чем устанавливать муфту, ее необходимо изнутри покрыть силиконовой водоотталкивающей смазкой. Установка муфты производится с постоянным и одинаково распределенным усилием вдоль оси (Рис. 11). Рекомендуется избегать применения любых ударных воздействий (отбойных молотков и кувалд), которые могут привести к повреждениям муфты и уплотнительного резинового кольца.



Рис. 11. Устройство для монтажа раструбных соединений с натягом



Уплотнительное резиновое кольцо устанавливается в первом от торца углублении профиля для труб диаметром 250-1200 мм

Уплотнительное резиновое кольцо устанавливается во втором от торца углублении профиля для труб диаметром 125-200 мм

Рис. 12. Соединение труб КОРСИС с помощью муфты и уплотнительного резинового кольца



Для облегчения монтажа раструба/муфты необходимо смазать силиконовой смазкой предварительно очищенную внутреннюю поверхность муфты/раструба, но не уплотнительное резиновое кольцо



Монтаж трубы $\varnothing 800$ мм в раструб с помощью примитивного рычажного устройства



Возможно применение плоского упора для равномерного распределения усилия при монтаже

Рис. 13. Рекомендации по монтажу

5.3. Резка труб КОРСИС

При необходимости обрезать трубу в размер можно при помощи пилы с мелкими зубьями. 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. Нарезать фаску на отрезанном конце труб не требуется. Остатки труб также могут быть соединены между собой при помощи муфт (Рис. 14).



Рис. 14. Резка трубы КОРСИС

5.4. Соединение труб КОРСИС с трубами других систем и установка колодцев

Трубы КОРСИС можно соединять с трубами любого другого типа с помощью специально разработанных для этого фитингов (Рис. 15).

Рассмотрим пример наиболее распространенного типа соединения с трубами из ПВХ/ПП (Рис. 16).

Для выполнения указанного типа соединения предлагается следующий порядок выполнения работ:

- Осмотреть и очистить раструб трубы из 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 между существующей системой и новой линией труб КОРСИС является использование смотровых колодцев.

Смотровой колодец — это независимая конструкция, являющаяся частью канализационной системы. Может быть полиэтиленовым или бетонным.

Полиэтиленовые колодцы бывают двух типов. Первый тип состоит из литого основания (лотка) и соединенной с ним вертикальной трубы КОРСИС (тела колодца). Для соединения трубы с таким колодцем используются специальные уплотнительные резиновые кольца, обеспечивающие водонепроницаемость соединения (Рис. 17,19).

Второй тип представляет собой конструкцию, сваренную из отрезков трубы КОРСИС. Очевидно, что такие колодцы могут быть максимально адаптированы к требованиям заказчика. Соединение смотрового колодца этого типа с трубой обычно осуществляется с помощью муфты (Рис. 18).

Соединение труб КОРСИС со смотровым колодцем 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. 20).

Следует обратить внимание на то, чтобы отверстие в колодце имело диаметр, максимально приближенный к внешнему диаметру трубы. Все образовавшиеся щели необходимо залить цементным раствором, который должен соответствовать требованиям обеспечения плотности бетонного соединения. В процессе установки трубы в бетонной или железобетонной стенке колодца необходимо обеспечить жесткую опору свободного конца трубы с помощью подсыпки грунта до полного схватывания бетона.

Не следует бетонировать трубу КОРСИС одновременно с обустройством стен монолитного колодца, т. к. это может вызвать деформацию трубы под тяжестью незастывшего бетона.



Рис. 15. Переход сварной КОРСИС SN8 на ПЭ 80 SDR 13,6



Рис. 16. Соединение труб КОРСИС (гладкий конец) с трубами из ПВХ/ПП



Собранный стандартный колодец

Рис. 17. ПЭ колодец в комплектации со стандартным лотком



Колодец прямопроходной



Колодец перепадной

Рис. 18. Сварные колодцы, изготовленные по эскизам заказчика

При установке безраструбного отрезка трубы КОРСИС в бетонный или железобетонный колодец необходимо учесть, что длина участка трубы, который находится с внешней стороны колодца, должна составлять не менее половины диаметра трубы (Рис. 21).

На подготовленный таким образом свободный конец трубы надевается соединительная муфта КОРСИС, в которую вставляется очередной участок трубопровода.

