

Предприятие Барбара Качмарек

ИНСТРУКЦИЯ
Проектирования и строительства
наружных канализационных сетей К2-КАН
из полипропилена (ПП)

Малево 2004

I. Введение – торговая информация

Прогрессирующее развитие техники направленное на усовершенствование конструкции канализационных сетей, укладываемых в земле, способствовало необходимости внедрения новых решений в этой области. После запуска производства «классических» гладкостенных труб из непластифицированного поли(хлорвинила) (PVC-U (ПВХ-У)) с цельными стенками, а также структурных труб вспененных изнутри из этого материала, наше предприятие, заботясь о рынке и ожиданиях наших клиентов, начало производство труб с двойными стенками, которые относятся к структурным трубам из полипропилена (PP (ПП)). При этом мы обращали внимание на мировые тенденции, которые доминируют сегодня в Европе. Эти трубы, которые мы назвали К-2, имеют конструкцию, в которой наружная стенка волнистая, а внутренняя гладкая. Обе стенки создаются одновременно в процессе улиточной штамповки и формирования, взаимно соединены «горячим» методом и образуют монолитную конструкцию. Для производства таких труб и фасонных изделий (выполняемых путем впрыскивания) применяется полипропилен новой генерации – блокочный кополимер зачисляемый к группе термопластичных материалов. Трубы и фасонные изделия системы К-2 предназначены для строительства самотечных подземных сетей – главным образом хозяйственной канализации, ливневой, общего и промышленного назначения, и трубы эти обозначены К-2 Кан; для дренажных систем трубы обозначены К-2 Dren, а для защитной оболочки кабеля трубы К-2 Kabel. Применение полипропилена, а также современная конструкция структурных труб К-2 привели к тому, что система из таких трубопроводов имеет целый ряд существенных достоинств:

- Трубы при небольшом весе обладают большой периметрической жесткостью (чаще всего 8 кН/м^2). Их можно укладывать в земле при большинстве различных грунтовых условий на площадках без наружных нагрузок, как и под дорогами с большими динамическими нагрузками.

- Высокая термическая стойкость полипропилена при сохранении соответствующих условий линейного расширения позволяет транспортировать стоки с температурой до 95°C , периодически до 110°C и даже кратковременно до 130°C .

- Исключительно хорошая химическая стойкость полипропилена позволяет применять этот материал в более широком диапазоне по сравнению с традиционными материалами, и даже по сравнению с PVC-U и PE, не только для строительства сетей хозяйственной канализации, но и для промышленной канализации. На территориях загрязненных химическими субстанциями, на свалках мусора и промышленных отходов, где стоки очень агрессивны, на поверхности труб К-2 не выступает деструкция и можно трубы из PP применять для отведения этих стоков.

- Повышенная ломкость полипропилена проявляется только при температурах ниже минус 20°C . При температуре ниже 0°C трубы из PP имеют большее сопротивление на удар, чем трубы из PVC-U. К тому же в наших климатических условиях отсутствуют ограничения в транспортировке и монтаже труб К-2 в зимних условиях.

- Применение эластомерных уплотнителей стойких к хозяйственным стокам в диапазоне pH 2 до pH 12 и к большинству промышленных стоков дает гарантии получения герметичности сетей, как на эксфильтрацию (проникание стоков из трубопроводов в грунт), так и инфильтрацию (проникание грунтовых вод в трубопроводы).

- Гладкая внутренняя поверхность труб уменьшает возможность накопления в результате седиментации тяжелых фракций стоков, приводящих к возникновению только небольших осадков, и поэтому позволяет применить меньшие уклоны трубопроводов при сохранении условия их самоочистки.

- Полипропилен (также как и полиэтилен) характеризуется самой высокой стойкостью к абразии (стирание при прохождении вместе с водой абразивных материалов таких, как песок) или кремниевый щебень с острыми краями) среди всех материалов, из которых изготавливаются канализационные трубы.

I. Производство труб К-2

Для производства штампованных труб и фасонных изделий методом впрыскивания применяется полипропилен – блочный кополимер (обозначение сырья РР-В (ПП-Б)). Это сырье находится в виде гранулата произведенного путем полимеризации газа пропилена, возникающего при переработке нефти. В гранулат РР добавляется небольшое количество красящего пигмента с целью получения наружной стенки в оранжево-коричневом цвете (RAL 8023), который является основным цветом для труб безнапорной канализации. В то же время для лучшего отражения света при контрольной инспекции сетей при помощи камеры промышленного телемониторинга CCTV, внутренняя стенка имеет светло-серый цвет.

Систему труб К-2 из полипропилена, производимую на предприятии Барбара КАЧМАРЕК можно смело сравнивать с подобными изделиями ведущих производителей в мире.

Широкий ассортимент номинальных размеров, указывающих внутренний диаметр DN/ID в диапазоне от 150 мм до 800 мм, короткий срок реализации заказов, ассортимент необходимых фасонных изделий, а также конкурентные цены дополняют привлекательность этой системы трубопроводов. Предусмотрено также расширение в будущем ассортимента труб с диаметром 1000 мм, на основе которых можно будет выпускать колодцы-лазы. Комплексные исследования системы, а также тщательный контроль параметров изделий гарантируют высокое эксплуатационное качество системы.

Трубы системы К-2 в соответствии с проектом польской нормы ргEN 13476-1:2002 квалифицируются как структурные трубы типа В. Новым в их строении является то, что на вершине низкого ребра выполнено дополнительное усиление гребня (рис.1). Благодаря низкой и широкой волне, а также «тесных впадин», в которых располагается эластомерная прокладка, предназначенная для их соединения, достигаются большие значения периметрической жесткости. Для получения различных значений периметрической жесткости (SN) применяется практически одинаковая толщина внутренней стенки, а путем регулировки толщины наружной волнистой стенки, можно получить периметрическую жесткость в границах $SN=(4\div 16) \text{ кН/м}^2$.

Основные размеры К-2 показаны в табл. 1

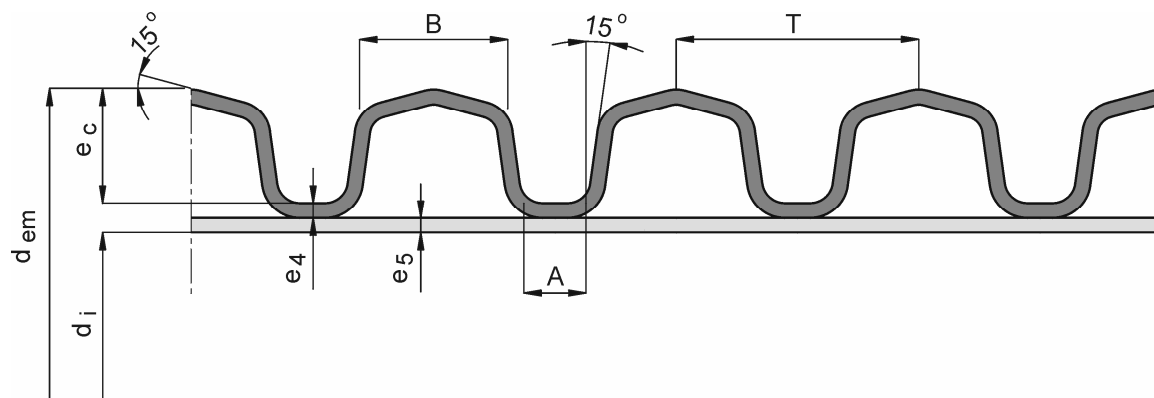


Рис.1. Профиль труб К-2

Таблица 1. Размеры труб К-2

Размеры		DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 400	DN 500	DN 600	DN 800
Диаметр внутренний	d_i	150±1	200±1	250±1,5	300±2	400±2,5	500±3	600±3,5	800±4
Диаметр наружный	d_{em} min	172,9	223,6	280,2	337,0	452,2	563,5	676,0	899,5
	d_{em} max	174,9	225,7	282,9	340,0	456,4	568,8	682,0	907,8
Суммарная высота стенок	e_c	10,0	11,3	14,4	17,5	24,9	30,3	36,3	47,8
Минимальная толщина стенок	e_{4min}	1,2	1,3	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5
	e_{5min}	1,1	1,2	1,5	1,7	2,3	3,0	3,5	4,5
Шаг волны	T	18,9	22,0	26,4	35,2	48,0	58,6	66,0	88,0
Ширина углубления	A	4,1	5,3	6,8	9,0	12,2	14,5	16,0	23,2
Ширина гребня волны	B	12,0	13,5	16,0	21,5	29,0	36,0	40,0	53,0

В зависимости от толщины стенок трубы К-2 имеют минимальную периметрическую жесткость, не меньшую, чем SN4, SN6,3, SN8, SN12 и SN16. Классификация периметрической жесткости выполняется путем лабораторного испытания производимой партии труб и самая низкая определенная в этих исследованиях величина SN является основой для классификации всей партии труб по классу периметрической жесткости. Поэтому указанная величина SN является самой низкой периметрической жесткостью гарантированной производителем.

Трубы К-2 имеют номинальный размер (DN) относящийся к внутреннему диаметру (DN/ID). Указанный производителем внутренний диаметр труб позволяет проектировщикам принять этот диаметр для гидравлических расчетов пропускной производительности стоков. Здесь необходимо обратить внимание, что размеры внутренних диаметров труб К-2 значительно отличаются от подобных структурных труб, в которых основной размер, т.е. номинальный относится к наружному диаметру. Все структурные трубы типа В имеют развитую высоту стенок (e_c) по сравнению с трубами цельными гладкими, где для гидравлических расчетов разница толщины стенок в зависимости от номинальной периметрической жесткости может не приниматься во внимание.

В случае структурных труб очень важным является, относится ли номинальный размер (DN) трубы к внутреннему диаметру (DN/ID) или наружному (DN/OD). Сравнение внутреннего поперечного сечения (в свету) для этих двух видов размеров для похожих двустенных конструкций структурных труб приведено в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Сравнение внутреннего сечения структурных труб.

Структурные трубы с номинальными размерами отнесенными к внутреннему диаметру в т.ч. трубы К-2			Структурные трубы с номинальными размерами отнесенными к наружному диаметру			Сравнение внутреннего сечения трубы при принятии для труб К-2 = 100% сечение для труб DN/OD составляет
Номинальный размер DN/ID	Диаметр внутренний минимальный	Площадь внутреннего сечения трубы	Номинальный размер DN/OD	Диаметр внутренний минимальный	Площадь внутреннего сечения трубы	
(DN)	d _i мин	F	(DN)	d _i мин	F	
Мм	мм	см ²	мм	мм	см ²	%
150	149,0	174	160	137	147	84
200	199,0	311	200	168	222	71
250	248,5	485	250	210	346	72
300	298,0	697	315	265	552	79
400	397,5	1241	400	338	897	72
500	497,0	1940	500	420	1385	71
600	596,5	2795	630	530	2206	79
800	796,0	4976	800	675	3578	72

2. Свойства материала трубопроводов из полипропилена

Системы канализационных сетей прокладываемых в земле проектируются на срок эксплуатации мин. 50 лет. Практические результаты за такой срок с эластичными сетями, а к таковым относятся термопластичные материалы, касаются только труб из поли(хлорвинила), которые применяются уже около 70 лет.

Полипропилен для производства труб стал применяться около 40 лет назад. Собранный практический и лабораторный опыт позволяют сегодня прогнозировать, что долговечность сетей из полипропилена, работающих самотеком и укладываемых в земле, будет составлять как минимум 100 лет.

Трубы из полипропилена в начальный период их производства, учитывая исключительно высокую химическую стойкость, нашли применение в строительстве промышленных сетей в химической промышленности и типичных ей. Около 30 лет назад в Западной Европе это применение было перенесено на внутренние канализационные сети. Причиной этого направления была исключительная стойкость полипропилена на транспортировку горячих стоков, которые производят домашние стиральные машины-автоматы и посудомоечные машины. Раньше для этих целей широко применялся непластифицированный поли(хлорвинил), который не выдержал конкуренции с полипропиленом из-за низкой термической стойкости. В ситуации или применять «толстые» трубы из PVC-U или «тонкие» трубы из PP оказалось, что более дешевым и надежным материалом является полипропилен.

Вот уже несколько лет новым большим направлением применения являются безнапорные системы наружной канализации, укладываемой в земле. Можно также предположить, что трубопроводы из полипропилена будут применяться в канализации низкого давления – для транспортировки стоков от насосных станций до очистных сооружений либо перекачки на высший уровень к безнапорным сетям, а также найдут применение в системах вакуумной канализации. Эти системы канализации находят все большее применение.

2.1. Физико-механические свойства

Физико-механические свойства полипропилена вытекают из общих исследований материаловедения, указанных в информации к нормативным документам и представлены в табл. 3

ТАБЛИЦА 3. Физико-механические свойства.

Номер п/п	Свойства	Единица измерения	PP
1	Средняя плотность	кг/м ³	900
2	Модуль эластичности E _{1 мин} (во время 1 мин)	МПа	1250÷1850
3	Сопротивление на растяжение	МПа	30
4	Удлинение при разрыве	%	150
5	Средний коэффициент термического линейного расширения	мм/мК	0,14
6	Теплопроводность	Вт/Км	0,2
7	Собственная величина теплоусвоения	Дж/кгК	2000
8	Поверхностное сопротивление	Ω	>10 ¹²

2.2. Химическая стойкость

Трубопроводы из полипропилена являются стойкими к действию коммунальных стоков хозяйственного свойства, ливневых вод – поверхностных и грунтовых загрязненных органическими отходами. Настоящий опыт на тему химической стойкости полипропилена опирается на многолетние лабораторные исследования, а также промышленную практику. Полный перечень химических компонентов, к которым PP устойчив, либо обладает ограниченной стойкостью, либо ею не обладает, указан в исходных данных норм ISO/TR 10358:1993. На этом основании разработана таблица 4, в которой указан перечень наиболее часто встречающихся химических компонентов, степень их стойкости, а также температура, при которой они могут появляться. Принята следующая шкала стойкости:

- Z – удовлетворительная
- O – ограниченная
- N – недостаточная

В принципе трубы и фасонные изделия из полипропилена вместе с эластомерными прокладками устойчивы к транспортировке стоков домашних хозяйств в диапазоне кислотности от (рН 2) до величин (рН 12). Однако в случае промышленных стоков необходимо проанализировать химический состав содержащихся субстанций в стоках, степень их насыщенности, а также температуру, при которой стоки транспортируются по системе канализации, уложенной в земле. Перечень химических субстанций, к которым устойчивы эластомерные прокладки, указан в требованиях ISO/TR 7620.

Таблица 4. Химическая стойкость полипропилена

Наименование химической субстанции	Концентрация	20°C	60°C	95°C
Амиловый ацетан	100%	O	N	
Этиловый ацетан	100%	O	O	
Ацетофенон	100%	O	O	
Ацетон	100%	Z	O	
Акрилан этила	100%	N	N	
Альдегид бензоэсный	0,1%	Z		
Альдегид кротоновый	100%	N	N	
Альдегид уксусный	40% 100%	N		
Амиловый спирт		Z	Z	
Бензоловый спирт		Z	Z	
Бутиловый спирт	100%	Z	Z	
Циклогексиловый спирт	100%	Z	O	
Этиловый спирт	96%	Z	Z	Z
Изопропиленовый спирт	100%	Z	Z	
Метиловый спирт	100%	Z	Z	
Пропиленовый спирт	100%	Z	Z	
Квасцы все виды		Z	Z	
Аммиак, сухой газ	13%	Z	Z	
Аммиак, жидкость	100%	Z	Z	
Аммиак, водный раствор	Rozcieńczony	Z	Z	
Аммонийный азотан	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Аммонийный хлор	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Аммонийный сульфат	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Анилин	100%	Z	O	
Анилин	насыщенный раствор	Z	O	
Хлороводородный анилин	насыщенный раствор	O	O	
Антиаммонийный хлор	90%	Z	Z	
Чернила		Z	Z	
Азоты	насыщенный раствор	Z	Z	
Фуксиновые красители (растворы)	2%	Z	Z	
Бензол	100%	O	N	
Бензин (алифатические углеводороды)	80/20	O	N	
Уксусный ангидрид	100%	Z		
Боракс	насыщенный раствор	Z	Z	
Бром-жидкость	100%	N	N	
Бутан, газ	100%	Z	Z	
Бутанолы	do 100%	Z	Z	
Хлор, сухой газ	100%	Z	N	
Хлор, водный раствор	насыщенный раствор	Z	N	
Хлориды	насыщенный раствор	Z	Z	
Амиловый хлорид	100%	O	O	
Хлорид бария, цинка, никеля	насыщенный раствор	Z	Z	
Хлорид этила, метила	100%	O	O	
Сахары и сиропы	насыщенный раствор	Z	Z	O
Циклогексанол	100%	Z	Z	
Циклогексанон	100%	Z	N	

Декстрин	насыщенный раствор	Z		
Двухлорметан (дихлорметан)	100%	O	N	
Декалин	100%	O	O	
Детергенты	2%	Z	Z	Z
Дрожжи		Z	Z	
Этиловый эфир	100%	O		
Этиленовый гликолы	промышленный раствор	Z	Z	
Фенол	90%	Z	Z	
Формальдегид	разбавленный раствор	Z	Z	
Формальдегид	40%	Z	Z	
Глицерин	100%	Z	Z	
Гексан	100%	Z	O	
Ксилен	100%	O	N	
Азотная кислота	до 45%	Z	Z	
Азотная кислота	50 до 98%	O	N	
Бензойная кислота	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Борная кислота	разбавленный раствор	Z	Z	
Хлорсульфаниловая кислота	100%	N	N	
Хлороводородная кислота (соляная)	20%	Z	Z	
Хлороводородная кислота (соляная)	>30%	Z	Z	
Хромовая кислота	1 ÷ 50%	Z	O	
Лимонная кислота	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Фтороводородная кислота	40%	Z	Z	
Фтороводородная кислота	60%	Z	Z	
Фтороводородная кислота, газ	100%	Z	Z	
Гликолевая кислота	30%	Z	Z	
Молочная кислота	10%	Z	Z	
Молочная кислота	10÷90%	Z	Z	
Муравьиная кислота	1÷50%	Z	Z	
Уксусная кислота	25%	Z	Z	Z
Уксусная кислота	60%	Z	Z	
Уксусная кислота	ледяная	Z	O	
Олеиновая кислота	100%	Z		
Серная кислота	96%	Z	Z	
Серная кислота	40÷90%	Z	Z	
Серная кислота дымящая (олеум)	10% SO ₃	N	Z	
Щавелевая кислота	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Щавелевая кислота	разбавленный раствор	Z	Z	
Таниновая кислота	ненасыщенный раствор	Z	Z	
Винная кислота	до 10%	Z	Z	
Хлорид магния	насыщенный раствор	Z	Z	
Сульфат магния	насыщенный раствор	Z	Z	
Медный хлорид	насыщенный раствор	Z	Z	
Медный фторид	2%	Z	Z	
Сульфат медный	насыщенный раствор	Z	Z	
Молоко		Z	Z	O
Моча		Z	Z	
Мочевина	10%	Z	Z	

Мыло	ненасыщенный раствор	Z	Z	
Сульфат никеля	насыщенный раствор	Z	Z	
Уксус	до 8%	Z	Z	
Ацетат бутила	100%	Z	O	
Ацетат этила	100%	O	O	
Масла и жиры		Z		
Озон	100%	Z	O	
Пиридин	до 100%	Z	O	
Пиво		Z		
Калийный нитрат	насыщенный раствор	Z	Z	
Калийный бромид	насыщенный раствор	Z	Z	
Калийный хлорид	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Калийный хромид	40%	Z	Z	Z
Калийный цианид	ненасыщенный раствор	Z	Z	
Калийный двухромид	40%	Z	Z	Z
Калийный сверж (двукислородо)сульфат	насыщенный раствор	Z		
Маганцевокислый калий	20%	Z	O	
Гидроокись калия	ненасыщенный раствор	Z		
Железоцианистый калий	насыщенный раствор	Z		
Пропан жидкий	100%	Z		
Двуокись серы, жидкость	100%	Z	Z	
Двуокись серы, сухая	100%	Z	Z	
Сероводород, газ	100%	Z	Z	
Натриевый бензол	35%	Z		
Натриевый хлоран	насыщенный раствор	Z	Z	
Натриевый хлор	насыщенный раствор	Z	Z	Z
Хлорноватистокислый натрий (13% хлора)	100%	Z	Z	
Натриевый сульфат	насыщенный раствор	Z	Z	
Натриевый водородный сульфат	насыщенный раствор	Z	Z	
Натриевая гидроокись	насыщенный раствор	Z	Z	
Натриевый железацианид	насыщенный раствор	Z		
Азотнокислое серебро	насыщенный раствор	Z		
Кислород	100%	Z	Z	
Толуол	100%	O	N	
Трихлорэтилен	100%	O	N	
Известковый калий	50%	Z	Z	
Углеродородный дисульфид	100%	O	N	
Вино		Z	Z	
Морская вода		Z	Z	Z
Перекись водорода	30%	Z	O	
Фото проявители	промышленный раствор	Z	Z	

3. Технические требования установленные в Технических Условиях и нормативных документах.

Польша с начала 2004г. является членом Европейского Нормативного Комитета (CEN). До этого момента она была наблюдателем без права голоса, однако принимала к сведению нормативные документы (нормы, проекты норм и рабочие материалы для проектов норм).

Нормы установленные CEN (EN) систематично вводились Польшей Нормативным Комитетом (PN-EN) путем перевода с официальных языковых вариантов (издаваемых в языках: английский, немецкий и французский) без каких-либо изменений. Эти нормы после регистрации в Центральном Секретариате CEN в Брюсселе (Бельгия) имеют тот же статус, что и официальные версии. В то же время европейские нормы (EN) либо предварительные нормы (ENV), которые были введены в польскую нормативную систему без перевода и введены как признанные нормы со значком (U) вводимым после года установления в Польше. Эти нормы иногда напечатаны на английском языке и фигурируют в списке польских европейских норм (имеют перевод только заглавия). Можно утверждать, что не существует видимых задержек вхождения европейских норм в польскую нормативную базу. Предметные нормы (в области труб из искусственного материала), которые получили статус EN, переведены, а нормы без перевода касаются только некоторых методик исследований, а также частоты их проведения. Не выполняются переводы проектов норм, а также рабочие материалы, упреждающие проекты норм, которые чаще всего касаются техники применения трубопроводов из искусственных материалов.

До момента перевода и утверждения польских норм (на основе EN, которых еще нет), в стране действуют Технические Условия, которые определяют технические требования и которым должны соответствовать изделия, применяемые в общепринятом и дорожном строительстве. Эти Условия разрабатываются на основе знаний касающихся требований к материалам и условиям применения в технике прокладки сетей, опираясь на нормативную литературу.

3.1. Определения и сокращения принятые в нормах и Условиях.

DN – номинальный размер

DN/OD – номинальный размер отнесенный к наружному диаметру

DN/ID – номинальный размер отнесенный к внутреннему диаметру

d_n – номинальный наружный диаметр

d_e – наружный диаметр (измеренный в произвольной точке поперечного сечения)

d_{em} – средний наружный диаметр

d_{im} – средний внутренний диаметр трубы или фасонного изделия

D_{im} – средний внутренний диаметр раструба

e – толщина стенки

e_c – конструктивная высота структурной трубы (измеренная между внутренним диаметром и наружной поверхностью трубы)

e_4 – толщина стенки структурной трубы в месте взаимного соединения внутренней и наружной стенки

e_5 – толщина внутренней стенки структурной трубы

SN – номинальная периметрическая жесткость (кН/м^2). Цифровое обозначение связано с конструкцией трубы, проверяемое при испытании путем сжимания образца трубы до момента уменьшения на 3% внутреннего диаметра согласно PN-EN ISO 9969.

3.2. Технические Условия и проект нормы структурных труб К-2

- Технические Условия NR AT/2003-04-1444 разработаны Исследовательским Институтом Дорог и Мостов в Варшаве касающиеся изделия: Трубы К-2, канализационные частично – дренажные и защитные с структурными стенками (двухслойными) из полипропилена (PP) или полиэтилена (PE) высокой плотности, а также фасонные изделия. Выданы Предприятию «Качмарек 2» действительны до 04.02.2008.
- Технические Условия Nr AT/2003-02-1349 разработанные Исследовательским Центром Техники Инженерных Сетей «INSTAL» в Варшаве касающиеся изделия: Трубы со структурными стенками К-2 Кан из PE-HD и PP и фасонные изделия из PP для наружных безнапорных сетей канализации. Выданы для Предприятия ООО «Качмарек2» действительны до 26.05.2008.
- Технические Условия ITB AT-15-5851/2003 разработаны Институтом Строительной Техники в Варшаве касающиеся изделий: полиэтиленовые защитные трубы для кабелей K2-Kabel, типов OSAK, OSBK, OGDА, OGDB, OSDK. Выданы для Предприятия ООО «Качмарек – 2», действительны до 29 февраля 2008.
- PrEN 13476-1:2002 Безнапорные системы подземных сетей из искусственных материалов для канализации. Система труб со структурными стенками из непластифицированного поли(хлорвинила) (PVC-U), полипропилена (PP) и полиэтилена (PE). Часть 1: Требования, предъявляемые к трубам, фасонным изделиям и системе.
(Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage. Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE). Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system.

Нормы касающиеся прокладок.

- PN-EN 681-1:2002 Уплотнители из эластомеров. Требования, касающиеся прокладок в соединениях водопроводных и водоотводных труб. Часть 1: Резина.
- PN-EN 681-2:2003 Уплотнители из эластомеров. Требования, касающиеся прокладок в соединениях водопроводных и водоотводных труб. Часть 2: Термопластичные эластомеры.

3.3. Требуемые физико-механические свойства труб К-2 и фасонных изделий из РР.

В соответствии с Техническими Условиями и prEN 13476-1 трубы К-2 и фасонные изделия к этим трубам должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

ТАБЛИЦА 5. Требуемые свойства труб и фасонных изделий К-2

№№ п/п	Свойства	Требования	Параметры испытания	Методы испытания
1	Влияние отопления на изменение внешнего вида труб К-2 и фасонных изделий за время $e \leq 8$ мм – 30 мин $e > 8$ мм – 60 мин	На стенах труб не должно быть пузырей, следов растрескивания и расслоений	Темп. испытания (150 ± 2) ⁰ С	ISO 12091
		На фасонных изделиях глубина трещин или пузырей не должна быть больше 20% от толщины стенки		PN-EN 763
2	Периметрическая жесткость труб (SN)	SN ≥ 4 SN $\geq 6,3$ SN ≥ 8 SN ≥ 12 SN ≥ 16	Темп. испытания (23 ± 2) ⁰ С деформация 3% d_{im}	PN-EN ISO 9969
3	Периметрическая эластичность труб	На стенках труб не должно быть трещин, царапин и следов расслоений	Темп. испытания (23 ± 2) ⁰ С деформация 30% d_{cm}	PN ISO 1446
4	Максимальное изменение показателя скорости текучести (MFR) в результате переработки сырья на трубы	$\pm 0,2$ гр/ 10 мин	Темп. испытания 230 ⁰ С Нагрузка 2,16 кг	PN-EN ISO 1133 Условие Т
5	Герметичность раструбных соединений с уплотнительным эластомерным кольцом	Отсутствие течи	Темп. испытания (23 ± 2) ⁰ С Давление воды 0,05 бар Давление воды 0,5 бар Разрежение воздуха –0,3÷ –0,27 бар	PN-EN 1277 метод 4 Условия испытаний В и С
	Стойкость на удар фасонных изделий (метод сброса на твердое основание вылета раструба)	Отсутствие повреждений	Темп. испытания (0 ± 1) ⁰ С Высота сброса –0,5 м	PN-EN 12061

4. Ассортимент изделий

4.1. Канализационные трубы с двойной стенкой К-2

Размеры труб К-2 с соединительными муфтами указаны в таблице 6 (рисунок 2)

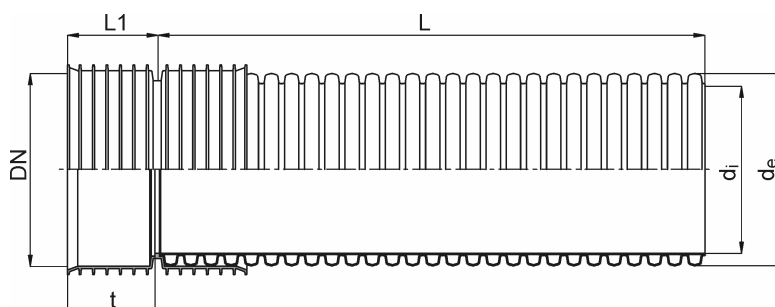


Рисунок 2. Размеры труб К-2

ТАБЛИЦА 6. Размеры труб К-2

Номинальный размер	Номинальный наружный диаметр	Номинальный внутренний диаметр	Длина свободного конца	Длина раструба	Длина трубы		
DN/ID	d_e	d_i	t	L_1	L		
150	173	150	82	90	2000	3000	6000
200	225	200	101	110	2000	3000	6000
250	282	250	125	135		3000	6000
300	340	300	149	158		3000	6000
400	455	400	208	214		3000	6000
500	569	500	248	268		3000	6000
600	683	600	279	309		3000	6000
800	905	800	370	395		3000	6000

Трубы К-2 имеют на одном конце вставленную уплотнительную прокладку с муфтой двухраструбной, а на другом конце в последнем углублении вставленную эластомерную прокладку.

4.2. Фасонные канализационные изделия для труб К-2

- **Муфта двухраструбная с перегородкой** предназначена главным образом для труб К-2, которые обрезают на стройке. Размеры указаны в таблице 7 (рис. 3)

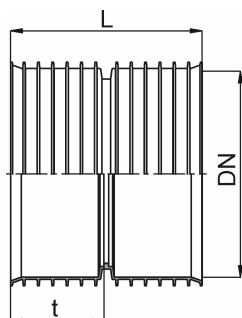


Рисунок 3. Муфта двухраструбная с перегородкой

ТАБЛИЦА 7. Размеры муфт двухраструбных с перегородкой.

Номинальный размер	Длина всовывания свободного конца	Полная длина
DN/ID	t	L
150	82	180
200	101	220
250	125	270
300	149	315
400	208	427
500	248	536
600	279	618
800	370	790

- **Задвижка** (муфта двухраструбная без перегородки) предназначена для ремонтов и выполнения соединений труб К-2, когда нет возможности их осевого передвижения во время монтажа. Размеры указаны в таблице 8 (рисунок 4)

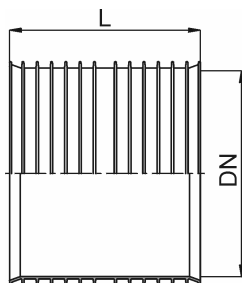


Рисунок 4. Задвижка

ТАБЛИЦА 8. Размеры задвижек

Номинальный размер	Полная длина
DN/ID	L
150	180
200	220
250	270
300	315
400	427
500	418
600	503
800	790

- **Муфта однострубная** для соединения труб К-2 с раструбами труб гладкостенных из материалов термопластичных (PVC-U, PP, PE). Размеры указаны в таблице 9 (рис. 5).

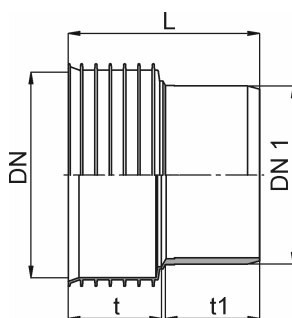


Рисунок 5. Муфта однострубная к трубам К-2 и гладкостенным трубам

ТАБЛИЦА 9. Размеры труб однострубных к К-2 и гладкостенным трубам

Номинальный размер трубы К-2	Номинальный размер гладкостенных труб	Длина всовывания в раструб трубы К-2	Длина свободного конца гладкостенной трубы	Полная длина
DN/ID	DN ₁	t	t ₁	L
150	160	82	82	172
200	200	101	125	225
250	250	125	124	272
300	315	149	132	344
400	400	208	178	446
500	500	248	199	533
600	630	279	228	592

- **Муфта двухраструбная** для соединения труб К-2 со свободными концами гладкостенных труб из материалов термопластичных (PVC-U, PP, PE). Размеры указаны в таблице 10 (рисунок 6)

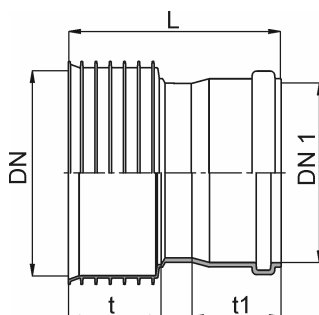


Рисунок 6. Муфта двухраструбная к трубам К-2 и гладкостенным трубам

ТАБЛИЦА 10. Размеры двухраструбных муфт к трубам К-2 и гладкостенных труб со свободными концами.

Номинальный размер	Номинальный размер гладкостенных труб	Длина всовывания трубы К-2	Длина раструба гладкостенной трубы	Полная длина
DN/ID	DN ₁	t	t ₁	L
150	160	82	82	175
200	200	101	102	235
250	250	125	124	282
300	315	149	144	328
400	400	208	178	430
500	500	248	218	525

- **Редукция** двухраструбная эксцентрическая для труб К-2
Размеры указаны в таблице 11 (рис.7)

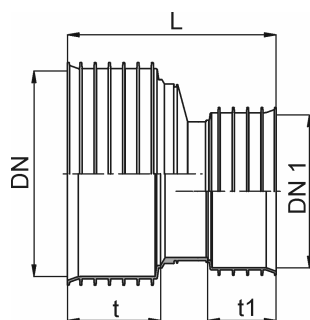


Рисунок 7. Редукция для труб К-2

ТАБЛИЦА 11. Размеры редукций для труб К-2

Номинальный размер труб К-2	Номинальный размер после редукции трубы К-2	Длина всовывания трубы К-2	Длина всовывания после редукции трубы К-2	Полная длина
DN/ID	DN ₁ /ID	t	t ₁	L
200	150	101	82	240
250	200	125	101	288
300	250	149	125	342
400	300	208	149	457
500	400	248	208	553
600	500	279	248	594

- **Колено** двухраструбное для труб К-2 (неотклоненное)
Размеры указаны в таблице 12 (рисунок 8).

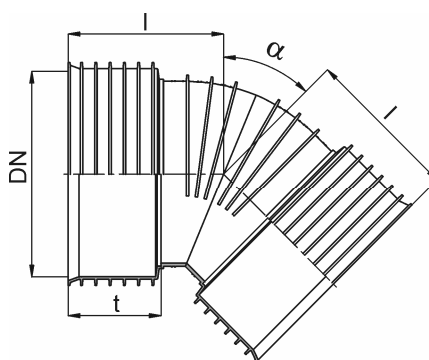


Рисунок 8. Колено

ТАБЛИЦА 12. Размер колен для труб К-2

Номинальный размер	Длина всовывания в раструб	Угол	Монтажный размер
DN/ID	t	α	l
150	82	15°	32
		30°	39
		45°	52
		90°	88
200	101	15°	43
		30°	51
		45°	69
		90°	114
250	125	15°	51
		30°	67
		45°	85
		90°	148
300	149	15°	76
		30°	96
		45°	119
		90°	161
400	208	15°	72
		30°	109
		45°	139
		90°	196
500	248	15°	169
		30°	203
		45°	302
		90°	372
600	279	15°	171
		30°	215
		45°	371
		90°	456

- **Тройник** с тремя раструбами для труб К-2
Размеры указаны в таблице 13 (рисунок 9)

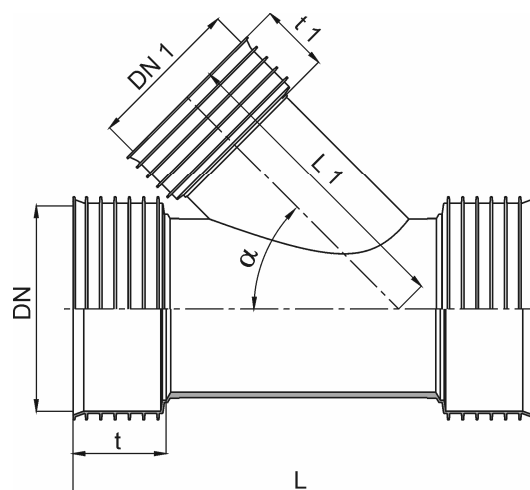


Рисунок 9. Тройник с ответвлением для рифленых труб К-2.

ТАБЛИЦА 13. Размеры тройников для труб К-2.

Номинальный размер К-2	Номинальный размер ответвления	Угол ответвления	Длина ответвления	Полная длина	Длина всовывания трубы К-2	Длина всовывания трубы К-2
DN/ID	DN/ID	α	L_1	L	t	t_1
150	150	45°	330	511	82	82
200	200	45°	387	549	101	101
250	200	45°	430	555	125	101
	250	45°	430	555	125	125
300	200	45°	520	690	149	101
	250	45°	520	690	149	125
	300	45°	520	690	149	149
400	200	45°	645	890	208	101
	250	45°	645	890	208	125
	300	45°	645	890	208	149
	400	45°	645	890	208	208
500	200	45°	660	1170	248	101
	250	45°	685	1170	248	125
	300	45°	708	1170	248	149
	400	45°	737	1170	248	208
600	200	45°	750	1218	279	101
	250	45°	775	1218	279	125
	300	45°	798	1218	279	149
	400	45°	827	1218	279	208

- тройник с двумя раструбами для труб К-2 и раструбным ответвлением для гладкостенных труб со свободными концами из искусственных термопластичных материалов (PVC-U, PP, PE). Размеры указаны в таблице 14 (рисунок 10)

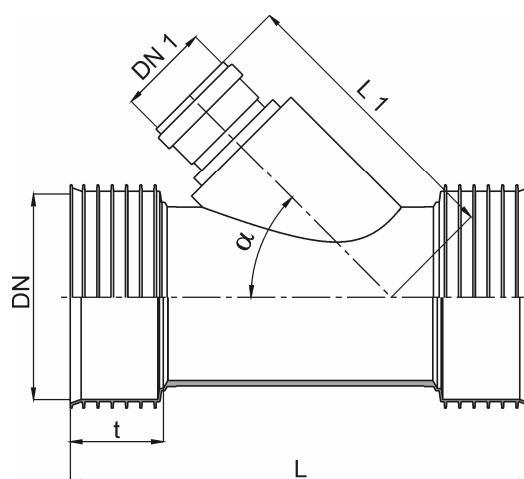


Рисунок 10. Тройник с ответвлением для гладкостенных труб

ТАБЛИЦА 14. Размеры тройников с ответвлением для гладкостенных труб

Номинальный размер	Наружный диаметр труб подсоединяемых к ответвлению	Угол ответвления	Длина ответвления	Полная длина	Длина всовывания трубы К-2	Длина раструба гладкостенной трубы
DN/ID	DN ₁	α	L ₁	L	t	t ₁
150	160	45°	269	449	82	90
200	160	45°	304	487	101	90
	200	45°	317	522	101	108
250	160	45°	470	555	125	90
	200	45°	450	555	125	108
	250	45°	450	555	125	135
300	160	45°	568	690	149	90
	200	45°	568	690	149	108
	250	45°	568	690	149	135
400	160	45°	702	890	208	90
	200	45°	682	890	208	108
	250	45°	660	890	208	135
	315	45°	637	890	208	150
500	160	45°	647	1170	248	90
	200	45°	666	1170	248	108
	250	45°	684	1170	248	135
	315	45°	696	1170	248	150
600	160	45°	737	1218	279	90
	200	45°	756	1218	279	108
	250	45°	774	1218	279	135
	315	45°	786	1218	279	150

- **Заглушка** (пробка) для труб К-2
Размеры указаны в таблице 15 (рисунок 11)

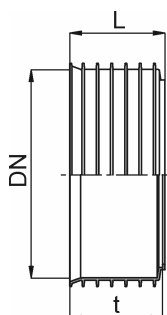


Рисунок 11. Заглушка

ТАБЛИЦА 15. Размеры заглушек

Номинальный размер	Длина всовывания трубы К-2	Полная длина
DN/ID	t	L
150	82	90
200	101	118
250	125	143
300	149	172
400	208	228
500	248	284
600	279	324

- **Втулка защитная** для выполнения герметичных проходов через строительные преграды (напр. бетонные колодцы). Размеры указаны в таблице 16 (рисунок 12)

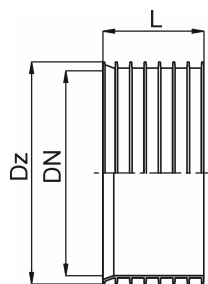


Рисунок 12. Втулка защитная

ТАБЛИЦА 16. Размеры защитных втулок

Номинальный размер труб К-2	Диаметр наружный	Полная длина
DN/ID	Dz	L
150	191	90
200	254	110
250	317	135
300	376	158
400	499	214
500	615	268
600	731	309
800	968	395

- **Седловидный патрубок** для подсоединения к главному трубопроводу выполненного из труб К-2 трубопровода подсоединяемого выполненного из гладкостенной трубы (PVC-U, PP, PE) и закрепляемого механически. Размеры указаны в таблице 17 (рисунок 13)

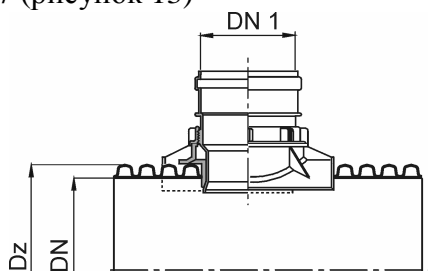


Рисунок 13. Седловидный патрубок

ТАБЛИЦА 17. Размеры седловидного патрубка

Номинальный размер труб К-2	Наружный диаметр гладкостенной трубы патрубка	Наружный диаметр трубы К-2
DN/ID	DN ₁	L
250	200	282
300	200	340
400	200	455

4.3. Дополнительный ассортимент – канализационные трубы и фасонные изделия из PVC-U

- Канализационные трубы гладкостенные из PVC-U (ПВХ)
Размеры труб указаны в таблице 18.