Диаметр трубы, вставленной в бетонный колодец, не должен превышать половины диаметра колодца.

Такое техническое решение имеет целый ряд преимуществ:

- возможность использовать на строительной площадке оставшиеся немерные отрезки труб;
- ребристая форма внешней поверхности трубы КОРСИС позволяет легче крепить и стабилизировать положение трубы в бетонной стенке колодца;
- данный метод позволяет также компенсировать напряжения, которые возникают в результате возможной неравномерной усадки бетонного колодца и трубопровода;
- быстрый и легкий монтаж.



Рис.19. Соединение лотка ПЗ колодца с трубой



Рис. 20. Монтаж трубы КОРСИС в стенку бетонной камеры

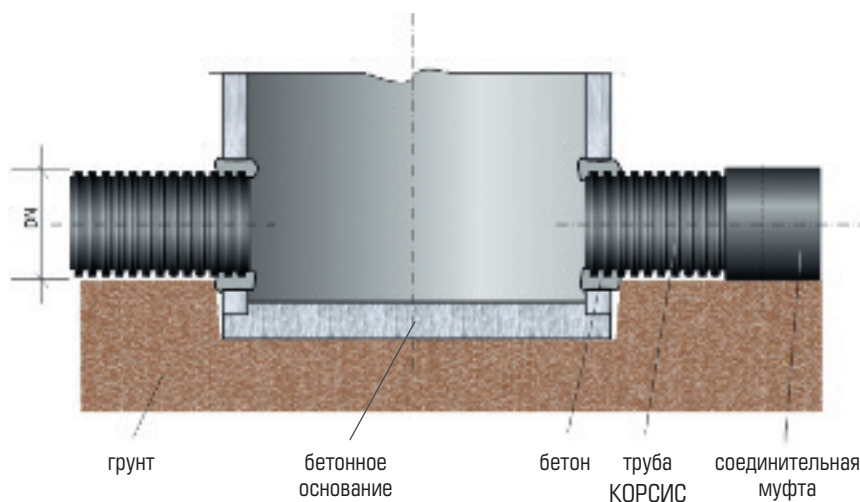


Рис. 21. Присоединение к бетонному колодцу

5.5. 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 15).

5.6. Стойкость к внутреннему давлению

Канализационные трубы считаются безнапорными, но в то же время, согласно [2], 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.

Таблица 15. Рекомендуемый режим сварки труб КОРСИС

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

6. Прокладка трубопроводов КОРСИС

6.1. Устройство траншеи

Рекомендуются следующие размеры траншеи: ширина — не более 2-3 диаметров трубы, глубина от верха трубы до поверхности грунта — не менее 1 м. Стенки траншеи должны быть по возможности вертикальными и укреплены при необходимости подпорками или щитами. После присыпки трубы, перед уплотнением засыпного грунта подпорные конструкции должны быть удалены. Дно траншеи должно быть выровнено. При наличии в грунте камней и других включений, которые могут повредить трубу, основание траншеи должно быть выполнено из песка или мелкого гравия, чтобы ребра гофрированной наружной стенки трубы не касались грунта. Запрещается использование обломочного неокатанного материала. При укладке труб в траншею или на опоры необходимо принимать все меры, исключающие повреждение труб. При установке труб необходимо убедиться в том, что в них не попали мусор или посторонние предметы, а их внутренняя поверхность не повреждена. Категорически запрещается корректировать положение труб внутри траншеи, пользуясь для этого камнями, кирпичами и пр. Трубы должны быть обеспечены устойчивой опорой, а в тех местах, где возможна осадка грунта, необходимо использовать соответствующие типы соединений или провести специальную обработку дна траншеи [10].

6.2. Категории уплотнения грунта и общая деформация

Рассмотрим три категории установки труб с различными типами уплотнения грунта.

Категория 1.

Тщательное уплотнение: $C_f = 1,0$.

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

Категория 2.

Умеренное уплотнение: $C_f = 2,0$.

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

Категория 3.

Отсутствие уплотнения: $C_f = 3,0$.

При использовании данной категории установки не требуется никаких специальных работ. Дно траншеи, как и уплотнение грунта, заполняющего траншею, выполняется только при помощи экскаватора. Уплотнение не ведется послойно, а после заполнения траншеи по ней проезжает тяжелая техника (например, экскаватор). В глинистых грунтах необходимо обратить внимание на то, чтобы большие куски глины не повредили трубу.