ТАБЛИЦА 18. Размеры труб из PVC-U

Наружный диаметр трубы d _n (мм)	Толщина стенок труб (e) при периметрической жесткости (SN) и приведенными в соответствии с нормами размерами (SDR)					
	SN 2 кН/м ² SDR 51		SN 4 кН/м ² SDR 41		SN 8 кН/м ² SDR 34	
	e _{мин}	e _{макс}	e _{мин}	e _{макс}	e _{мин}	e _{макс}
110	-	-	-	-	3,2	3,8
160	3,2	3,8	4,0	4,6	4,7	5,4
200	3,9	4,5	4,9	5,6	5,9	6,7
250	4,9	5,6	6,2	7,1	7,3	8,3
315	6,2	7,1	7,7	8,7	9,2	10,4
400	7,9	8,9	9,8	11,0	11,7	13,1
500	9,8	11,0	12,3	13,8	14,6	16,3
630	12,3	13,8	15,4	17,2	18,4	20,5

Фасонные изделия для канализационных труб из PVC-U (ПВХ)

- Колено однострубноое 15⁰, 30⁰, 45⁰, 67,5⁰ и 87,5⁰
- Тройник двухраструбный 45⁰ и 87,5⁰
- Седловидное ответвление 45⁰ и 90⁰ (наклеиваемое)
- Седловидное ответвление 90⁰ с механическим креплением
- Муфта с отверстием для ревизии
- Задвижка ливневая
- Редукция
- Защитная втулка для строительных преград
- Муфта двухраструбная с ограничителем (с перегородкой)
- Муфта двухраструбная без ограничителя (надвижка)
- Заглушка (пробка)
- Подосновы с днищем-лотком непроходных инспекционных колодцев
- Подосновы с тремя впусками или с большой пропускной способностью для диаметров d_n= 110 мм, 160 мм, 200 мм, 250 мм, 315 мм и 400 мм, приспособленные к рифленой стержневой трубе с номинальным размером, отнесенным к внутреннему диаметру 355 мм или гладких труб-стволов d_n= 400 мм предназначенных для телескопических гладких труб d_n= 315 мм.

II. Проектирование наружных систем канализации

1. Канализационные системы

Под понятием наружных канализационных сетей выполненных из канализационных труб считается система самотечных сетей от места, с которого отводятся стоки от здания из внутренней канализационной разводки, а также с места приема дождевых вод до очистных сооружений либо другого приемника стоков, где произойдет их утилизация. Сети канализации либо ливневой канализации под зданиями также могут считаться наружной канализацией, если не являются частью внутренних сетей здания.

Можно отметить следующие виды стоков:

Хозбытовые стоки – отведение воды используемой в кухне, постирочной, умывальной, ваннх комнат, туалетов и др. санитарных устройств.

Стоки отведения поверхностных вод происходящие от атмосферных осадков, которые не впитались в грунт и были отведены с поверхности территории либо наружного окружения здания.

Промышленные стоки происходят полностью или частично в процессе промышленной либо торговой деятельности.

Системы канализации должны быть так запроектированы, построены и эксплуатируемы, чтобы отводимые стоки не приводили к тяжелым последствиям для окружения, риска для здоровья жителей и обслуживающего систему персонала. В проекте канализационной системы необходимо учитывать топографию территории, характер застройки, существующие и прогнозируемые количества стоков, способность принятия стоков очистными сооружениями (возможность их расширения), а также возможность других приемников для утилизации стоков поверхностных вод.

В зависимости от локальных требований могут быть применены три различные системы канализации:

- канализация раздельная – состоящая из двух независимых систем, из которых одна служит для отведения использованных вод (главным образом хозяйственных стоков), а вторая система служит для отведения поверхностных вод (от атмосферных осадков) , а также в особых случаях требующих специального разрешения на ограниченное количество грунтовых вод.
- канализация общесплавная – предназначена для отведения хозяйственных стоков и поверхностных вод общей системой сетей.
- канализация частично-раздельная – состоит из двух систем канализации, из которых одна служит для отведения хозяйственных стоков и ограниченного количества поверхностных вод, отведенных на очистные сооружения, а вторая система служит исключительно для отведения избытка поверхностных вод в накопитель-приемник.

Общесплавная канализация применялась везде, где не строилось нормальных работоспособных очистных сооружений, а приемником стоков были все виды вод, таких как море, реки, озера, а также водоносные слои грунта. Сегодня строящиеся очистные сооружения имеют высокую производительность очистки используемых вод, однако процессы очистки являются дорогостоящими, и поэтому появилась необходимость «сортировки» стоков в зависимости от степени их загрязнения. Выбор канализационной очистки главным образом зависит от :

- вида системы, который актуально функционирует на данной территории;
- величины и эффективности очистки, а также возможности ее расширения и модернизации;
- физических свойств отводимых стоков в канализационную сеть;
- необходимости предварительной очистки стоков;
- топографии территории.

Допускается сбрасывание в канализационную систему следующих видов стоков:

- хозяйственные стоки;
- стоки промышленные возможные к приему без предварительной очистки либо после предварительной очистки;
- поверхностные воды и в случаях, когда получено разрешение, грунтовые воды.

Приступая к проектированию канализационной системы необходимо принять во внимание ряд факторов, к которым необходимо отнести:

- топографию территории и исходящие из этого уклоны сетей, а также величина их заглубления для обеспечения непромерзания сетей в зимнее время;
- уровень выступления грунтовых вод и связанной с этим необходимостью отведения воды с территории во время проведения земляных работ;
- грунтовые условия, при которых во время проведения земляных работ в зоне укладки сетей, исходя из низкой несущей способности или отсутствия способности уплотнения, появится необходимость замены грунта на грунт доставленный извне;
- последствия, возникающие из способа ведения земляных работ, имеющих влияние на изменение грунтовых условий из-за изменения прохождения грунтовых вод в водоносных слоях;
- специальных требований, связанных с защитой окружающей среды, напр. при строительстве канализационной сети в парках или заповедниках;
- сезонного отведения стоков на территориях эксплуатируемых сезонно, напр. рекреационных или туристических;
- актуальную и перспективную плотность населения территории.

Анализируя эти факторы, необходимо осмыслить необходимость выбора системы отведения стоков. Значительное влияние на стоимость строительства и эксплуатации имеет чрезмерное заглубление сетей. Проект выбран правильно с точки зрения экономичности тогда, когда канализационные сети уложены в соответствии с уклонами территории. Одновременно эти сети должны быть уложены с такими уклонами, при которых возникнут достаточные скорости протекания стоков для самоочистки. Заглубление сетей будет иметь значительное влияние на стоимость строительства и эксплуатации. Решаясь на определенные варианты строительства, необходимо совместить заглубление совместно с другими факторами, такими, как:

- защита от затопления траншей во время работ;
- физические свойства грунта;
- наличие грунтовых вод;
- близость фундаментов строений и необходимость их предохранения;
- близость другой технической инфраструктуры;
- близость деревьев или разросшихся корней;
- защита от промерзания.

В случае необходимости чрезмерного заглубления сетей необходимо прикинуть возможность введения в системах сетей самотечной канализации частичных систем перекачки. Такие системы могут касаться напорной канализации или вакуумной. Необходимо взвесить за больший период времени затраты, связанные с поставкой энергии и других расходов, связанных с эксплуатацией устройств.

Применяя системы перекачки стоков либо поверхностных вод, мы получаем:

- минимальное заглубление сетей;

- включение в систему самотечной канализации или непосредственно в очистные сооружения выпусков сетей с территорий, расположенных ниже, которые выпуски не могут оставить;
- преодоление препятствий на территории, напр. возвышения местности, водных артерий, железнодорожных путей или случаев необходимости выполнения сифонных систем.

2. Общие требования по проектированию

Эти требования, касающиеся эластичных труб, обобщены в нормах PN-EN 752, PN-EN 1295-1 и PN-EN 1610.

- Сети укладываемые в грунте должны быть запроектированы таким образом, чтобы были учтены внутренние и наружные нагрузки проявляющиеся во время строительства и эксплуатации без опасности чрезмерной деформации и потери герметичности, а также не составляли угрозу для окружающей среды из-за невыполнения своих функций.
- Канализационные безнапорные сети (самотечные) в зависимости от наружных статических и динамических нагрузок, грунтовых условий, а также старательности и надзора во время их прокладки должны обладать соответственно подобранной, номинальной периметрической жесткостью, гарантирующей не превышение допустимых кратко и долговременных деформаций.
- Напорные сети (низконапорные и вакуумные) должны иметь установленное номинальное рабочее давление, определенное проектом и учитывающее возможность возникновения перегрузок.
- При нагрузках наружных сетей из искусственных материалов необходимо учитывать номинальную периметрическую жесткость трубопровода, а также упругость прилегающего грунта, кроме того, влияние конструкции траншеи и грунтовых вод на функцию времени воздействия. Нажимы, производимые на сеть через поверхностную сосредоточенную нагрузку, производимую колесами транспорта, должны быть рассчитаны в соответствии с методом Boussinesga, а также должно быть учтено влияние этой нагрузки на трубопровод.
- Необходимо определить граничные состояния, при которых трубопровод может проявить себя негативно (напр. начнутся протекания, деформации поперечного сечения). Проект должен обеспечивать, чтобы такие случаи не могли возникнуть.
- Глубина покрытия трубопроводов (вертикальное расстояние от поверхности трубы до поверхности территории) зависит от глубины промерзания грунта (h_z) для данной климатической зоны согласно СнИП и составляет для канализационных трубопроводов $h_z + 0,2$

2.1. Влияние ведения работ на проектирование

Среди различных факторов принимаемых во внимание при проектировании только подбор диаметра и глубины заложения зависят от проектировщика. Однако методы ведения земляных работ и использования грунта в зоне укладки сетей зависят от проектировщика только в той мере, которая вытекает из принятых решений и надзора работ.

Выполнение траншей, способ укладки трубопровода и засыпка траншеи грунтом имеют существенное значение для подбора периметрической жесткости труб.

Схема принятых определений при производстве земляных работ указана на рисунке 14.

1. Поверхность территории
2. Низ покрытия дороги
3. Стенка траншеи
4. Главная засыпка
5. Предварительная засыпка
6. Обсыпка
7. Подсыпка верхняя
8. Подсыпка нижняя
9. Дно траншеи
10. Глубина покрытия
11. Толщина подсыпки
12. Высота зоны укладки трубопровода
13. Глубина траншеи

- а – толщина нижней подсыпки
 б - толщина верхней подсыпки
 с – толщина засыпки предварительной

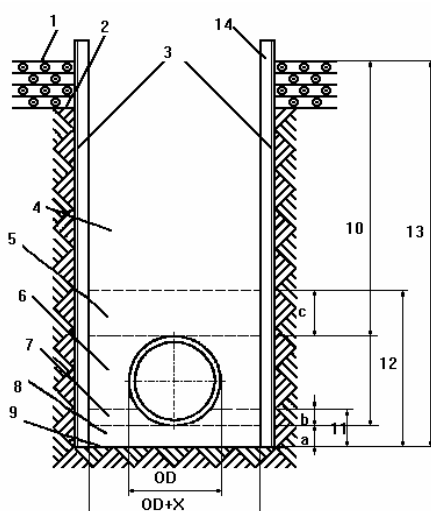


Рисунок 14. Определения, касающиеся земляных работ

При проведении земляных работ существенное значение имеет способ выполнения укрепления стен траншеи и демонтаж крепления стен во время засыпки, что может привести к нарушению плотности грунта, а возникшие при этом пустоты могут стать причиной деформации трубопровода и увеличения времени просадки трубопровода. Появление грунтовой воды и понижение ее уровня во время проведения земляных работ, может также иметь влияние на несущую способность грунта, т.е. стабильность уложенных сетей. Очередное изменение уровня грунтовой воды после выполнения засыпки может быть причиной перемещений мелких частиц материнского грунта в зону укладки трубопровода, что может ослабить материнский грунт по обе стороны трубопровода за границей траншеи.

При проектировании укладки трубопровода необходимо предусмотреть имеет ли грунт соответствующую несущую способность и существует ли необходимость выполнения подсыпки. Кроме того, в грунтах с исключительно низкой несущей способностью необходимо в зоне укладки трубопровода выполнить защиту при помощи геотекстиля, не допуская проникновения мелких частиц в эту зону.

Очень большое влияние на конструктивную прочность трубопровода, а значит и его деформацию, имеет грунтовый материал, находящийся в непосредственной близости трубопровода, который составляет зону укладки трубопровода. Это влияет на расклад напряжений грунта по периметру трубы и отсюда на реакцию трубы. Начальный этап уплотнения грунта во время строительства трубопровода имеет большое влияние на величину последующей просадки, как результат натурального процесса либо ускоренного из-за дорожного движения. Чем большая будет просадка трубопровода, тем большие воздействия будут действовать на трубопровод.

В случае, когда грунт в зоне прокладки трубопровода соответственно уплотнен, часть энергии, вызванная нагрузкой действует на трубопровод (приведя к его деформации), также как и часть энергии на основе реакции передается через грунт, находящийся по бокам трубопровода. Район, в котором передается энергия, зависит от периметрической жесткости трубопровода, способности грунта заполняющего траншею до уплотнения и от вида материнского грунта вне траншеи. Использование, особенно в зоне укладки сети, грунтов легких для уплотнения и имеющих низкую способность к увлажнению, может в большой степени уменьшить величину деформаций, возникающих в трубопроводе при его монтаже и засыпке.

Практика и опытные исследования уложенных трубопроводов указывают на изменяемость появляющихся воздействий и развивающуюся деформацию поперечного сечения труб. Главная причина этих изменений вытекает из неоднородности характеристики грунта и различной строительной практики. Величина этих различий может быть значительно уменьшена путем хорошего надзора, контрольных измерений и использования для обсыпки, а также предварительной засыпки грунтового материала, имеющего хорошую способность к уплотнению. Поэтому при проектировании необходимо руководствоваться следующими правилами:

- Проектировщик должен предусмотреть средние свойства материнского грунта и приспособить к этим условиям соответствующую периметрическую жесткость трубопровода;
- Проектировщик, в случае тяжелых условий материнского грунта, особенно в случае появления наводнений, должен предусмотреть и определить необходимость замены грунта в зоне укладки сетей, а также возможного способа предохранения трубопровода от просадки.

3. Гидравлические расчеты самотечных сетей, а также подбор диаметров и уклонов трубопроводов

Для проведения расчетов, при бурном токе в канализационных трубопроводах с круглым сечением при полном заполнении, средняя скорость тока V выражается формулой Colebrooka-White'a, указанного в нормах PN-EN 752-4. Умножая среднюю скорость струи на площадь трубопровода, получаем уравнение:

$$Q = -6,954 \log \left(\frac{0,737}{d \sqrt{d_i J_E} \cdot 10^{-6}} + \frac{k}{3,71 d_i} \right) d_i^2 \sqrt{d_i \cdot J_E} \quad (m^3 / s)$$

где:

- V – средняя скорость струи имеющей поперечное сечение трубопровода (м/сек)
- g - ускорение свободного падения (9,81 м/сек²)
- d_i – внутренний диаметр трубы (м)
- J_e – гидравлический уклон (потеря энергии на единицу длины) (безразмерная)
- k – коэффициент гидравлической шероховатости трубы (м)

θ - коэффициент кинетической липучести жидкости (для стоков составляет $1.3 \cdot 10^{-6}$ м²/сек)

Принимая среднюю скорость течения стоков (V), а также уклоны трубопроводов (Je) можно на основе монограмм (рисунок 15 и рисунок 16 для труб К-2) установить диаметр трубы для соответственных величин тока (дм³/сек).

Коэффициенты шероховатости (учитывающие потери давления из-за сопротивления трения поверхности трубы во время турбулентного тока), принимаются для трубопроводов К-2 из РР с боковыми подключениями и ревизионными колодцами $\kappa=0,4\text{мм}$ (0,0004м), а для транзитных трубопроводов без боковых подключений, но с небольшим количеством колодцев (с большой пропускной способностью $\kappa= 0,25$ мм (0,00025м)

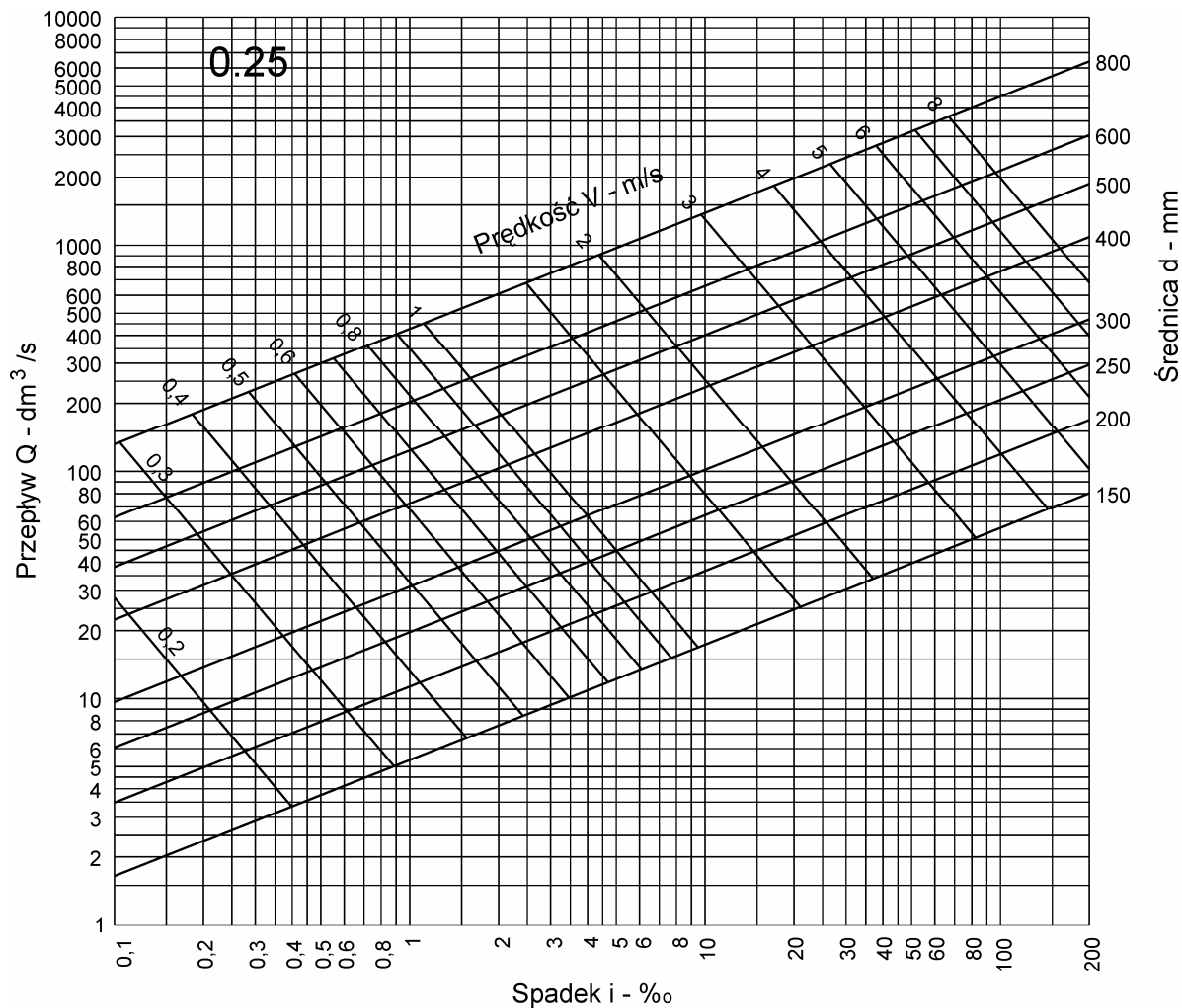


Рисунок 15. Монограмма для расчетов тока для труб К-2 ($\kappa=0,25$ мм)

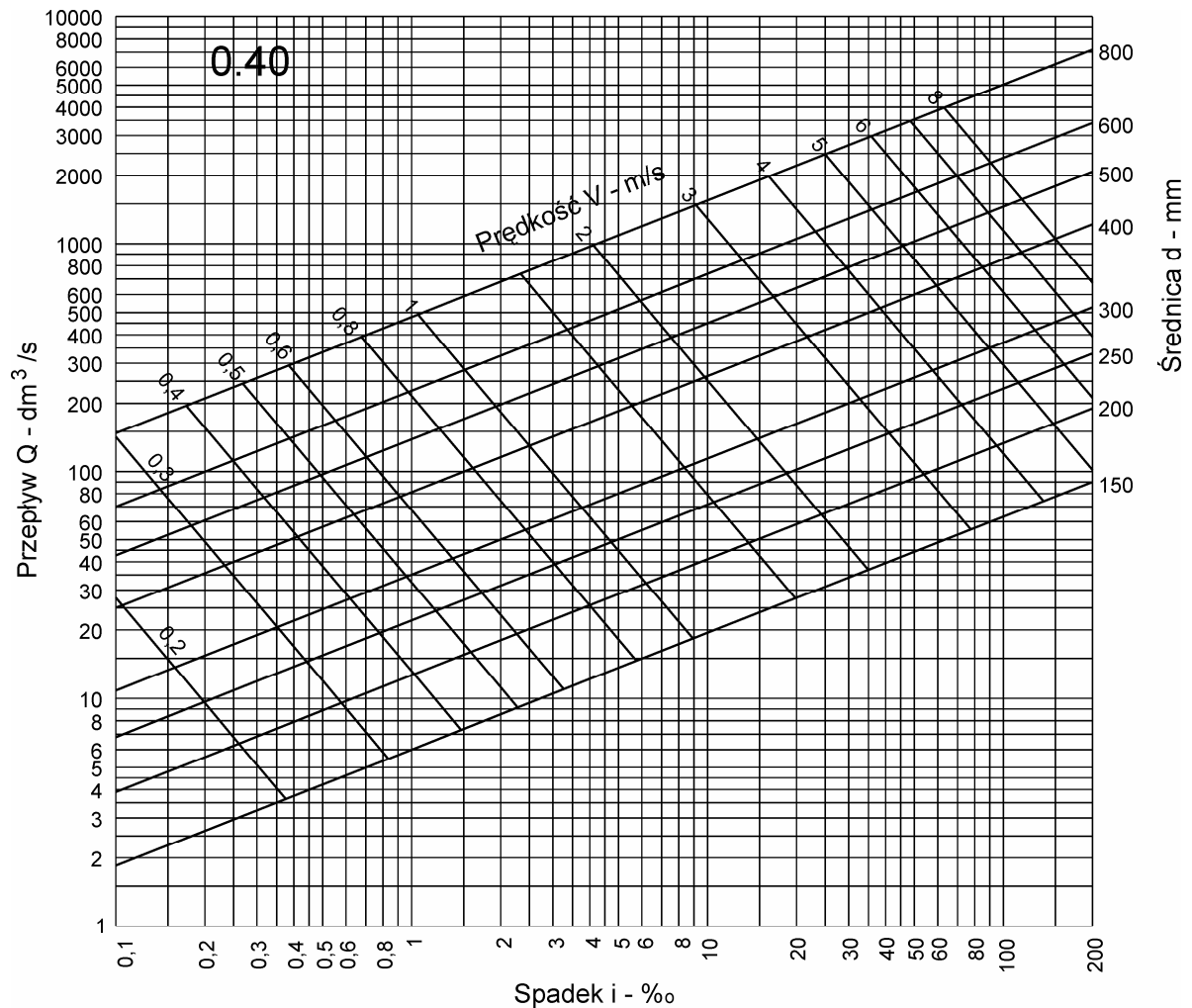


Рисунок 16. Монограмма для расчетов тока для труб К-2 ($\kappa=0,40\text{мм}$)

Для расчетов трубопроводов при частичном заполнении можно применить формулу Бреттинга:

$$\frac{q_n}{Q} = 0,46 - 0,5 \cos\left(\Pi \frac{h_n}{d_i}\right) + 0,04 \cos\left(2\Pi \frac{h_n}{d_i}\right)$$

где:

h_n – высота частично заполненного трубопровода

d_i – высота полного заполнения трубопровода

g_n – усилие тока частично заполненного трубопровода

Q – усилие тока при полном заполнении трубопровода

V_n – скорость течения частично заполненного трубопровода

R_n – гидравлический радиус частично заполненного трубопровода

R – гидравлический радиус при полном заполнении трубопровода

$\frac{h_n}{d_i}$ отношение высоты частичного заполнения к полному заполнению трубопровода

$\frac{q_n}{Q}$ отношение величины усилий токов для разных заполнений трубопровода

$\frac{V_n}{V}$ отношение скорости потока стоков для разной высоты заполнения к полному
заполнению

$\frac{R_n}{R}$ отношение гидравлических радиусов

Исходя из обеспечения вентиляции трубопроводов, ток стоков должен происходить при их частичном заполнении. Необходимо определить зависимости по отношению к степени заполнения на основе кривых отдачи КПД для круглого сечения, показанных на рисунке 17.

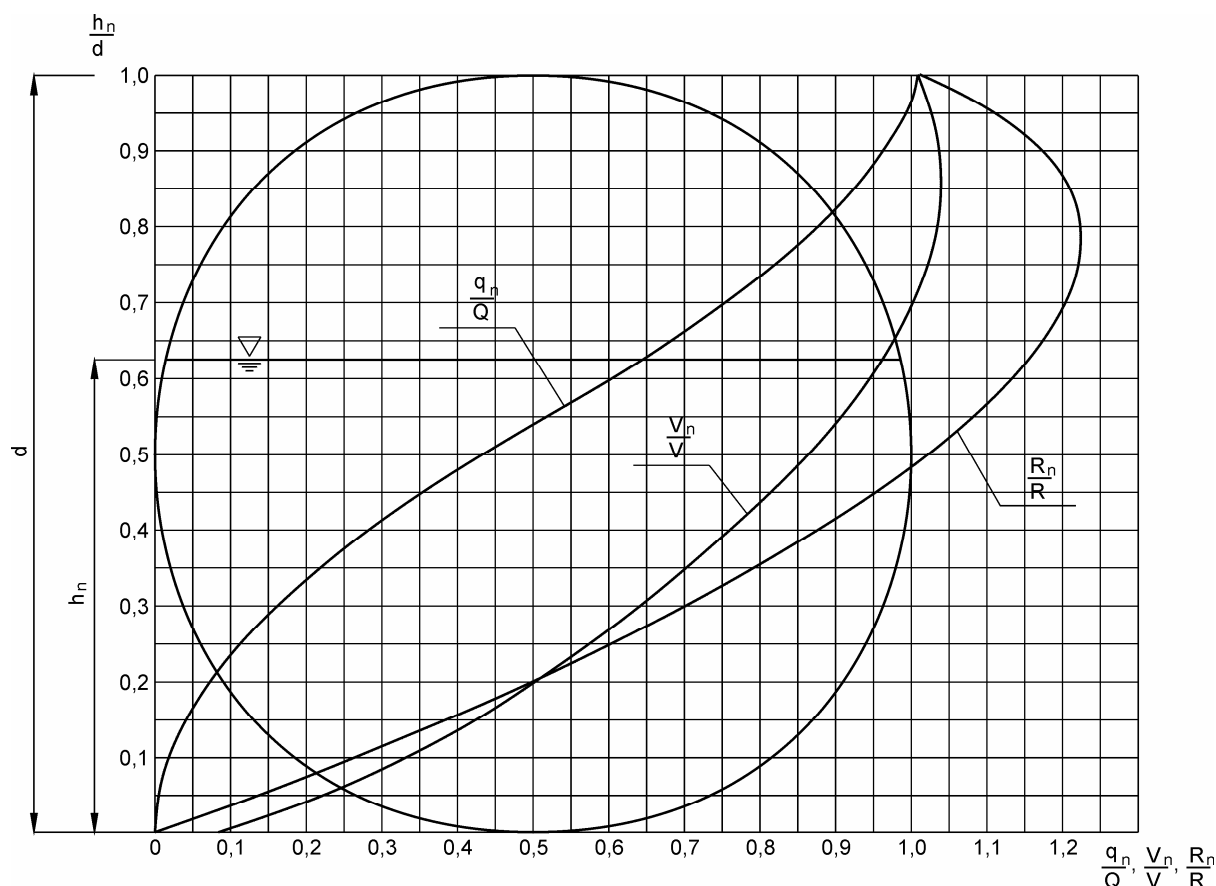


Рисунок 17. График отдачи КПД круглого сечения

На основе этих уравнений рассчитаны минимальные уклоны трубопроводов, которые можно принимать для наименьших скоростей тока для сохранения самоочистки самотечных сетей, величины которых указаны в таблице 19. Скорости тока должны возрастать вместе с увеличением диаметров. Принципом является подбор уклонов одновременно с увеличением диаметров по формуле:

$$J_E = \frac{1}{d_i}$$

Минимальный гидравлический уклон, осуществляющий требование самоочистки для дождевых вод можно также посчитать по формуле (учитывающей касательное напряжение (усилие) транспортируемой жидкости, а также степень заполнения трубопровода):

$$J_{E \min} = 0,612 \cdot 10^{-3} \left(d_i \frac{R_n}{R} \right)^{-1}$$

а для хозяйтовых стоков:

$$J_{E \min} = 0,815 \cdot 10^{-3} \left(d_i \frac{R_n}{R} \right)^{-1}$$

ТАБЛИЦА 19. Минимальные уклоны канализационных сетей (%)

Номинальный диаметр d_n – гладкие трубы DN – трубы К-2	Ливневая канализация $V = 0,6$ м/сек		Хозяйтовая канализация $V = 0,7$ м/сек		Общесплавная канализация $V = 1,0$ м/сек	
	$k = 0,25$ мм	$k = 0,4$ мм	$k = 0,25$ мм	$k = 0,4$ мм	$k = 0,25$ мм	$k = 0,4$ мм
$d_n=110$	5	5,5	9	10	14	15
$d_n=160$	3	3,3	5,5	6	8	9
$d_n=200$	2,3	2,5	4	4,5	6	7
DN 150	3	3,1	4,1	4,4	7,8	8,6
DN 200	2,0	2,2	2,8	3,1	5,5	6,2
DN 250	1,6	1,7	2,1	2,3	4,2	4,5
DN 300	1,3	1,5	1,6	1,8	3,4	3,7
DN 400	0,83	0,95	1,2	1,4	2,3	2,6
DN 500	0,64	0,7	0,87	0,95	1,8	2,0
DN 600	0,5	0,6	0,7	0,78	1,4	1,6
DN 800	0,35	0,4	0,46	0,54	0,8	1,0

Расчет количества хозяйтовых стоков можно принять исходя из статистического количества используемой воды потребителем. Расход воды зависит от наличия счетчиков воды (или же потребители платят непосредственно за потребление воды), а количество санитарных приборов, а также в большой степени, имеют ли доступ к горячей воде. Можно принять, что потребление воды на одного жителя составляет 150 до 250 литров в сутки. Максимальный расчетный ток хозяйтовых стоков составляет в среднем, в европейских странах, в границах 4-6 литров в секунду на 1000 жителей. К этим величинам необходимо добавить стоки промышленности, услуг и торговли. Максимальный ток должен происходить минимум один раз в сутки, чтобы бурным способом произошла самоочистка трубопроводов.

Расчет вод атмосферных осадков

Для расчета количества отводимых поверхностных вод от атмосферных осадков необходимо принять величину поверхности, собирающей воду, интенсивность и продолжительность осадков, необходимо определить тип грунта и его пропускную

способность, а также топографию местности. Максимальные стоки появятся при обильных осадках, которые невозможно предвидеть. Для расчетов с целью определения критериев производительности системы необходимо принимать частоту появления дождя средней силы, при котором не должны происходить перегрузки. Минимальная скорость тока дождевой воды при сохранении самоочистки трубопроводов составляет 0,6 м/сек. Среднюю интенсивность дождя в соответствии с PN-B-01707:1992 необходимо принимать не меньше, чем $i = 300 \text{ дм}^3/\text{сек га}$.

Максимальная величина тока Q ($\text{дм}^3/\text{сек}$) выражается формулой

$$Q = X i A$$

где

X – коэффициент стока с поверхности (определяет степень пропускаемости от 1 – для крыш до 0,3 для грунтов пропускающих) (величина безразмерная)

i – средняя интенсивность дождя ($\text{дм}^3/\text{сек га}$)

A – поверхность стока (га) измеряемая по плану

С целью уменьшения стока дождевой воды с собираемой поверхности в общесплавную систему необходимо предусмотреть применение поглощающих колодцев, а также уменьшение непронускаемых поверхностей путем частичного отведения дождевых вод на пропускаемые поверхности. В случае общесплавной канализации, рассматривая интенсивность тока, исходя из количества хозяйственных стоков увеличенная на количество дождевой воды во время сильного ливня может оказаться, что эти воды являются доминирующим фактором, приводящим к самоочистке трубопроводов, но значительно увеличивающим количество стоков транспортируемых в очистные сооружения. Необходимо также помнить о необходимости дополнительной очистки трубопроводов в периоды, когда нет дождя, которые наступают зимой.

4. Подбор периметрической жесткости канализационных труб

Периметрическая жесткость эластичных труб из искусственных материалов, в том числе из полипропилена, обладает свойством, связанным со структурой строения, толщиной стенок, а также модулем упругости материала, из которого выполнены трубы. Трубы, укладываемые в грунте, работающие без внутреннего давления, вследствие нагрузки от грунта подвергаются деформациям. Эти деформации зависят от периметрической жесткости трубы, а также от пружинистости грунта окружающего трубопровод; а потому свойства грунта зависят от степени его уплотнения. Кроме того, на влияние напора грунта на трубу, оказывают вес грунта располагающегося над трубой, а также динамические нагрузки вне территории, возникающие от нагрузок происходящих от движения транспорта.

Периметрическую жесткость для труб с гладкими стенками можно определить на основании принятых толщин стенок. Гладкостенные трубы имеют так подобранные толщины стенок, что эти величины пропорциональны диаметрам и систематизированы в сериях труб (S). Разделив наружный диаметр трубы (d_n) на толщину стенки (e_n) получаем **нормализованное отношение размеров (SDR)**.

Величина SDR является числовым обозначением серии труб, которая является округленным числом и в приближении равная частному, полученному по формуле:

$$(SDR) = \frac{d_n}{e_n}$$

а величина серии труб S вытекает из формулы:

$$(S) = \frac{d_n - e_n}{2e_n} \quad \text{или} \quad (S) = \frac{(SDR) - 1}{2}$$

Итак, несмотря на наружный диаметр, трубы толщиной с одной и той же серии и SDR имеют установленную периметрическую жесткость, которая указана в предметных нормах и обозначена сокращенно **SN** (кН/м²).

Кроме того, для труб с гладкими стенами можно также рассчитать начальную периметрическую жесткость (расчетную) (S_c) по следующим формулам:

$$S_c = \frac{E \cdot J}{(d_n - e_n)^3} ; \quad J = \frac{e_n^3}{12} ; \quad S = \frac{d_e - e_n}{2e_n}$$

$$S_c = \frac{E}{96(S)^3}$$

где:

S_c – начальная расчетная периметрическая жесткость (кН/м²)

E – модуль пружинистости (кратковременной) при изгибе, который составляет для

PP – $E = 1250 \div 1850$ МПа

PE-HD – $E = 600 \div 1200$ МПа

PVC-U – $E = 3000$ МПа

J – момент инерции (мм³)

d_n – номинальный наружный диаметр (мм)

e_n – номинальная толщина стенки (мм)

S – серия труб (величина безразмерная)

Величина S_c (для гладких труб) является величиной близкой к номинальной периметрической жесткости **SN**, вытекающей из величины, указанной в нормах PN-EN, проверенной на основе лабораторных исследований, выполненных в соответствии с PN-EN ISO 9969, в которых образцы труб сдавливаются между плитами испытательной машины до момента уменьшения внутреннего диаметра на 3%.

Величина SN (периметрической жесткости) для структурных двухслойных труб К-2 из полипропилена можно практически определить только на основании лабораторных исследований, выполненных Производителем, и декларированная путем маркировки на трубах. Периметрическая жесткость, декларированная производителем является номинальной периметрической жесткостью труб и ее нужно принимать как минимальную прочность, которая может характеризовать всю партию труб, поставляемую Производителем.

Проектировщик при подборе периметрической жесткости труб должен проанализировать следующие вопросы:

- квалификации материнского грунта с целью возможности использования его для предварительной засыпки в зоне укладки трубопровода;
- целесообразности использования привозного грунта в зоне укладки трубопровода на подсыпку и предварительную засыпку;
- необходимость предохранения привозного грунта геотекстилем;
- определение способности уплотнения грунта использованного в зоне укладки трубопровода, а также старательности выполнения земляных работ исполнителем;
- проведение экономического анализа необходимости применения привозного грунта или материнского грунта в зоне укладки трубопровода, а также проведение подбора периметрической прочности канализационных труб.

В европейских странах существует значительная разница в способах обозначения зернистости грунтовых материалов. В настоящее время приведение обозначения к единому уровню практически невозможно. Отдельные страны в своих распоряжениях по-разному допускают использование грунтового материала в зону укладки трубопроводов из искусственных материалов.

В Польше определения деления и характеристики грунта указаны в нормах PN-B-02480:1986. Не существует, однако общих указаний, которые бы определяли требования, касающиеся использования грунтового материала в зоне укладки эластичных трубопроводов. Анализируя Приложение В к нормам PN-EN 1610, в котором накоплены информации, касающиеся свойств грунтовых материалов, применяемых в европейских странах объединенных в CEN, а также общие требования для грунтовых материалов применяемых на подсыпку и предварительную засыпку для эластичных труб из термопластичных материалов можно выполнить предварительную классификацию грунтов под углом их пригодности использования в зоне укладки сетей (таблица 20). Это касается способности к уплотнению и пружинистости гранулированных грунтовых материалов, используемых на подсыпку и предварительную засыпку. Не допускается наличия в этой зоне острых кремниевых камней или других камней превышающих допустимые размеры.

ТАБЛИЦА 20. Классификация групп грунтового материала.

Группа грунтов	Тип грунта	Характеристика	Возможность использования в зоне укладки трубопровода К-2
1	Гранулированный	Материал сортируемый – гравий с размером фракции 4-8,4-16, 8-12, 8-22мм Допустимое количество фракции 2 мм до 20% Материал с крупным скелетом одно или многофракционный	да
2	Гранулированный	Материал, сортируемый на основе смеси песка и гравия с размером фракции до 22 мм содержащий до 20% зерен песка Материал пригодный для уплотнения	да
3	Гранулированный	Пески мелкозернистые, заглиненный гравий, смеси с различной зернистостью, не сортируемые, но не превышающие размеры зерен 22 мм с содержанием до 5% пылевидных частиц	да
4	Плотный	Грунты пылевидные, из глины, ила средней и высокой пластичности, имеющие ограниченное применение, исходя из малой упругости	да
5	Органический	Торф, илы пылевидные, пылевидные грунты, содержащие значительное количество органических субстанций	нет
6	Мягкий органический	Грунты очень просадочные – торф, органические осадки, озерный мел, осадки в старых водосточных отводах Грунты подверженные большой сифозии – вымывание пыlistых частиц грунтовой водой с сжимаемостью $M_0=0,2\div 2$ МПа	совершенно непригодное

Для этих групп грунта в зависимости от качества выполнения работ во время уплотнения, можно получить разный показатель уплотнения грунта.