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

Для труб КОРСИС класса жесткости не менее 8 кПа (SN8) начальная деформация труб сразу после окончания монтажных работ может соответствовать величинам, указанным в Таблице 16.

С течением времени (от 3 мес. до 1,5 года) труба продолжает деформироваться, прежде чем величина деформации достигнет постоянного значения. Величина этого роста C_f зависит от условий установки и, в случае монтажа категории 3, от типа грунта, применяемого для обсыпки трубы (Таблица 17).

Конечная величина деформации является суммой указанных величин:

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

где C_f – временная составляющая относительной деформации, %.

Допускаются следующие максимальные величины деформации трубы (ISO TR 7073):

- для начальной деформации – не более 8%;
- для C_f – не более 4%;
- для суммарной конечной деформации – не более 12,5%.

Таблица 16. Величина начальной деформации

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

Таблица 17. Величина дополнительной деформации C_f

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

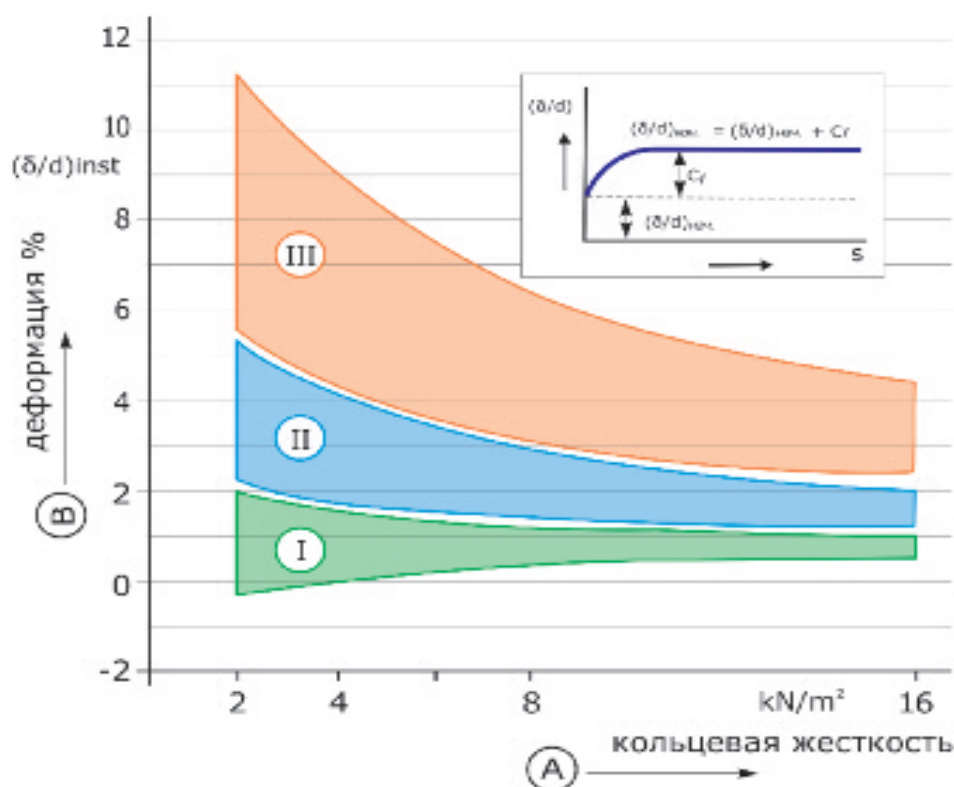


Рис. 22. Допустимая деформация трубы после укладки

А – кольцевая жесткость, кН/м²; В – начальная деформация %; I – тщательно уплотненный грунт; II – умеренно уплотненный грунт; III – отсутствие уплотнения

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

Данные графической диаграммы правомерны при следующих условиях:

- глубина заложения от 0,8 м до 10 м;
- соотношение «глубина заложения/диаметр» не менее 2,0.
- разработчики должны установить допустимую, среднюю и максимальную величину деформации, руководствуясь национальными требованиями, производственными стандартами и т.д.;
- трубы соответствуют [2];
- качество выполнения работ должно гарантировать требуемую степень уплотнения грунта (категорию установки), в которой должен быть уверен проектировщик.