В таблице 21 указано, на основе предварительных норм PN-ENV 1046, возможный в получении уровень уплотнения грунта в % величины Proctora в зависимости от классификации качества выполнения работ по уплотнению для группы грунта, пригодного для использования в зоне укладки трубопровода.

ТАБЛИЦА 21. Степень уплотнения грунта

Классификация качества выполнения	Показатель уплотнения величины (%)Proctora			
	Группа 4	Группа 3	Группа 2	Группа 1
Небрежное – N – (Not)	75 до 80	79 до 85	84 до 89	90 до 94
Умеренное – M – (Moderate)	81 до 89	86 до 92	90 до 95	95 до 97
Высокое – W – (хорошее)(Well)	90 до 95	93 до 96	96 до 100	98 до 100

Зато в таблице 22 указано рекомендуемую периметрическую жесткость труб (SN) предназначенных для укладки на территориях без дорожного движения в зависимости от вида грунта используемого в зоне укладки в траншеях на территориях, где выступают материнские грунты, которые зачислены к группам, указанным в таблице 20. При углублении сетей свыше 3 м, нельзя допустить небрежное выполнение работ по уплотнению грунта в зоне укладки трубопровода, так как очень тяжело предусмотреть деформацию трубопровода во время консолидации грунта.

ТАБЛИЦА 22. Рекомендуемая минимальная периметрическая жесткость канализационных труб К-2 уложенных на территориях без нагрузок, происходящих от движения транспорта.

Группа грунта используемого в зоне укладки трубопровода	Классификация выполнения работ по уплотнению указана в таблице 21	Минимальная периметрическая жесткость труб К-2 SN					
		Глубина заложения 1м до 3м					
		Классификация материнского грунта					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4	4	4	4	4	5
	M	4	4	4	4	5	6,3
	N	4	4	4	4	8	10
2	W		4	4	4	5	5
	M		4	4	5	6,3	6,3
	N		4	6,3	8	8	*)
3	W			4	6,3	8	8
	M			6,3	8	10	*)
	N			*)	*)	*)	*)
4	W				6,3	8	8
	M				*)	*)	*)
	N				*)	*)	*)

		Глубина укладки 3м до 6м					
1	W	4	4	4	4	5	6,3
	M	4	4	4	5	6,3	8
2	W		4	4	5	8	8
	M		5	5	8	10	*)
3	W			6,3	8	10	*)
	M			*)	*)	*)	*)
4	W				*)	*)	*)
	M				*)	*)	*)

*) необходимо произвести расчеты

В случае укладки трубопроводов в дорожной полосе земляные работы должны быть выполнены в соответствии с PN-S-02205. Должна быть определена классификация грунтов выступающих ниже зоны промерзания, в которой прокладываются трубопроводы, а также определена группа грунта в зоне укладки трубопровода. Засыпка поперечных узкопроходных траншей через проезжую часть до глубины 1,2 м должны получить показатель уплотнения 1,00, на большей глубине допускается показатель уплотнения 0,97 при условии применения средств нивелирующих просадку (напр. использование гранулатов достаточно уплотненных, укладка армирования из геотекстиля).

В зависимости от класса дороги грунтовая подоснова, в которой укладываются сети, должна иметь соответствующую плотность. Для автострад уплотнение грунта в насыпи должно составлять 0,97, для дорог с интенсивным и очень интенсивным движением не меньше, чем 0,95, а для дорог со слабым и средним движением 0,92. При требуемых уплотнениях грунта, классификация выполнения работ по уплотнению должна быть только высокой. В таблице 23 показано минимальную периметрическую жесткость труб К-2 при укладке труб в дорожной полосе при разных условиях материнского грунта.

ТАБЛИЦА 23. Рекомендуемая минимальная периметрическая жесткость канализационных труб К-2 при укладке в дорожной полосе.

Группа грунта используемого в зоне укладки трубопровода	Классификация выполнения работ по уплотнению указана в таблице 21	Минимальная периметрическая жесткость труб К-2 SN					
		Глубина заложения 1м до 3м					
		Классификация материнского грунта					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4	4	6,3	8	10	*)
2	W		6,3	8	10	*)	*)
3	W			10	*)	*)	*)
4	W				*)	*)	*)
		Głębokość ułożenia 3m do 6m					
1	W	4	4	4	4	5	6,3
2	W		4	4	5	8	8
3	W			6,3	8	10	*)
4	W				*)	*)	*)

*) необходимо проведение расчетов и тщательный анализ необходимости армирования из геотекстиля.

5. Статические расчеты канализационных трубопроводов уложенных под землей в условиях нагрузок от дорожного движения.

Расчеты, проверяющие деформации канализационных трубопроводов К-2 из полипропилена необходимо проводить в условиях, которые приводят к сомнениям, возникающим в следующих случаях:

- трубопроводы уложены в грунте ниже 1м либо глубже 6м;
- материнский грунт с низкой несущей способностью, зачисленный в 5 либо 6 группу; (таблица 20)
- сети укладываются под дорогами с большой интенсивностью движения.

Основанием для расчетов является норма PN-EN 1295-1, которая содержит требования для проектировщиков водопроводных и канализационных сетей, которые работают под давлением равным, большим или меньшим, чем атмосферное. Нормы эти, исходя из больших разниц, которые существуют в европейских странах, возникающих в геологии и климате, а также разнородных традиций монтажа и организации работ, являются проводником в отечественных методах проектирования. В части 1 этих норм указаны, однако, общие требования для проектирования трубопроводов, уложенных под землей. Даны проектные процедуры и определено влияние исполнительных методов (выполнение траншей, укладка трубопроводов, заполнение траншей грунтом) на деформацию труб из-за действия нагрузок на возникновение деформаций.

В Польше для расчетов деформаций трубопроводов из термопластичных материалов чаще всего применяются два расчетных метода, описанных в приложении к нормам PN-EN 1295-1:

VAV P70:1992 скандинавский метод, называемый методом Молина

ATV-A-127:1998 немецкий метод

Расчеты скандинавским методом более легкие в использовании, так как ограничиваются определением деформаций эластичных труб, возникших от веса грунта и динамических усилий, возникающих от нагрузок дорожного движения. К этим деформациям добавляются расчетные величины, вытекающие из качества монтажа и вида подосновы.

Немецкий же метод является общим методом, который касается расчетов жестких и эластичных трубопроводов, где влияние нагрузки на трубопровод определяется на принципе балки под нагрузкой. Результат усилия является основой для изгибающих моментов, осевых сил, напряжений и деформаций. Для проведения расчетов необходимо принять разнообразность свойств грунтов, их модули деформаций при разной степени уплотнения. Кроме того, необходимо учесть различные способы монтажа трубопроводов, форму и вид траншеи, условия выполнения засыпки и влияние грунтовых вод.

Так как тщательность теоретических расчетов, исходя из часто меняющихся условий на местности, на практике мало полезна, поэтому в Польше применяется скандинавский метод.

Этот метод при определении изгибов трубопроводов в уравнении Молина основывается на формуле Спанглера. В соответствии с общей формулой Спанглера относительный изгиб трубы (относительно диаметра) составляет:

$$\frac{\delta_h}{DN} = \frac{f(q)}{SN + S_s}$$

где:

δ_h – вертикальный изгиб трубы

DN – номинальный внутренний диаметр

$\frac{\delta_h}{DN}$ - относительный начальный изгиб трубы

f(g) – нагрузка от грунта

SN – номинальная периметрическая жесткость трубы

Ss – жесткость (прочность) грунта

Нагрузки от грунта принимаются в соответствии с теорией насыпи. Наружное давление, образующееся от транспортного движения, усиливаются в соответствии с теорией Буссинеска при осевой нагрузке 2х 130 кН.

Принятые обозначения:

Q – полная вертикальная линейная нагрузка трубопровода (кН/м)

H – глубина покрытия (расстояние между трубой и поверхностью территории)(м)

d_n – номинальный наружный диаметр трубы (м)

D – нейтральный диаметр оси изгиба трубы (м)

q – Q/ d_n – полная вертикальная нагрузка (кН/м²)

δ_h – полный вертикальный изгиб трубы (м)

δ_v – полный горизонтальный изгиб трубы (м)

k – показатель реакции грунта (кН/м²)

Ko – коэффициент напора покоящегося грунта (Ko=0,5)

α - угол упора трубы на подсыпке (°)

Es' - секущий модуль грунта в зоне укладки трубы (кН/м²)

SN – периметрическая жесткость трубы (кН/м²)

E – модуль упругости (кратковременный) трубы (кН/м²)

I=e_n³/12 – модуль инертности поперечного сечения трубы

e_n – номинальная толщина стенки трубы (м)

Схема распределения давлений указана на рисунке 18

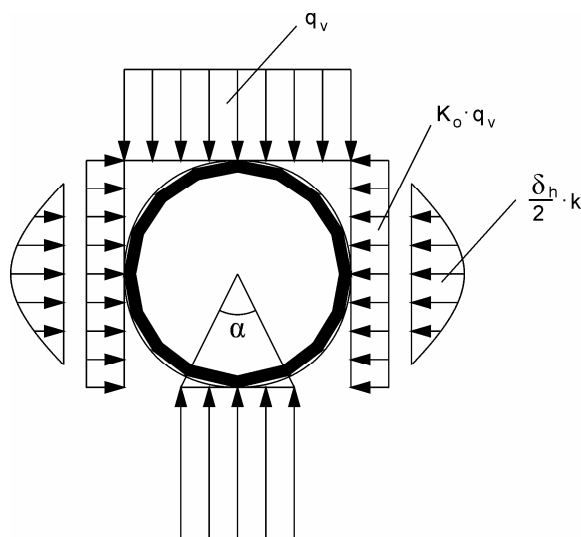


Рисунок 18. Схема распределения давлений на трубу.

Нагрузку от грунта Q_s для эластичных труб можно посчитать по формуле:

$$Q_s = C' \cdot Q_{se}$$

C' - коэффициент прочности (жесткости) системы - эластичная труба/грунт

Q_{se} – нагрузка от грунта для жестких труб (максимальные условия нагрузки)

Величина C' находится в пределах от 1,0 (трубы жесткие) до 0,6 (трубы полностью эластичные). Величина Q_{se} отвечает весу грунта, находящегося над трубой. Принимая для расчетов теорию насыпи, упрощенная формула на нагрузку от грунта, действующего на жесткую трубу, можно представить:

$$Q_{se} = \frac{5}{3} (\gamma \cdot H \cdot d_n)$$

а для труб эластичных:

$$Q_s = C \cdot \gamma \cdot H \cdot d_n$$

где:

γ - плотность грунта (чаще всего $18 \div 20 \text{ кН/м}^3$)

C – коэффициент нагрузки принимается $C = 1,7 C'$, когда $C' = 0,6$ тогда $C=1$

Если уровень грунтовых вод превышает уровень укладки трубы, то тогда нагрузка от грунта уменьшается на величину сил подпора. Для водонасыщенного грунта принимается величина удельного веса $\gamma_{sw} = 11 \text{ кН/м}^3$. Полная нагрузка, действующая на трубу, будет увеличена на силу гидростатического напора, которая равняется:

$$Q_w = \gamma_w DN \cdot H_w$$

где:

Q_w – нагрузка в результате напора воды

γ_w – удельный вес воды (10 кН/м^3)

H_w - высота зеркала воды над осью трубы (м)

Нагрузка от движения транспорта

Влияние движения транспорта в нагрузках действующих на трубу учитывается путем распределения давления в соответствии с теорией Буссинеска. Принимается модель нагрузок соответствующая правилу: давление на 1 колесо составляет 130 кН, на ось с двумя колесами составляет 260 кН. Поверхность стыка колеса $0,6 \times 0,2$ м. В польских нормах проектирования дорог рекомендуется принимать нагрузку надежности движения: транспорт с тремя осями величиной 60 кН (передняя ось) и 2 x 120 кН (оси задние). Принятие таких условий учитывается через применение динамического коэффициента равного 1,75, который включен в величину нагрузки. На графике рис. 19 представлено величину эквивалентных вертикальных нагрузок, действующих на трубу, возникающих от транспортного движения g_{tr} в зависимости от глубины ее укладки.

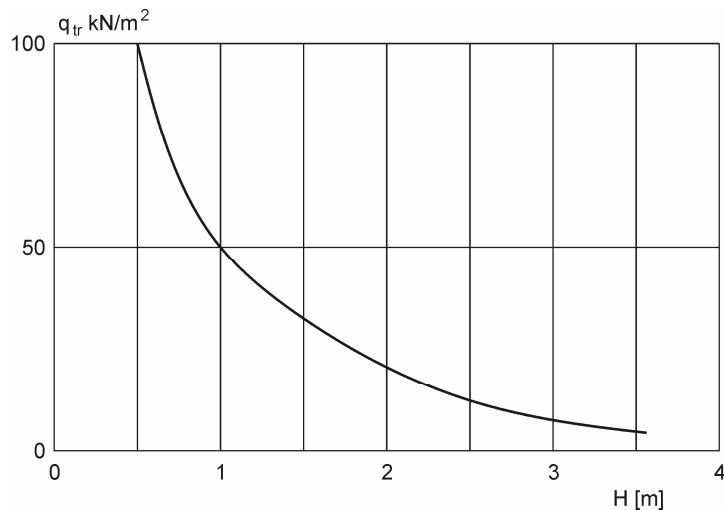


Рисунок 19. Эквивалент нагрузок от транспортного движения

Полная вертикальная нагрузка g , действующая на трубу, возникающая от веса грунта и транспортного движения будет составлять:

$$g = g_s + g_w + g_{tr}$$

где:

$$g_s - \text{напор грунта } g_s = \gamma_s (H - H_w) + \gamma_{sw} H_w$$

$$g_w - \text{напор грунтовой воды } g_w = \gamma_w \cdot H_w$$

$$g_{tr} - \text{нагрузка от транспортного движения}$$

Начальный изгиб

Полный относительный изгиб $\left(\frac{\delta}{DN} M\right)$ возникает из суммы теоретического изгиба трубы, а также изгибов составных касающихся условий монтажа трубопровода и качества подосновы:

$$\left(\frac{\delta}{DN}\right) M = \left(\frac{\delta}{DN}\right) q + I_f + B_f$$

где:

$\left(\frac{\delta}{DN}\right) q$ - теоретический изгиб, вызванный весом грунта и нагрузкой от движения (%)

I_f – величина изгиба учитывающая условия монтажа (%)

B_f – величина изгиба, учитывающая состояние подосновы (%)

Величина изгиба трубы вызванного нагрузкой от грунта и транспортного движения можно вычислить по уравнению:

$$\left(\frac{\delta}{DN}\right) q = q \frac{C \cdot b_1 - 0083 K_0}{8 \cdot S_c + 0061 E_s'}$$

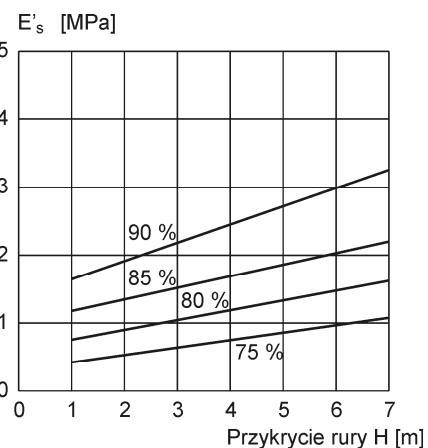
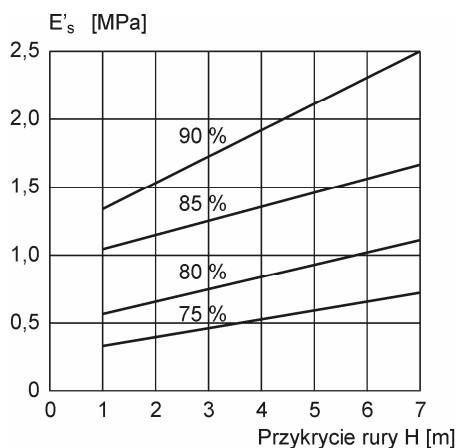
где:

b_1 – коэффициент распределения нагрузки, равный 0,083 при угле подпора трубы $\alpha = 180^\circ$, а также 0,096 при угле $\alpha = 90^\circ$.

Для эластичных труб, когда в зоне укладки трубопровода (подоснова, обсыпка и предварительная засыпка) использован неплотный грунт либо другой стабильный грунт принимаются величины $S_c=1$, $b_1=0,083$ и $K_0=0,5$ уравнение это подлежит упрощению и принимает вид:

$$\left(\frac{\delta}{DN}\right)q = \frac{0,083q}{16 \cdot S_c + 0,122 \cdot E_s'}$$

Существенным условием для определения относительного изгиба трубы является знание величины модуля сечения грунта окружающего трубу (E_s'). Эту величину определяют лабораторным способом при разных плотностях грунта согласно смодифицированным испытаниям Proctora. Эти величины в виде примера представлено на рисунке 20 в зависимости от глубины укладки трубы, степени уплотнения грунта и уровня грунтовой воды выше или ниже укладки трубопровода.



а – грунтовая вода выше трубопровода

б – без грунтовой воды

Рисунок 20. Модуль сечения грунта

Если в зоне трубопровода находится хорошо уплотненная глина, то величина E_s' может колебаться в границах $300 \div 2000 \text{ кН/м}^2$ ($0,3 \div 2 \text{ МПа}$). Однако если глина находится в зоне грунтовых вод и становится пластичным материалом, податливым на деформации, то тогда вообще не можем рассматривать это звено прочности, и в знаменателе уравнения практически остается величина периметрической жесткости трубы SN декларируемой производителем.

Изгиб, вызванный вертикальной нагрузкой для сыпучего грунта в зоне укладки трубопровода, составляет обычно 2 до 4%. При расчете канализационных труб К-2 принимаем величину декларируемой периметрической жесткости SN, а для других гладкостенных труб можем принять расчетную величину периметрической жесткости S_c .

Для определения полного начального изгиба трубопровода нужно добавить величину изгиба, учитывающую условия монтажа трубопровода (I_f), а также состояние подосновы (B_f). Эти величины определяются по усмотрению, опираясь на собранный опыт. Влияние на величину изгиба трубопроводов имеют:

- форма и ширина траншеи в зоне укладки трубопроводов

- движение строительного транспорта вблизи траншеи в процессе выполнения земляных работ
- метод и тип оборудования для уплотнения грунта
- неровности подосновы или подсыпки дна траншеи
- умение и старательность исполнителей
- тщательность надзора

В таблице 24 даны рекомендуемые величины коэффициентов I_f и V_f при условии, что в зоне укладки трубопровода был применен грунт, обладающий соответствующими свойствами к уплотнению (гравий, песок). В случае хорошего уплотнения грунта по бокам трубы (обсыпки) величины I_f могут быть отрицательные, так как труба уменьшит свой диаметр в горизонтальной плоскости, а после уплотнения грунта над трубой вернется в состояние приближенное к круговому.

ТАБЛИЦА 24. Рекомендуемые величины коэффициентов касающихся условий монтажа.

Величины изгиба, учитывающие условия монтажа I_f		
Труба в широкой траншее общей с другими сетями	- при отсутствии надзора	1 ÷ 2%
	- с надзором	0%
Движение строительной техники во время строительства нарушающее структуру грунта при глубине траншеи $H \leq 1,5$ м		1 ÷ 2%
Неправильное уплотнение грунта над трубой слишком тяжелым оборудованием		0 ÷ 1%
Величина изгиба учитывающие качество подосновы V_f		
Выполнение без надзора	Старательное выполнение	Нормальное выполнение
- не выравненное дно траншеи или неровная подсыпка без камней	2%	4%
- не выравненное дно траншеи, выступают камни	3 %	5%
Выполнение с надзором		
- не выравненное дно траншеи или неровная подсыпка без камней	1%	2%
- не выравненное дно траншеи, выступают камни	2%	3%

Изгибы долговременные

Рассматриваемые выше изгибы труб касались величин, получаемых непосредственно после окончания монтажных работ и выполнения полной засыпки трубопроводов. Однако изгибы эластичных трубопроводов из РР будут дальше увеличиваться вследствие ползучести, чтобы достигнуть только через 2-3 года постоянную величину. На сокращение этого срока может иметь влияние интенсивность транспортного движения, а также частые колебания уровня грунтовых вод, приводящие к консолидации грунта. Результаты полигонных исследований подтверждают, что конечная величина изгиба может достичь в крайних случаях даже двухкратную величину начального изгиба, причем изгибы, происходящие от условий монтажа (I_f) и качества подосновы (V_f) необходимо признать как не увеличивающиеся во времени.

Кроме этого подтверждено, что долговременная ползучесть материала трубы из термопластичного материала не имеют существенного влияния на величину конечного ее изгиба, так как важную роль играет реакция грунта. В связи с этим для большинства

случаев нет необходимости определения долгосрочного изгиба трубы и возможного риска появления искривления (потери статичности). Единственно для очень рыхлых грунтов слабой плотности, которые не обладают свойством противодействия постоянному увеличению изгиба трубы, необходимо учесть ползучесть материала трубы. Для таких случаев необходимо применять коэффициент увеличения долговременных деформаций в границах $1,5 \div 2$ относительно к кратковременному вертикальному изгибу.

Заключительная оценка

Большое значение при укладке канализационных труб имеет применяемый грунтовый материал в зоне укладки трубопровода и квалификация исполнителей. В проектной практике необходимо обеспечить изгиб трубопроводов не больший 5%. Однако в соответствии с указаниями проекта норм prEN 13476 – 3 касающихся рекомендаций укладки безнапорных структурных труб, изгиб, возникший после окончания земляных работ для труб с периметрической жесткостью SN ($4 \div 16$) кН/м² не должен быть больше 8%. Деформации труб на практике будут зависеть от качества выполнения земляных работ, а также от подбора периметрической жесткости труб. На рисунке 21 показано (согласно вышеуказанной нормы) в виде графика деформации труб в зависимости от качества выполнения земляных работ и периметрической жесткости используемых труб.

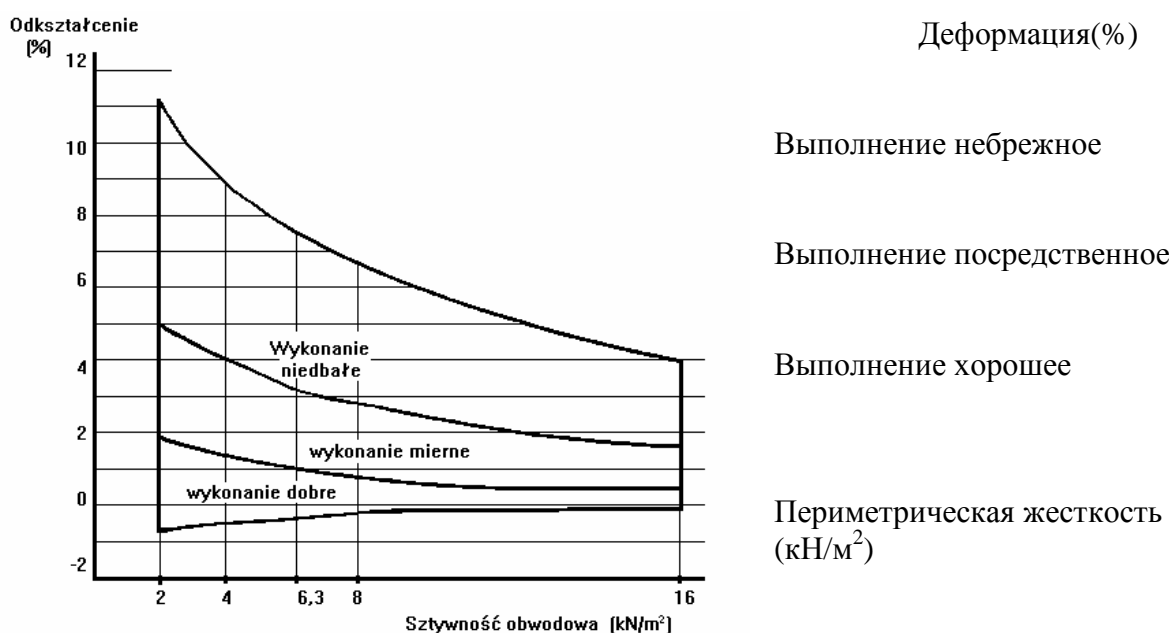


Рисунок 21. Деформации труб в зависимости от качества выполнения земляных работ, а также периметрической жесткости труб

6. Условия проектирования канализационных и отводящих воду сетей в дорожной полосе.

Проектируемые сети, которые должны проходить в дорожной полосе, требуют каждый раз, как по их размещению, так и условиям застройки, согласований с собственником дороги, а также с будущим пользователем трубопровода. Кроме того, на территориях горных выработок дополнительно с соответствующими организациями.

При проектировании необходимо исходить из исходных данных, распоряжений, норм и законных актов, касающихся дорожных вопросов.

Для канализационных сетей, которые будут пролегать вдоль дорожной полосы необходимо сохранять соответствующие разрывы между наружными контурами труб или объектов. Если канализационная сеть связана с функцией дороги, то указанные разрывы необходимо считать минимальными:

0,5 м - от телекоммуникационных и электроэнергетических кабелей низкого напряжения;

0,75÷1 м - от электроэнергетических кабелей среднего напряжения (20 –132 кВ);

1м - от защитной оболочки кабельной канализации, опор электрических сетей, футляров тепловых сетей;

1,0÷1,25 м – от электроэнергетических кабелей высокого напряжения (132-400 кВ);

1,5м – от разграничивающих линий и ограждений;

2,0 м – от других канализационных трубопроводов;

2,5 м – от края дорог и деревьев.

В то же время, если канализационные сети не связаны с функцией дороги, то разрывы от дорог канализационных трубопроводов и др. объектов зависят от типа дорог и способов обустройства прилегающей территории и в соответствии с положением [2] должны составлять, как указано в таблице 25.

ТАБЛИЦА 25. Расстояния объектов от дорог

Тип дороги	Застроенные территории	Незастроенные территории
Автострада	30	50
скоростная	20	40
республиканская	10	25
областная	8	20
локальная	6	15

Расчет диаметров и уклоны сетей отводящих воду с дорог

Для расчета количества отводимых поверхностных вод атмосферных осадков необходимо определить величину площади сбора воды, интенсивность и продолжительность осадков на данной территории. Для расчета диаметров трубопроводов отводящих воду устанавливается правдоподобность, для критериев без затопления, появления с большой степенью имоверности дождя. Причем эта правдоподобность, в соответствии с нормативами [3] , составляет:

10% - на автострадах и скоростных шоссе

20% - на республиканских дорогах

50% - на областных дорогах

100% - на локальных дорогах

Дождеприемники должны быть расположены вне полосы движения, обочины или аварийной полосы; отодвинуты за край покрытия. При реконструкции или ремонте улиц или при строительстве новых улиц на главных дорогах или улиц низших классов, допускается размещение дождеприемников на проезжей части при бордюре.

Дождевую канализацию выполняют, когда не существует возможности отведения воды при помощи устройств для отведения поверхностных вод или, когда этого требуют отдельные предписания.

Диаметр коллектора должен быть определен на основе количества воды отводимой с собираемой поверхности при предположении, что:

- скорость потока минимум 0,5 м/сек;

- максимальные уклоны зависят от диаметра (15% ≤ DN150; 10% DN200; 8% ≥ DN250)
- уклоны дождевых коллекторов 3% до DN 300
1% до DN 1000
- диаметр коллектора не меньший чем DN 300 (автострады), DN250 (застроенные территории), а подключения не меньше DN 150

Ревизионные колодцы должны применяться на трассе сетей, когда коллектор меняет направление, разветвляется, меняет диаметр или меняет продольный уклон, не реже чем каждые 50м. Практика, однако, показывает, что при применении современного оборудования для инспекции и очистки, эти расстояния могут быть увеличены до 80÷100м.

Устройства, отводящие дождевую воду с дороги (на автострадах или скоростных шоссе), расположенные вне территории застройки должны иметь возможность блокировки стока, когда произойдет загрязнение дороги опасными веществами, которые проникли в эти устройства в результате дорожных происшествий.

Дождеприемники должны быть размещены в зависимости от уклона дороги с такими разрывами, чтобы при сильном ливне не было большого количества воды на проезжей части. Колодцы дождеприемников должны быть оборудованы отстойниками емкостью минимум 70 дм³, а если их нет, то должны быть отстойники в соединительных колодцах коллектора. Если дождеприемники подключены к локальной общесплавной канализации, то требуется сифонное закрытие подводящих сетей.

Пересечения дорог должны выполняться прямолинейно по возможности перпендикулярно к оси дороги.

Трубы К-2 могут также применяться для выполнения каналов под дорожными насыпями. Концы труб должны быть обрезаны применительно к углу стока и территория при впусках каналов соответственно защищена от просадки и размыва. У ручьев и потоков выпуски могут быть частично затоплены или сезонно затоплены. Диаметр канала с уклоном от 0,5 до 2%. Гидравлические расчеты каналов подробно представлены в указаниях [10].

Минимальные диаметры каналов даны в таблице 26, они зависят от длины канала, а также класса дороги.

ТАБЛИЦА 26. Минимальные диаметры каналов

Длина канала	Минимальный внутренний диаметр			
	Дороги республиканские и областные	Дороги локальные и без твердого покрытия	Пешеходные и велосипедные дорожки	Железнодорожные пути
До 10	600	400	300(250)	800
10 до 20	900	600	400	800
свыше 20	1200	800	500	800

6.1. Земляные работы

При проектировании, производстве и приемке земляных работ, связанных со строительством, реконструкцией и содержанием автомобильных дорог, улиц, площадей, стоянок и аэропортов необходимо придерживаться требований, изложенных в нормах РН-S-02205. Канализационные сети укладываются в подоснове дороги на 20см ниже зоны промерзания. В зависимости от вида грунта, а также наличия грунтовых вод в зоне укладки трубопроводов возможно применение материнского грунта либо привозного доставленного извне места строительства. Если выступают

грунты органические и мягкие органические (таблица 20) либо выступают скальные фрагменты или камни свыше 22мм, щебень, твердая сбита земля, тогда появляется необходимость замены грунта в зоне укладки трубопровода. Кроме того, в соответствии с общепринятыми правилами строительства дорог грунты должны соответствовать требованиям, касающимся возможности их применения в слое ниже границы промерзания, а также исходя из **выпучивания** в верхних слоях границы промерзания. В случае замены грунта в зоне укладки трубопровода выполняется подсыпка толщиной 10-30 см, которую могут составлять пески крупно, средне и мелкозернистые.

Уплотнение подсыпки и обсыпки должно быть выполнено в соответствии с требованиями уплотнения грунта на данной глубине, конкретной конструкции дороги (траншея, насыпь), а также категории (класса) дороги. На рисунке 22 даны требуемые нормами PN-S-02205 показатели уплотнения I_s и вторичного модуля деформации E_2 , которые необходимо принимать для грунтов плотных (Sp) и неплотных (Nsp), в зависимости от категории дороги и уровня залегания слоев грунтов в насыпях и траншеях.

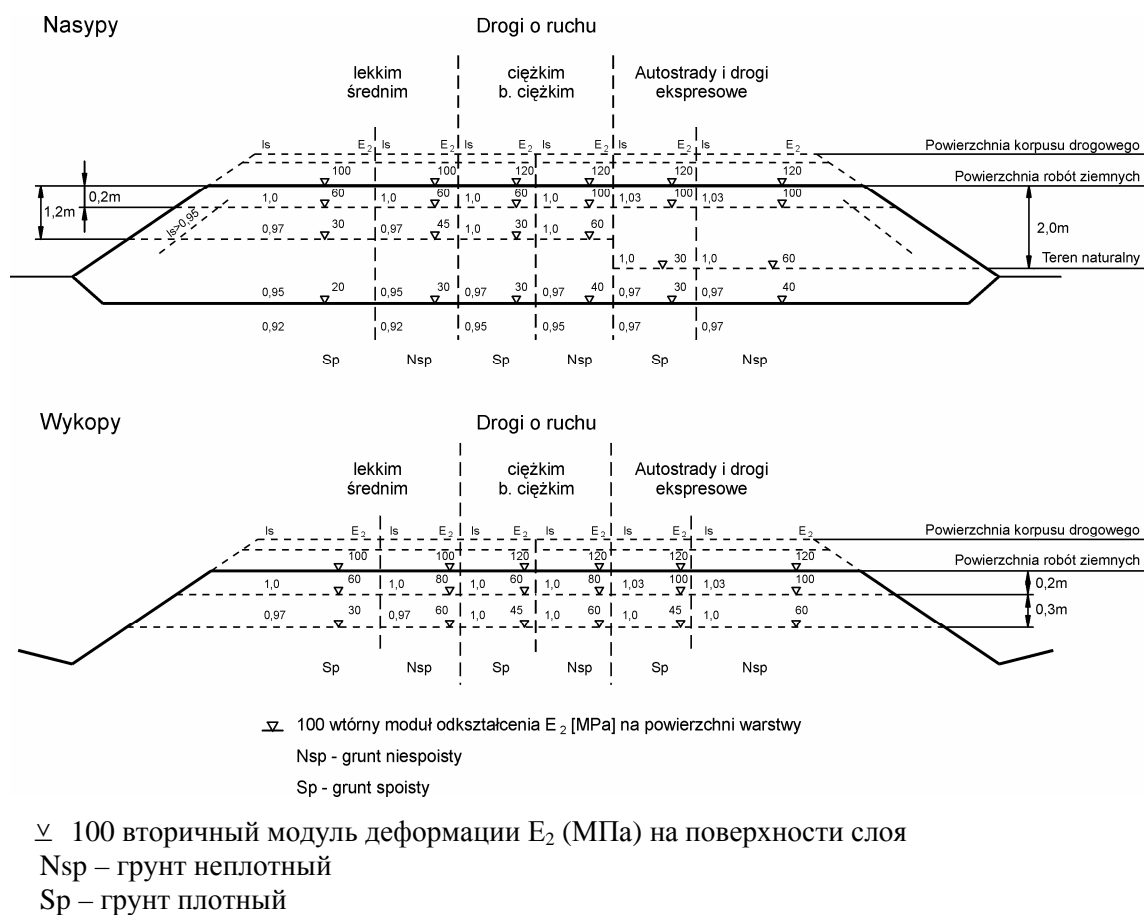


Рисунок 22. Требуемые показатели уплотнения и вторичного модуля деформации грунта при строительстве дорог

Для уплотнения грунта в зоне укладки сетей необходимо применять только легкое оборудование, чтобы не вызвать чрезмерное деформирование или перемещение трубопровода.

В случае замены грунта в зоне укладки трубопровода, особенно в грунтах органических материнских, которые чаще всего бывают водонасыщенными, часто возникает необходимость предохранения этой зоны геотекстилью от возможности проникновения мелких частиц грунта вместе с грунтовой водой, чтобы не произошло

разжижение материнского грунта и перемещение трубопровода. **Геотекстиль** может также выполнять роль укрепления подосновы, уменьшая неравномерность усадки трубопровода или, путем предохранения поверхности над трубопроводом, должны предотвратить выпирание (выплывание) трубопровода вследствие действия грунтовых вод.

Слой геотекстиля должен быть подобран так, чтобы он не пропускал мелких частиц грунта, а также имел соответствующую прочность к противодействию напряжениям, вызванным нажимом грунта от статических и динамических нагрузок. Ширина полосы должна быть приспособлена к ширине укладки траншеи, чтобы не выполнять продольного обрезания. Чаще всего применяются полосы **геоволокна**, выполненного путем горячей сварки тонких полипропиленовых и полиэтиленовых волокон либо полиамидных и полиэстерных волокон, в виде лент толщиной 0,5÷1,5 мм шириной 3÷4 м и длиной 100÷200 м предназначенных для ручного разворачивания весом до 140 кг. Могут также применяться **геоткани** с подобными размерами. В зависимости от толщины прочность на растяжение лент составляет от 3 до 20 кН/м. С увеличением толщины уменьшаются фильтрационные свойства (проплыв воды составляет 130-50 л/м сек при 100мм водяного столба). При применении мелкозернистых грунтов, можно применять ленты с меньшей прочностью (толщиной), а при защите заполнителей ломаных с острыми краями необходимы более толстые ленты с повышенной прочностью.

При применении геотекстиля, употребляемого в виде слоев отсекающих (сепаратных) между двумя грунтовыми материалами, которые обладают тенденцией к перемешиванию, необходимо учесть следующие ситуации, которые влияют на подбор сепаратных лент:

- грунт сухой, роль ограничивается на разделении грунтов. Можно применить геотекстиль с малыми порами и даже с пропиткой;
- грунт влажный, а геотекстиль должен быть пропускаемый, чтобы не было накопления воды. Тогда можно применить материал с малой фильтрационной способностью;
- грунт с большой статической и динамической нагрузкой, мелкие частицы грунта в водном растворе подвержены перемещению под действием консолидации подосновы. Необходимо рассмотреть фильтрационные свойства геотекстиля (размеры пор, площадь пор и пропускаемость).

Дальнейшая засыпка траншеи должна производиться в соответствии с правилами устройства дороги, ее конструкции (насыпь, траншея) и категории движения, а значит, толщины слоев и процедуру уплотнения дорожного грунта необходимо приспособить к имеющемуся оборудованию. Влажность уплотненного грунта не должна отличаться от оптимальной больше, чем $\pm 2\%$.

Натуральная грунтовая подоснова, а также уплотненная подсыпка, предварительная засыпка и засыпка траншеи должны соответствовать требованиям в области показателя уплотнения I_s , а также модуля вторичной деформации (при повторной нагрузке) E_2 в месте укладки трубопровода.

6.2 Канализационные колодцы в дорожной полосе.

В дорожной полосе могут выступать колодцы:

- инспекционные непроходные, позволяющие посредством них введение с уровня территории в канализационные сети чистящего оборудования, контрольного или исследовательского без возможности входа персонала;
- инспекционные непроходные, но с возможностью аварийного входа работника, снаряженного в инструмент, после установки стремянки, с целью выполнения эксплуатационных работ либо введения в канализационные сети чистящего

оборудования. Камера колодца должна иметь внутренний диаметр минимум 800 мм с отверстием лаза диаметром 600 мм;

- контрольные проходные, снабженные ступеньками-скобами или лестницей, предназначенными для спуска работника на смонтированную постоянную площадку, для выполнения работ, связанных с эксплуатацией канализационных сетей. Камера колодца должна иметь внутренний диаметр минимум 1000 мм с входным лазом диаметром 600 мм.

Колодцы, которые применяются в дорожной полосе или на других коммуникационных территориях должны иметь технические условия, выданные Исследовательским Институтом Дорог и Мостов. Как уже упоминалось ранее, распоряжение [3] не допускает размещения колодцев на проезжей части и аварийных обочинах строящихся дорог высшего класса, однако разрешает применение колодцев на главных дорогах реконструируемых или ремонтируемых, а также на локальных и подъездных дорогах.

В зависимости от размещения колодца в дорожной полосе и категории движения в соответствии с нормами PN-EN 124 предусмотрено использование разных венчаний колодцев (верхняя часть конструкции колодца – чугунный люк с крышкой), а также условий их застройки и выбор класса венчаний, которые разбиты на следующие группы:

- группа 1 – класс A15 – зеленые территории предназначенные исключительно для пешеходного движения и велосипедистов
- группа 2 – класс B125 – дороги и территории для пешеходов, стоянки для легковых автомобилей
- группа 3 – класс C250 – касается дождеприемников размещенных у бордюров и обочинах дорог
- группа 4 – класс D400 – проезжая часть дорог, усиленные обочины и стоянки для всех видов дорожного транспорта
- группа 5 – класс E600 – поверхность подверженная большим нагрузкам от колес, напр. рампы, взлетные полосы
- группа 6 – класс F900 – поверхности подверженные очень большим нагрузкам.

Грунтовый материал, применяемый непосредственно у колодцев из искусственных материалов (30см от непроходных колодцев, 50 см от проходных колодцев) должен соответствовать требованиям, предъявляемым к группам, которые применяют в зоне укладки трубопровода (подсыпка, обсыпка, предварительная засыпка). Материал этот может быть отсортированным материнским грунтом либо грунтом привозным, легко поддающимся уплотнению. Нельзя применять пучинистые грунты либо вызывающие подозрение в пучинистости. Грунт также не может содержать органические материалы, корни деревьев, гниющий мусор, а также материалы, которые могут повредить элементы колодца, такие как щебень, острые кремниевые камни превышающие 40мм.