В результате 25-летнего изучения динамики деформации труб в различных условиях были выявлены следующие закономерности, представленные в графической форме на Рис. 22.

6.3. Рекомендации по прокладке

Трубы КОРСИС можно сваривать как в траншее, так и на бровке. Муфтовое соединение можно устанавливать непосредственно в траншее. В связи с малым весом труб КОРСИС наиболее удобно производить соединение длинных прямых секций на бровке. Однако в связи с тем, что коллектор может прерываться запорными устройствами или смотровыми колодцами, возможность проведения работ вне траншеи существует далеко не всегда.

Во время укладки необходимо уделять внимание возможному температурному расширению, несмотря на то, что при равных температурных условиях тепловое расширение труб КОРСИС значительно (приблизительно на 50%) ниже, чем у обычных напорных полиэтиленовых труб.

Соединения должны обеспечивать необходимые гидравлические характеристики и статические нагрузки, предусмотренные проектом и установленные производителем. При сварке труб встык толщина стенки трубы е4 обеспечивает достаточное сопротивление возможному напряжению, вызванному усадкой. Когда для соединения труб используются муфты при температуре воздуха выше 20°C рекомендуется производить частичную засыпку трубы на небольших (30-40 м) интервалах, а завершать ее в более прохладное время суток [10].

Тем не менее, нужно помнить, что если обратная засыпка произведена надлежащим образом, то возможная продольная подвижность труб КОРСИС компенсируется утрамбованным грунтом обратной засыпки (плотно заполненные рифления профиля «держат» трубу).

После монтажа необходимо проводить гидравлические испытания установленной трубы. Гидравлические испытания труб КОРСИС можно проводить путем герметизации отдельных участков трубы с помощью фиксирующих заглушек и подачи испытательного давления 0,05 МПа (см. п. 6.5). Однако следует иметь в виду, что при гидравлических испытаниях за счет линейного расширения трубы испытательное давление может несколько снижаться, даже если испытываемая труба герметична.

Правильно установленная труба КОРСИС с муфтовыми соединениями может легко выдерживать испытательное давление даже в течение длительного времени.

При установке труб КОРСИС, как и при установке обычных полиэтиленовых труб, должны соблюдаться требования [2], [4], [11].

6.4. Установка трубопровода в водонасыщенных грунтах

Труба КОРСИС, как и другие полиэтиленовые трубы, при погружении в воду всплывает. Уместно напомнить, что обратная засыпка, даже если это сухой материал, может деформировать трубу. Поэтому надо быть крайне внимательным во время проведения этих работ. 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.

6.5. Приемка работ

Сдача в эксплуатацию готовой сети из труб КОРСИС должна проходить в соответствии с требованиями Проекта и СНиП 3.01.04-87, СНиП III-3-81 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов», [3] с учетом «Правил производства работ по прокладке и переустройству подземных сооружений».

Данные правила, изданные еще в начале 90-х годов, в основном относятся к строительству канализационных сетей из «традиционных» материалов: керамических, чугунных, бетонных и железобетонных труб. Предметное упоминание о тру-

бах из термопластиков дано приблизительно. По этой причине ряд положений вышеупомянутых нормативных документов при строительстве и приемке канализации из пластиковых труб не применяется или отсутствуют соответствующие требования. На период выхода новых нормативных документов, учитывающих условия строительства канализации из пластиковых труб, приемка работ должна проводиться в соответствии с положениями настоящей инструкции.

Испытания самотечных канализационных трубопроводов КОРСИС должны проводиться в соответствии с проектом и с обязательным учетом основных требований упомянутых выше нормативных документов и [4].

Предусматриваются два вида испытаний пластиковых трубопроводов при их приемке:

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

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

Перед проведением испытаний на герметичность должна быть выполнена обсыпка и частичная засыпка трубы. Муфтовые соединения труб, соединения с колодцами остаются свободными, не засыпанными.

Все отверстия исследуемого трубопровода, вместе с присоединительными каналами, должны быть на период испытаний герметично закрыты и защищены упором от давления воды. При применении на трассе тройников и отводов, а также длинных присоединительных каналов, муфтовые соединения должны быть временно защищены от разъединения в период испытаний под давлением.