Так же как и канализационные трубопроводы, колодцы должны быть установлены непосредственно на грунте либо на хорошо уплотненной подсыпке.

Проходные колодцы, выполненные из труб с гладкой наружной поверхностью (трубы К-2 имеют рифленую наружную поверхность) установленные на водонасыщенных грунтах требуют проведения расчетов, проверяющих их плавучесть, с целью определения необходимости пригруза колодца бетоном или бетонирование колодца в основании.

В зависимости от вида и класса венчания колодца, а также грунтовых условий имеются определенные правила подпора венчания. Венчание колодца должно опираться на железобетонную плиту, которая укладывается на соответственно подготовленную несущую конструкцию, приспособленную к условиям нагрузок от

дорожного движения. Это может быть усиленная подоснова с хорошо уплотненным грунтом либо сборная разгрузочная плита, выполненная из армированного бетона. В случае, когда колодец не имеет трубы или телескопической трубы соединяющейся с трубой-стволом с уплотнительной прокладкой, только труба-ствол либо конус редуцирующий диаметр камеры доходит непосредственно до отверстия разгрузочной плиты, в таком случае должен быть предусмотрен конструктивный зазор шириной минимум 50мм между свободно вставленной трубой из искусственного материала в отверстие разгрузочной плиты и верхней плитой, на которую опирается венчание колодца.

При больших нагрузках от дорожного движения или сомнениях, касающихся уплотнения грунта, образующего подоснову для венчания, необходимо разместить плиту с венчанием на изготовленном на стройке кольце из бетона В30 высотой минимум 20см.

6.3 Положения, указания и нормы по дорожному строительству

[1] – сборник Положений № 62 поз. 392 от 1997г. Распоряжение Министра Транспорта и Морского хозяйства от 14 мая 1997г. по строительно-техническим правилам относительно платных автострад

[2] – Сборник Положений № 14 поз. 60 от 1985г. Положение об общественных дорогах
Сборник Положений № 71 поз. 838 от 2000г. Положение об общественных дорогах

[3] – Сборник Положений № 63 поз. 735 от 2000г. Распоряжение Министра Транспорта от 30 мая 2000г. по вопросу технических условий, которым должны отвечать инженерные объекты и их размещение

[4] – Сборник Положений № 43 поз. 430 от 1999г. Распоряжение Министра Транспорта и Морского хозяйства по вопросу технических условий, которым должны отвечать общественные дороги и их размещение.

[5] – Сборник Положений № 139 поз. 686 от 1995г. Распоряжение Министра Промышленности и Торговли по вопросу технических условий, которым должны отвечать газовые сети.

Указания Генеральной Дирекции Общественных Дорог в Варшаве

[6] – Указание по проектированию дорог I и II технического класса WPD-1 (автострады и скоростные шоссе) 1995

[7] – Указания по проектированию дорог III, IV и V технического класса WPD-2 1995

[8] – Указания по проектированию дорог VI и VII технического класса WPD-3 1995

[9] – Указания по проектированию улиц WPU 1992

[10] – Указания по проектированию объектов и оборудования специального строительства в области коммуникаций, отверстий мостов и каналов WP-D 12

Нормы

[11] – PN-S-02204:1997 Автомобильные дороги. Отведение воды с дорог.

[12] – PN-S-02205:1998 Автомобильные дороги. Земляные работы. Требования и испытания.

[13] – PN-EN 932- :1999 Основные испытания свойств заполнителей
Часть:1-5

[14] – PN-EN 933- :2000 Испытания геометрических свойств заполнителей
Часть:1-8

[14] – PN-EN 1097- :2001 Испытания механических и физических свойств заполнителей
Часть:1-5

III. Строительство самотечных канализационных сетей, укладываемых в земле.

1. Выполнение траншей.

После ознакомления с проектом инвестиционного задания исполнитель должен наметить стратегию возможности проведения земляных работ, зависящих от условий территории, уровня грунтовых вод, а также имеющегося оборудования. Необходимо проверить правильность проведенных геодезических работ касающихся направления трассы трубопровода, локализации канализационных колодцев, а прежде всего, уровня грунтовых вод и их колебания во время выполнения строительства. В зависимости от этих условий важным является определение фронта работ, которые возможно выполнить. Необходимо взвесить нужно ли, при выполнении траншей понижать уровень грунтовых вод, а также завоз грунта на выполнение подсыпки, обсыпки и предварительной засыпки. При появлении грунтовой воды нельзя допустить вымывание грунта через протекание воды в траншею, а также заливание дна траншей вследствие атмосферных осадков, что может быть причиной разуплотнения структуры подосновы.

Траншеи для укладки канализационных сетей должны быть выполнены в соответствии с требованиями норм PN-B-10736 и PN-EN 1610.

Траншеи открытые

Открытые траншеи могут быть с обшивкой и без обшивки с откосами или частично с обшивкой и с откосами. Лестницы для входа и выхода из траншеи, если в траншее работают люди, должны устанавливаться в момент достижения глубины траншеи большей, чем 1м. Расстояние между лестницами не должно превышать 20м.

Траншеи открытые без обшивки (без опалубки)

В выполненных траншеях без обшивки (без опалубки) с вертикальными стенками нельзя находиться, передвигаться и складировать выработку в зоне клина обрушения стенок траншеи. Расстояние (b) до края траншеи измеренное на плане территории от края проезжей части должно быть не меньше, чем указано в уравнении представленном в нормах PN-B-10736:

$$b \geq \frac{H}{\operatorname{tg}\beta} + 0,5m$$

где:

H – глубина траншеи

β - угол натурального откоса (внутреннего трения грунта) зависит от вида грунта

и

его влажности

Вынутый грунт должен складироваться по одну сторону траншеи на безопасном расстоянии от края траншеи, чтобы не привести к обвалу стенок траншеи.

Открытые траншеи без обшивки с вертикальными стенами можно устраивать в грунтах, в которых не выступают грунтовые воды, а также, если по соседству с траншеей на расстоянии равном минимум глубине траншеи нет насыпи.

Допускаемая высота вертикальных стенок без обшивки составляют для грунтов: монолитных – 4м, очень плотных – 2м, а для остальных, исходя из безопасности, – 1м.

Могут выполняться траншеи с откосами до глубины 4м, если отсутствует грунтовая вода и площадка не перегружена в зоне клина обрушения с применением следующего минимального уклона откосов для грунтов:

- очень плотных 2:1
- каменных (россыпи), потрескавшихся, скалистых 1:1
- плотных и глинистых 1:1,25
- неплотных 1:1,5

С поверхности территории на ширину трехкратной глубины траншеи необходимо обеспечить легкое отведение атмосферных вод, а также предохранить край траншеи от попадания воды на ее дно.

Траншеи открытые с обшивкой (с опалубкой)

Обшивка траншеи должна быть безопасной, чтобы могла устоять от напора, вызванного давлением грунта. В случае ведения земляных работ ниже уровня грунтовых вод, с территории должно быть заблаговременно выполнено отведение воды до глубины 0,5м ниже дна траншеи. Траншея должна быть защищена от заливания атмосферной водой путем выдвижения главной кромки обшивки на 15 см выше уровня территории с соответствующей планировкой территории.

Минимальная ширина открытой траншеи зависит от диаметра укладываемого трубопровода, а также глубины его укладки. В таблице 27 дана (согл. PN-EN 1610) минимальная ширина мелких траншей, в зависимости от номинального диаметра трубопровода (DN), для выполнения простых монтажных работ без колодцев. Оптимальную ширину должен определить проектировщик.

Минимальная ширина не снимает необходимость входа в траншею работников с целью выполнения простых работ, в случае отсутствия такой необходимости траншеи могут быть более узкими. Однако, если требуется доступ напр. для прикручивания гаек на фланцевых соединениях или подключения труб к колодцу, то ширина траншеи должна быть большей. При монтаже колодцев должно быть предусмотрено минимальное пространство; вокруг непроходных колодцев 0,3м, а колодцев проходных 0,5м.

ТАБЛИЦА 27. Минимальные ширины траншей

Номинальный размер DN	Минимальная ширина траншеи (OD + x) (м)		
	Траншея с обшивкой	Траншея без обшивки	
		$\beta > 60^0$	$\beta < 60^0$
DN ≤ 225	OD + 0,4	OD + 0,4	
225 < DN ≤ 350	OD + 0,5	OD + 0,5	OD + 0,4
350 < DN < 700	OD + 0,7	OD + 0,7	OD + 0,4
700 < DN	OD + 0,85	OD + 0,85	OD + 0,4

OD – наружный диаметр трубопровода (м)

β - угол наклона стенки траншеи измеряемой от вертикали

В траншеях с обшивкой ширина траншеи считается внутри облицовки. В таблице 28 дополнительно показана минимальная ширина траншеи в зависимости от ее глубины.

ТАБЛИЦА 28. Ширина траншеи в зависимости от глубины

Глубина траншеи (м)	Минимальная ширина траншеи (м)
< 1,0	требований нет
$1 \leq 1,75$	0,8
$1,75 \leq 4$	0,9
> 4	1,0

Грунтовый материал дна траншеи не может быть нарушен в случае, если не предусматривается подсыпка. Поэтому рекомендуется, чтобы копание до требуемой глубины проводилось вручную. Если материал дна траншеи был нарушен, то тогда требуется его соответствующее уплотнение или выполнение подсыпки. Необходимо выполнить соответствующее выравнивание дна с сохранением требуемых уклонов и формы с целью обеспечения одинакового опирания поверхности низа труб. В подсыпке или дне траншеи должны быть выполнены заглабления под раструбы и муфты.

В случае, если дно траншеи нестатично либо грунт не имеет необходимой несущей способности, необходимо выполнить подсыпку, а также, если этого недостаточно, дополнительную защиту зоны укладки трубопровода геотекстилью.

Траншеи во время монтажных работ не должны быть насыщены атмосферной либо грунтовой водой.

Подготовка дна траншеи

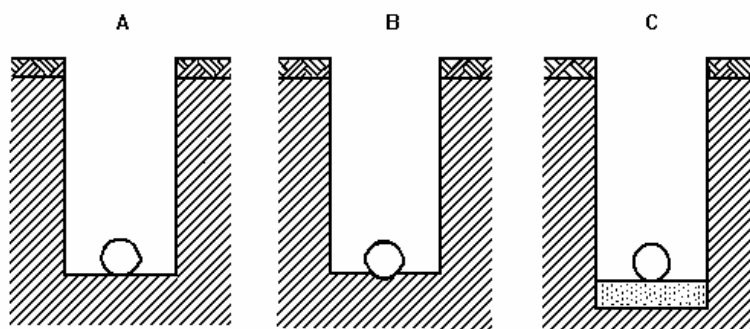
В зависимости от вида материнского грунта трубопроводы из РР (из термопластичных материалов) могут укладываться непосредственно на выпрофилированное дно траншеи или на соответственно подготовленную основу.

Необходимость выполнения подсыпки может выступить исходя из следующих факторов:

- в материнском грунте содержатся камни размером, превышающим 22 мм для $DN \leq 200$ или $DN \geq 200$ и не больше 40мм,
- выступают скальные грунты либо отдельные кремниевые камни с острыми краями, россыпи, глины, илы, пылевидный песок,
- слишком слабая несущая способность грунта – торф, наносы,
- другие причины, напр. нарушение дна траншеи, грунт которой непригоден либо является сложным для уплотнения.

Чаще всего один и тот же вид грунта применяется на нижнюю подсыпку (находящуюся под дном трубопровода, подпирющую трубопровод по окружности 120°), верхнюю подсыпку, обсыпку (слой до верха трубы) и предварительную засыпку (заполняющий слой над верхом трубы до высоты 30 см). Все эти слои грунта составляют зону укладки трубопровода (рисунок 14).

При устройстве подосновы, а также зоны укладки трубопровода на ненарушенном грунте (на всю ширину траншеи) могут чаще всего проявиться следующие случаи:



А. Грунт в траншее пригоден для непосредственной укладки трубопровода на ненарушенной, хорошо выровненной, плоской подоснове. Верхняя подсыпка, обсыпка, предварительная засыпка может быть выполнена с отсортированного материнского грунта при соответствующем надзоре выполнения земляных работ.

В. Грунт на дне траншеи пригоден для формирования таким образом, что трубопровод может иметь обеспеченное полное опирание на нижнюю часть трубы. Дно траншеи заменяет нижнюю подсыпку и часть верхней. Оставшуюся часть верхней подсыпки, а также обсыпку и предварительную засыпку может составлять грунт, происходящий от сортировки вынутаго грунта, возникшего в процессе выполнения траншеи либо привозной грунт извне.

С. Дно траншеи в связи с наличием грунтов твердых и скальных с выступающими острыми кремниевыми камнями, требует выполнения подсыпки из материала поставляемого извне. Необходимо траншею выполнить глубже на 10÷30 см и заполнить ее нижней подсыпкой в виде полосы по всей ширине дна траншеи из привозного грунтового материала, предусмотренного проектом и способного к уплотнению.

Если материнский грунт обладает низкой несущей способностью, то тогда необходимо полностью изъять грунт в зоне укладки трубопровода и заменить его слоем привозного грунта. Необходимо проанализировать необходимость предохранения дна траншеи и боковых стенок в зоне материнского грунта геотекстилью, выполняющую разделительно-фильтрующую роль, не допускающую переноса грунтовой водой легких пыльных фракций в зону укладки трубопровода.

Метод действия в случае замены материнского грунта, а также укладки канализационных сетей на слабонесущих грунтах (Группа 5 и 6 в таблице 20) указан в п. 6.

Способ выполнения земляных работ должен производиться в соответствии с проектом.

2. Монтаж и укладка трубопроводов.

Соединение труб

Канализационные сети К-2 из РР производимые Предприятием Барбара Качмарек предусмотрены для вжимного соединения гладкой раструбной муфты со свободным концом трубы К-2, на котором в последний паз вставлена профильная эластомерная прокладка. При этом проводится следующая последовательность:

- необходимо тщательно проверить и при необходимости очистить свободный конец и последний паз трубы К-2, а также раструб муфты или другого фасонного изделия;
- смазать смазывающим средством последний паз трубы, а также тонкий слой внутри раструба соединяющего фасонного изделия;
- вдвинуть трубу с прокладкой в раструб фасонного изделия.

В случае укорачивания, трубы К-2 можно резать только в пазах между гребнями, так как в этих местах внутренние и наружные стенки составляют одно целое. Место резки необходимо очистить от возникших при резке опилок. В процессе выполнения соединения роль облегчающую введение прокладки в раструб фасонного изделия выполняет конусообразная расширенная часть раструба.

Для вжимания трубы можно применить рычажное устройство или шест, вбитый в землю и образующий рычаг, которым с помощью деревянной поперечины можно впихивать конец трубы или фасонное изделие.

Трубы К-2 могут соединяться с гладкостенными трубами из термопластичных материалов (PVC-U, PE и PP) переходными однораструбными муфтами (соединяющими трубу К-2 и гладкостенную трубу с раструбом) либо двухраструбными муфтами (соединяющими трубу К-2 и свободный конец гладкостенной трубы).

Для выполнения в строительных преградах (напр. в бетонных колодцах, кирпичных стенах и т.д.) герметичных проходов, предназначаются защитные втулки, которые встраиваются в преграду на растворе. После схватывания раствора можно вставить в отверстие фасонные изделия – свободный конец трубы К-2.

Подсоединение дома к канализационным сетям можно выполнить двумя способами:

- в процессе укладки главного трубопровода из труб К-2 в месте, где запроектировано присоединение подводки от дома, вставляется тройник, с ответвлением под углом 45° , который в зависимости от типа подводимых труб будет с раструбом к трубам К-2 или раструбом к гладкостенным трубам с соответствующим диаметром;
- в уложенный ранее уличный трубопровод вставляется седловидный патрубок, предназначенный для труб К-2 диаметров DN 250, DN 300 и DN 400 с раструбным ответвлением для гладкостенных труб со свободными концами и наружного диаметра $d_n = 200\text{мм}$. Такое решение выгодно при выполнении подсоединений от дома после того, как уже были уложены главные канализационные сети. При этом не требуется большое разрытие главного трубопровода.

Монтаж седловидного патрубка для труб К-2 является действием очень легким. Необходимо тщательно определить место, в котором будет размещен патрубок на трубе К-2 (не может быть в месте муфты, которая соединяет трубы). Входное отверстие на трубе К-2 может быть на перекрестной линии осей трубопроводов (по правой или левой стороне) по горизонтали, перпендикулярно к трубе К-2 или может быть расположен вертикально, перпендикулярно от верха к трубе К-2. Если присоединяемый трубопровод проходит под углом к главному трубопроводу, то необходимо непосредственно перед патрубком применить колено с соответствующим углом, чтобы вход был перпендикулярным к оси трубы К-2. в случае крепления патрубка сверху, необходимо всегда применять колено 90° и тогда можно выполнить подход под произвольным углом. Размещение патрубка сверху в меньшей степени влияет на ток в главном трубопроводе.

После определения размещения патрубка, необходимо в намеченном месте выполнить отверстие корончатый сверлом. После очистки отверстия от заусениц, необходимо ввести в середину трубы нижнюю часть патрубка и вращая приспособиться к внутреннему радиусу трубы (эта часть разная для DN 250, DN 300 и DN 400). Затем необходимо нижнюю часть патрубка подтянуть наверх, чтобы защелки закрепили эту часть на трубе. Дальнейшим действием будет установка по центру в трубе таким способом, чтобы зазор между отверстием и вкладом был одинаковым по всему периметру. Затем рекомендуется очистка и смазка винтов, наложение дистанционного кольца (зависит от диаметра трубы К-2), закрепление гаек, а также верхней части патрубка. Седловидные патрубки, несмотря на диаметр

труб К-2 предназначены для подключения гладкостенных труб (PVC-U, PE и PP) с наружным диаметром $d_n = 200\text{мм}$.

Укладка трубопроводов в грунте

Трубопроводы К-2 должны укладываться на соответственно сформированном дне траншеи или нижней подсыпке подготовленной в соответствии с проектом. После укладки трубопровод должен прилегать к подоснове как минимум $1/4$ - $1/3$ своей окружности (90^0 - 120^0). Подоснова должна быть подготовлена последовательно по мере ведения земляных работ согласно проекту. Подоснова, как уже упоминалось раньше, не должна содержать кремниевых камней с острыми краями, а также камней больших 22мм. Если в процессе выполнения траншеи нарушена структура дна и есть сомнения по стабильности подосновы, необходимо материнский грунт уплотнить, а если грунт тяжелый в уплотнении, его необходимо убрать и выполнить подсыпку подходящим для уплотнения песком или другим грунтовым материалом. Не могут подкладываться под трубы К-2 камни или другие материалы, чтобы благодаря этому получить соответствующий уклон. Не допускается также укладка трубопровода непосредственно на бетонных мостиках, а на подсыпке из соответственно уплотненного песка. Применение бетонных мостиков может иметь место только тогда, когда укрепление материнского грунта или предохранение привозного грунта геотекстилью будет достаточным.

Подбор соответствующего грунтового материала в зоне укладки трубопровода при ведении земляных работ является очень важной проблемой. Наиболее пригодными в использовании являются сортированные гранулированные материалы из заполнителей таких, как песок и гравий, которые легко подвергаются уплотнению. Материалы эти, однако, должны быть так подобраны по ассортименту зернистости, чтобы при большой зернистости не возникали пустые пространства (в зоне укладки трубопровода), в которые в связи с изменением уровня грунтовых вод, могут проникать легкие фракции из материнского грунта. В сомнительных случаях, а также при органических грунтах с низкой несущей способностью, необходимо всю зону укладки трубопровода заизолировать геотекстилью.

Если это является возможным, соединение труб необходимо выполнять рядом с траншеей и собранные трубы опускать на дно траншеи. Свободные концы труб должны быть вставлены в муфты до определенной глубины. Если отсутствует обозначение по всей окружности, а только на его части, то это обозначение, после укладки трубы в траншее, должно находиться в позиции, которая была бы видимой с поверхности территории с целью определения, не раздвинулись ли соединения во время опускания труб в траншею.