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

Заглушки на период испытаний исследуемого участка трубопровода должны быть оснащены штуцерами с клапанами для возможности:

- подвода воды,
- отвода воды из канала после испытаний,
- удаления воздуха,
- присоединения измерительного устройства.

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

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

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

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

Согласно [11] допустимый объем добавленной в трубопровод воды (приток воды) на 10 м длины испытываемого трубопровода за время испытания 30 минут для труб КОРСИС с муфтовым типом соединения на резиновой манжете следует определять по формуле

$$q = 0,06 + 0,01D, \quad (6.5.1)$$

где:

D — наружный диаметр трубопровода, дм;

q — величина допустимого объема добавленной воды, л.

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

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

Испытания на инфильтрацию проводятся в случае, если уровень грунтовых вод выше дна трубопровода. Используемые при монтаже труб КОРСИС с помощью муфты резиновые уплотнительные кольца обладают двусторонним равноценным действием. Проведенное испытание на герметичность трубопровода на давление 5,0 м водяного столба предохраняет трубопровод от инфильтрации грунтовых вод на такую же величину. При необходимости испытания могут быть проведены. Испытания на инфильтрацию проводятся на полностью законченной части трубопровода на определенной территории канализационной сети без разделения, как ранее, на отрезки, что связано с прекращением осушения траншеи. Допускаемое количество воды при инфильтрации должно соответствовать [3, 11].

7. Транспортировка, складирование и хранение

Благодаря малому весу и высокой кольцевой жесткости трубы КОРСИС при хранении и перевозке можно укладывать в штабели высотой до 5 м. Трубы диаметром до 500 мм поставляются в паллетах, без упаковки или связанными в пакеты, трубы диаметром от 630 до 1200 мм поставляются только без упаковки. При получении необходимо проверить их соответствие спецификации.

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

При транспортировке и погрузо-разгрузочных работах необходимо соблюдать осторожность для предотвращения повреждений труб. При такелажных работах используют только мягкие стропы.

Трубы необходимо складывать на ровную, твердую поверхность под навес с учетом требований противопожарной безопасности. Высота штабеля зависит от диаметра трубы; она должна исключать деформацию труб и обеспечивать легкий доступ к верхним рядам. Штабелированные трубы должны быть зафиксированы для предотвращения случайной перекатки. Помимо этого нужно принять все необходимые меры для предотвращения повреждения торцов и наружной поверхности труб.

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

8. Литература

1. Европейский стандарт EN 13476-1 «Система пластмассовых трубопроводов для подземной прокладки безнапорной канализации и дренажа – Система двухслойных гофрированных труб из напластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-У), полипропилена (ПП) и полиэтилена (ПЭ)».
2. Технические условия «Трубы из полиэтилена с двухслойной профилированной стенкой для безнапорных трубопроводов КОРСИС», ТУ 2248-001-73011750-2005(000 «Евротрубпласт»).
3. СНиП 40-03-99. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой России. – М., 1999.
4. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Госстрой России. – М., 2001.
5. Карелин Я.А., Яромский В.Н., Евсеева О.Я. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей из пластмассовых труб круглого сечения. – М.: Стройиздат, 1986.
6. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. МГСУ. Изд. АСВ., – М., 2006.
7. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. – М.: Стройиздат, 1974.
8. Калицун В.И. Гидравлический расчет водоотводящих сетей. Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1988.
9. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М.: Недра, 1982.
10. Технические Рекомендации на проектирование и строительство подземных сетей водоотведения из безнапорных полиэтиленовых труб с двухслойной стенкой ТР 170-05, ГУП «НИИМОССТРОЙ». – М., 2005.
11. СНиП 3.05.04-85. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. Госстрой России. – М., 2001.
12. «Конструкции безнапорных трубопроводов хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением труб из полиэтилена с двухслойной профилированной стенкой «КОРСИС». Материалы для проектирования. – М.: Комитет по архитектуре и градостроительству г. Москвы, ГУП «Мосинжпроект», 2006.



ГРУППА

ПОЛИПЛАСТИК

Россия, 119530, Москва, ул. Генерала Дорохова, 14
Тел.: (495) 475-6857, 443-9735 Тел./Факс: (495) 440-0200
<http://www.polyplastic.ru> E-mail: gaztrubplast@polyplastic.ru