Длина монтируемых каждый день отрезков трубопроводов зависит от объема земляных работ. Уложенные отрезки из-за возможности нарушения дна траншеи вследствие атмосферных осадков либо других случаев должны быть предварительно быстро засыпаны. Кроме того, объемы земляных работ определяют также стационарные пункты (определенные геодезическими службами), которыми являются колодцы. Однако стратегия, где монтировать трубопроводы (в траншее или на поверхности рядом с траншеей) зависит от возможности их опускания в траншею, а также времени, на которое можно оставить траншею пустой. Трубопроводы К-2, исходя из своего строения, являются достаточно жесткими. В принципе их изгиб ограничивается отклонением в соединительных муфтах с эластомерными прокладками. Изгиб этот может составлять:

$$\begin{aligned} 2^0 &< \text{DN } 300 \\ \text{DN } 300 &< 1,5^0 < \text{DN } 600 \\ 1^0 &> \text{DN } 800 \end{aligned}$$

Монтаж колодцев

Траншею в месте колодцев необходимо расширить и защитить стены от обрушения. Для непроходных колодцев перед зоной колодца необходимо принять уширенную область на 30см вокруг колодца, а для проходных колодцев с искусственного материала эту область необходимо увеличить минимум на 50см. Как и для труб, это уширение зависит от глубины траншеи, а также от технологии выполнения земляных работ. Уплотнение и вид грунта в зоне колодца должны быть приспособлены ко кружающему грунту. При строительстве дорог не могут быть применены в зоне колодца на глубинах, где происходит промерзание, грунты пучинистые либо подозреваемые в пучинистости. Под колодцами, исходя из стабилизации их установки, всегда применяются подсыпки, обсыпки, а также засыпки (предварительная и главная) из грунта способного к уплотнению, лучше всего из песка (крупно, средне или мелкозернистого) или песчано-гравийной смеси. Уплотнение необходимо проводить вручную, слоями по 15 см, либо легким механическим оборудованием (слой до 30 см) в случае открытых территорий, до минимум 85% пробы Proctora, а в случае установки колодца в дорожном покрытии или обочине, засыпка должна соответствовать требованиям, указанным в диапазоне показателя уплотнения, выводящегося из глубины укладки, типа дорожной конструкции (траншея, насыпь), а также категории нагрузки от дорожного движения.

В случае выполнения дорожной насыпи, а также одновременной укладки канализационных сетей с колодцами не допускается применение тяжелого оборудования для уплотнения грунта в непосредственной близости возле колодцев. Грунт возле колодцев на расстоянии минимум 0,5м необходимо уплотнять вручную.

Бетонирование подосновы колодца, если это предусматривает проект, необходимо выполнять из бетона В15. Также согласно проекту необходимо установить горловину колодца вместе с разгрузочной плитой.

В случае, когда колодцы имеют трубы-стволы соединенные манжетной прокладкой с телескопическими трубами, необходимо обратить внимание, чтобы телескопическая труба была вдвинута в трубу-ствол на глубину примерно 20см. А в случае, когда колодец имеет только трубу-ствол, камеру либо конус, редуцирующий диаметр камеры, которые выведены отдельно к отверстию разгрузочной плиты, должен быть сохранен деформационный шов шириной минимум 5см между верхом свободно вставленной трубы из искусственного материала в отверстие разгрузочной плиты и верхней плитой, которая подпирает чугунный либо бетонный цоколь. Этот шов предохраняет, чтобы эластичная труба не служила опорой для бетонной плиты.

3. Засыпка траншей.

Уплотнение грунта окружающего трубопровод (подсыпка, обсыпка и предварительная засыпка), создающее зону укладки трубопровода, имеет решающее влияние на деформацию сети. Правильно уложенный трубопровод в грунте должен равномерно опираться и не должен иметь чрезмерных деформаций поперечного сечения.

Считается, на основе ряда исследований, что самое большое влияние на деформацию диаметра трубопровода оказывает способ проведения земляных работ, а в значительно меньшей степени периметрическая жесткость трубы.

Материалом в зоне укладки трубопровода должен быть грунт не содержащий острых кремниевых камней и фракций, больших 22мм, поддающийся уплотнению, характеризующийся хорошей упругостью. Такой принцип относится к трубопроводам с диаметрами до 200мм. А при больших диаметрах материалом на предварительную засыпку может быть грунт, содержащий единичные количества фракций до 32-40мм. Если материнский грунт не отвечает этим требованиям, необходимо принять решение, можно ли провести сортировку путем откладывания соответствующих партий грунта в

процессе выполнения траншей. В случае сомнений необходимо применить привозной грунт.

Грунтовый материал, используемый в зоне укладки трубопровода, во время уплотнения должен иметь оптимальную влажность. Уплотнение ведется послойно, слоями не больше 30см. Главное при этом является хорошее уплотнение по бокам трубопровода, так называемая «**подбивка пазух**», при которой может произойти даже некоторая деформация трубопровода – уменьшение диаметра в горизонтальной плоскости на 2-3%. Одновременно необходимо во время уплотнения убирать опалубку (поднимать обшивку), чтобы не допустить разуплотнения как материнского грунта либо возникновения пустот рядом с зоной укладки трубопровода, так и самой зоны.

Уплотнение всей зоны укладки трубопровода вместе с предварительной засыпкой (30см над уровнем трубы) необходимо выполнять ручными трамбовками. После выполнения предварительной засыпки можно применить вибрационные трамбовки, но только по бокам трубопровода. Можно принять правило, что применение механического оборудования для уплотнения грунта непосредственно над трубой может вестись не раньше, чем будет достигнута высота предварительной засыпки 30см, а для труб с диаметрами большими DN 300 равное диаметру уложенного трубопровода.

Полученная степень плотности грунта будет зависеть от способности грунта к уплотнению, а также тщательности выполнения работ (таблица 21).

После выполнения предварительной засыпки необходимо над трубопроводом установить указательную ленту с металлическим вкладом с целью возможности локализации трубопровода с уровня территории при помощи соответствующих обнаруживающих устройств. Эта лента будет очень пригодна в случае аварии трубопровода либо укладки и ремонта других сетей, уложенных в земле.

Выполнение главной засыпки необходимо проводить в соответствии с требованиями выдвинутыми Инвестором. В таблице 29 даны, согласно PN-EN 1046 рекомендации, касающиеся оптимального уплотнения грунта в зависимости от наличия оборудования для грунтов пригодных для уплотнения (таблица 20). Эти рекомендации указывают количество (кратность) проходов для получения высокой или средней степени уплотнения, а также толщину слоев, при которой возможно применение механического оборудования.

ТАБЛИЦА 29. Рекомендации оптимального уплотнения грунта

Вид оборудования	Количество проходов до получения плотности		Максимальная толщина слоев (м) после уплотнения для групп грунтов со степенью пригодности к уплотнению указанных в таблице 20				Минимальная толщина защитного слоя над верхом трубы до уплотнения (м)
	высокой	средней	1	2	3	4	
Трамбовка ручная мин.15кг, а также трамбовка ногами	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
Трамбовка вибрационная мин.70кг	3	1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,30
Вибратор плитный мин. 50кг	4	1	0,10	-	-	-	0,15
мин. 100кг	4	1	0,15	0,10	-	-	0,15
мин. 200кг	4	1	0,20	0,15	0,10	-	0,20
мин. 400кг	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
мин. 600кг	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50

Вибратор катковый	6	2	0,35	0,25	0,20	-	0,60
мин. 15 кН/м	6	2	0,60	0,50	0,30	-	1,20
мин. 30 кН/м	6	2	1,00	0,75	0,40	-	1,80
мин. 45 кН/м	6	2	1,50	1,10	0,50	-	2,40
Двойные вибрационные катки							
мин. 15 кН/м	6	2	0,15	0,10	-	-	0,20
мин. 30 кН/м	6	2	0,25	0,20	0,15	-	0,45
мин. 45 кН/м	6	2	0,35	0,30	0,20	-	0,60
мин. 65 кН/м	6	2	0,50	0,40	0,30	-	0,85
Тройной тяжелый каток (без вибрации)							
мин. 50 кН/м	6	2	0,25	0,20	0,20	-	1,00

4. Технический прием в эксплуатацию.

Прием в эксплуатацию канализационных сетей необходимо проводить в соответствии с техническим проектом по согласованию с Инвестором и организацией, которая будет их эксплуатировать. В обязательных требованиях (нормы PN-EN 1610, которые заменяют PN-B-10735) перечислены процедуры проведения конечного контроля и/или испытаний трубопроводов и колодцев после выполнения засыпки, которые охватывают:

- Визуальный контроль проверки трассы и глубины заложения,
- Герметичность трубопроводов одновременно с колодцами,
- Правильность выполнения зоны укладки трубопроводов путем уплотнения и подбора грунта,
- Проверка уплотнения грунта над трубопроводом,
- Деформации трубы.

Испытания герметичности.

Испытания герметичности канализационных трубопроводов и колодцев могут быть проведены альтернативно либо с использованием воздуха (метод L) или с использованием воды (метод W). Могут быть проведены отдельные пробы герметичности труб и фасонных изделий, а также колодцев, напр. испытание труб воздухом, а колодцев водой. Метод с использованием воздуха можно проводить произвольное количество раз и устранять недостатки. Если испытание с использованием воздуха вызывает сомнение, то должен быть выполнен тест с использованием воды и его результаты должны быть решающими.

В случае появления грунтовых вод выше уровня трубопроводов, то такие испытания можно считать как дополнительное испытание инфильтрации.

Предварительное испытание с использованием воздуха или воды может быть проведено непосредственно после укладки трубопровода. Однако окончательное подтверждение герметичности должно быть проведено после выполнения засыпки траншеи и снятия опалубки.

Испытания с использованием воздуха (метод L)

Время испытаний сетей с отключенными колодцами в зависимости от диаметра трубопровода и методов испытаний (LA, LB, LC, LD) указано в таблице 30. Методы испытаний признаны равнозначными, так как исходя из разнообразного опыта

западных стран, невозможно однозначно утверждать, что лучше применять – напр. (LA) низкое давление, большой допускаемый спад давления ($P_0 - 1\text{кПа}$, ΔP 15%) и большая продолжительность испытаний, или напр. (LC) высокое давление, низкий допускаемый спад давления ($P_0 - 10\text{кПа}$, ΔP 15%) и короткая продолжительность испытаний. Должны быть применены герметичные запоры трубопроводов перед колодцами. Испытание колодцев с использованием воздуха трудоемкое, поэтому на практике колодцы редко испытываются этим методом. Однако если результаты испытаний колодцев будут позитивными, то время испытаний колодцев с помощью воздуха можно сократить наполовину, относительно к равнозначным диаметрам трубопроводов.

Если падение давления замеренное в указанной в таблице 30 продолжительности испытания меньше чем ΔP , то трубопровод соответствует требованиям.

ТАБЛИЦА 30. Условия испытания канализационных сетей с использованием воздуха

Материал трубопровода	Метод испытаний	P_0 (кПа)	ΔP (кПа)	Диаметр трубопровода d_n				
				DN200	DN300	DN400	DN600	DN800
				Продолжительность испытаний (минут)				
Трубы бетонные насыщенные водой и остальные материалы	LA	1	0,25	5	7	10	14	19
	LB	5	1	4	6	7	11	15
	LC	10	1,5	3	4	5	8	11
	LD	20	1,5	1,5	2	2,5	4	5
Кр				0,058	0,04	0,03	0,02	0,015

P_0 - давление пробное большее, чем атмосферное давление

ΔP – допускаемый спад давления во время испытаний

t – продолжительность испытания, возникшая из формулы

$$t = \frac{1}{Kp} \cdot \ln \frac{P_0}{P_0 - \Delta P} \quad (\text{мин})$$

$$Kp = \frac{12}{d_n} \quad \text{но макс. } 0,058$$

$$\ln = \log_e$$

Испытания с использованием воды (метод W)

Давление пробное является давлением, возникающим при заполнении исследуемого отрезка трубопровода водой до уровня территории соответственно в нижнем и верхнем колодце, причем не должно быть меньше, чем 10 кПа и больше чем 50 кПа (1 до 5м столба воды), считая от уровня верха трубы. После заполнения трубопровода водой и создания пробного давления сеть должна как минимум 1 час подлежать стабилизации.

Продолжительность испытаний должна составлять (30 ± 1) минут. Путем пополнения в это время уровня воды, давление должно удерживаться с точностью до 1 кПа.

Требования, касающиеся испытаний, считаются выполненными, если количество добавленной воды не превышает в течение 30 минут по отношению к увлажненной поверхности (м^2):

- 0,15 л/м² для трубопроводов
- 0, 2 л/м² для трубопроводов с проходными колодцами
- 0, 4 л/м² для самих колодцев

При одноразовых испытаниях соединений принимается, что величина поверхности соответствует 1м длины трубопровода при пробном давлении 50 кПа.

Как показывает практика, испытания герметичности канализационных трубопроводов при правильно проводимых монтажных работах, а также при профессиональном выполнении соединений являются часто формальностью.

Результативным методом проверки правильной укладки трубопроводов в грунте является обследование внутри трубопроводов специальной камерой промышленного телевидения CСTV. Камера передвигается по специальным направляющим и передает изображение потока влитой в трубопровод воды с фиксацией погонного метра трубопровода. В месте локального переаглубления трубопровода возникает разлив воды до возникновения «сифона». Просмотр изображения переданного камерой CСTV позволяет точно оценить правильность укладки трубопровода.

Камеры CСTV используются также для работ по проверке эксплуатации трубопроводов с целью определения их проходимости, мест аварии, а также подключений к раздельной канализации неучтенных стоков т.е. дополнительных несанкционированных подключений поверхностной воды, промышленных стоков и т.д.

IV. Литература связанная с проектированием и выполнением канализационных трубопроводов

1. Нормы PN-EN

1. PN-EN 124:2000 Венчания впусков и канализационных колодцев для поверхностей с пешеходным и автомобильным движением. Принципы конструкции, испытания, маркировка, управление качеством.
2. PN-EN 476:2001 Общие требования касающиеся элементов применяемых в системах самотечной канализации.
3. PN-EN 752:2000 Наружные канализационные системы
Часть 1: Общие понятия и определения (взамен PN-87/B-01070)
2: Требования
3: Планировка
4: Гидравлические расчеты и влияние на окружающую среду (2001г.)
5: Модернизация (2001г.)
6: Насосные системы (2002г.)
7: Эксплуатация и пользование (2002г.)
4. PN-ENV 1046:2002(U) Системы трубопроводов из искусственных материалов. Системы для транспортировки воды и стоков наружу строений. Практические рекомендации укладки трубопроводов под землей и над землей. (Предварительная норма по усмотрению не переведена)
5. PN-EN 1091:2002 Наружные системы вакуумной канализации.
6. PN-EN 1293:2003 Общие требования касающиеся элементов применяемых в системах пневматической канализации.

7. PN-EN 1295-1:2002 Статические расчеты трубопроводов уложенных в земле при разных условиях нагрузки. Часть 1: Общие требования.
8. PN-ENV 1452-6:2002(U) Системы трубопроводов из искусственных материалов для транспортировки воды. Непластифицированный поли (хлор винила). Часть 6: Рекомендации выполнения сетей. (предварительная норма по усмотрению не переведена).
9. PN-EN 1456-1:2003 Системы трубопроводов из искусственных материалов для напорной дождевой и санитарной канализации укладываемой под землей и над землей. Непластифицированный поли (хлор винила) (PVC-U) Часть 1: Требования, касающиеся элементов трубопровода и системы.
10. PN-EN 1610:2002 Строительство и испытания канализационных трубопроводов (взамен PN-92/B-10735).
11. PN-EN 1671:2001 Наружные системы напорной канализации.
12. PN-EN 1852-1:1999 Системы трубопроводов из искусственных материалов. Подземные безнапорные системы трубопроводов из полипропилена (PP) для отведения воды и канализации. Требования, касающиеся труб, фасонных изделий и системы.
13. PN-EN 12056:2002 Системы самотечной канализации внутри зданий.

Часть 1: Общие и эксплуатационные требования

2: Канализация санитарная. Проектирование и расчеты.

3: Канализация по отведению воды. Проектирование и расчеты.

4: Перекачка стоков. Проектирование систем и расчеты.

5: Монтаж и испытания, правила эксплуатации и пользования.

14. PN-EN 12889:2003 Строительство и испытание безтраншейных канализационных трубопроводов.
15. PN-ENV 13801:2002(U) Системы трубопроводов из искусственных материалов для отведения нечистот и стоков (с низкой и высокой температурой) внутри зданий. Материалы термопластичные. Практические рекомендации, касающиеся выполнения сетей. (Предварительная норма по усмотрению не переведена).
16. PN-EN ISO 1043-1:2003 Искусственные материалы. Обозначения и сокращения. Часть 1: Основные полимеры и их характеристики.

2. Проекты европейских норм prEN

17. prENV 1401-3:2000 Подземные безнапорные системы из PVC-U для отведения воды и канализации. Часть 3: Практические рекомендации укладки. (Plastics piping systems for underground drainage and sewerage – Unplsticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) – Part 3: Guidance for installation).
18. prEN 13476-3:2000 Безнапорные системы подземных трубопроводов из искусственных материалов для отведения воды и канализации. Системы труб со структурными стенками из непластифицированного поли (хлор винила) (PVC-

U), полипропилена (PP) и полиэтилена (PE). Часть 3: Практические рекомендации укладки. (Plastics piping systems for nonpressure underground drainage and sewerage. Structured – wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE). Part 3: Guidance for installation).

19. prEN 14982:2004 Система трубопроводов из искусственных материалов. Шахты-стволы либо вертикальные трубы (стволы) из искусственных материалов для инспекционных колодцев и лазов. Определение периметрической жесткости. (Plastics piping systems – Plastics shafts or risers for inspection chambers and manholes – Determination of ring stiffness).

3. Польские нормы PN

20. PN-B-01707:1992 Канализационные сети. Требования к проектированию.
21. PN-B-03020:1981 Строительные грунты. Посадка зданий. Статические расчеты и проектирование
22. PN-B-10729:1999 Канализация. Канализационные колодцы.
23. PN-B-10736:1999 Земляные работы. Открытые траншеи для водопроводных и канализационных сетей. Технические условия производства.
24. PN-S-02204:1997 Автомобильные дороги. Отведение воды с дорог.
25. PN-S-02205:1998 Автомобильные дороги. Земляные работы. Требования и испытания.
26. PN-M-34034:1976 Трубопроводы. Принципы расчета потерь давления.

4. Публикации

27. Рекомендации Немецкого Объединения Хозяйства Воды, Стоков и Отходов (DVWK) Строительство и испытания канализационных сетей (применительно к нормам DIN-EN 1610) Июнь 2001. (ATV – Regelwerk. Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139. Einbau und Prufung von Abwasserleitungen und kanalen. Juni 2001).
28. Lars-Eric Janson, Jan Molin. Проектирование и выполнение наружных сетей из искусственных материалов. Издательство Wavin Metalplast- Buk.
29. Указания по укреплению грунтовой подосновы в дорожном строительстве. – IVDiM 2002г.

Содержание

I. Введение – торговая информация

1. Производство труб К-2
2. Свойства материала трубопроводов из полипропилена.
 - 2.1 Физико-механические свойства.
 - 2.2 Химическая стойкость
3. Технические требования установленные в Технических Условиях и нормативных документах
 - 3.1 Определения и сокращения принятые в нормах и условиях
 - 3.2 Технические Условия и проект нормы структурных труб К-2
 - 3.3 Требуемые физико-механические свойства труб К-2 и фасонных изделий из РР
4. Ассортимент изделий
 - 4.1 Канализационные трубы с двойной стенкой К-2
 - 4.2 Канализационные фасонные изделия для труб К-2
 - 4.3 Дополнительный ассортимент – канализационные трубы и фасонные изделия из PVC-U

II. Проектирование наружных систем канализации

1. Канализационные системы
2. Общие требования по проектированию
 - 2.1 Влияние ведения работ на проектирование
3. Гидравлические расчеты самотечных сетей, а также подбор диаметров и уклонов трубопроводов
4. Подбор периметрической жесткости канализационных труб
5. Статические расчеты канализационных трубопроводов, уложенных под землей в условиях нагрузок от дорожного движения
6. Условия проектирования канализационных и отводящих воду сетей в дорожной полосе
 - 6.1 Земляные работы
 - 6.2 Канализационные колодцы в дорожной полосе
 - 6.3 Положения, указания и нормы по дорожному строительству

III. Строительство самотечных канализационных сетей, укладываемых в земле

1. Выполнение траншей
2. Монтаж и укладка трубопроводов
3. Засыпка траншей
4. Технический прием в эксплуатацию

IV. Литература связанная с проектированием и выполнением канализационных трубопроводов

1. Нормы PN-EN
2. Проекты европейских норм prEN
3. Польские нормы PN
4. Публикации