

# ТРУБЫ



По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана +7(7172)727-132  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06  
Ижевск (3412)26-03-58  
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

Эл. почта: [umk@nt-rt.ru](mailto:umk@nt-rt.ru) || Сайт: <http://neftekom.nt-rt.ru>

## СПИРАЛЬНОВИТЫЕ ПРОФИЛИРОВАННЫЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ ТРУБЫ ТУ 2248-004-35138456-15, ГОСТ Р 54475-2011

### 1. ПРИМЕНЕНИЕ, КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Для предприятий следующих отраслей промышленности:

- предприятия ЖКХ и водоканала;
- горнодобывающая и горноперерабатывающая;
- химическая;
- нефтегазовая;
- предприятия энергетического комплекса;
- металлургическая;
- целлюлозно-бумажная;
- сельское хозяйство.

Области применения профилированных полиэтиленовых труб серии :

- канализация, водоснабжение;
- ирригационные и дренажные системы;
- водоотводные системы;
- трубопроводы для химических продуктов;
- вентиляционные и кабельные каналы.

СОВРЕМЕННОЕ И ВЫГОДНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ  
**Спиральновитые профилированные полиэтиленовые трубы серии**



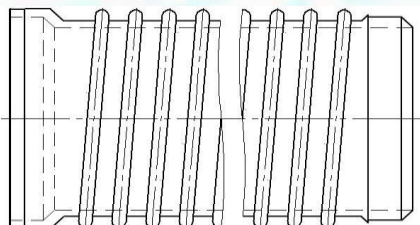
В последнее время актуальным направлением научно-технических исследований является создание более легких типов полиэтиленовых труб с высокой кольцевой жесткостью и лучшим соотношением «жесткость/материалоемкость» по сравнению с другими материалами.

Одним из результатов таких разработок явилось создание технологии производства **спиральновитых профилированных полиэтиленовых труб**.

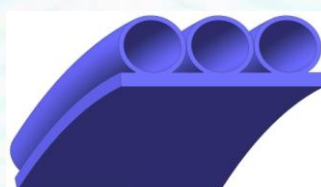
Такие трубы отличаются высокой стойкостью к агрессивному воздействию сточных вод и механическим нагрузкам, легкостью монтажа, долговечностью, морозостойкостью, высокой ударной вязкостью, а также превосходным соотношением «качество/цена». Подробнее все эти положительные качества описываются ниже.

Трубы изготавливаются по инновационным технологиям более чем в 30 модификациях, с внутренними диаметрами от 400 до 3000 мм и различными вариантами конструкции многослойных стенок (рис.2, рис.3).

Номинальные длины готовых труб составляют от 6 до 12 м., с предельным отклонением  $\pm 1\%$ . По согласованию с потребителем возможно изготовление труб другой длины (от 1,5 м., в зависимости от диаметра) и с другим предельным отклонением.



**Рис.1 Труба - общий вид**



**Рис.2 Стенка трубы двухслойная в разрезе**



**Рис.3 Стенка трубы трёхслойная в разрезе**

Действующая на нашем предприятии система менеджмента качества ГОСТ Р ISO 9001:2008 гарантирует поэтапный контроль качества изготовления и поставки продукции, от лабораторного тестирования всех входящих материалов до доставки готовых изделий Потребителю.

Трубы соответствуют ГОСТ Р 54475-2011 и европейским стандартам EN 13476-1 и EN 752-2008.



## 2. ПРЕИМУЩЕСТВА И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА профилированных полиэтиленовых труб :

- √ **устойчивость к воздействию агрессивных сред** (см. Приложение 2 «Таблица химической стойкости полиэтилена ПЭ100 ГОСТ 16338-85 к различным рабочим средам»);
- √ **устойчивость к ультрафиолетовому излучению;**
- √ **долговечность:** гарантийный срок эксплуатации не менее 50 лет;
- √ **малая масса**, в 6-8 раз меньшая по сравнению с массами аналогичных изделий из стали и других традиционных материалов, обуславливает снижение затрат на транспортировку в 2 раза, а стоимость и скорость выполнения строительно-монтажных работ даже при использовании открытых способов сокращается до 2—2,5 раз;



- √ **высокая эластичность** полиэтиленовых труб позволяет вписывать их в повороты трассы при монтаже: допустимое значение радиуса изгиба для трубы УНИКОМ составляет до 40 диаметров изгибаемой трубы. Высокая эластичность наших труб также допускает прокладывать их в нестабильных грунтах и в регионах с повышенной сейсмической активностью;
- √ **хорошие гидродинамические свойства** в течение всего срока эксплуатации: благодаря низкому показателю шероховатости рабочей поверхности (в 2,5 раз ниже, чем у стали и в 12 раз ниже, чем у бетона) полиэтиленовые трубы обладают большей пропускной способностью (в зависимости от скорости и расхода - в 1,2...1,6 раз в сравнении со стальными трубами), а низкий уровень адгезии с контактирующим продуктом препятствует образованию отложений на стенках трубопровода;
- √ **санитарно-гигиеническая безопасность:** материал, из которого изготавливаются трубы, соответствует санитарным правилам по ГН2.3.3.972-00 [11];

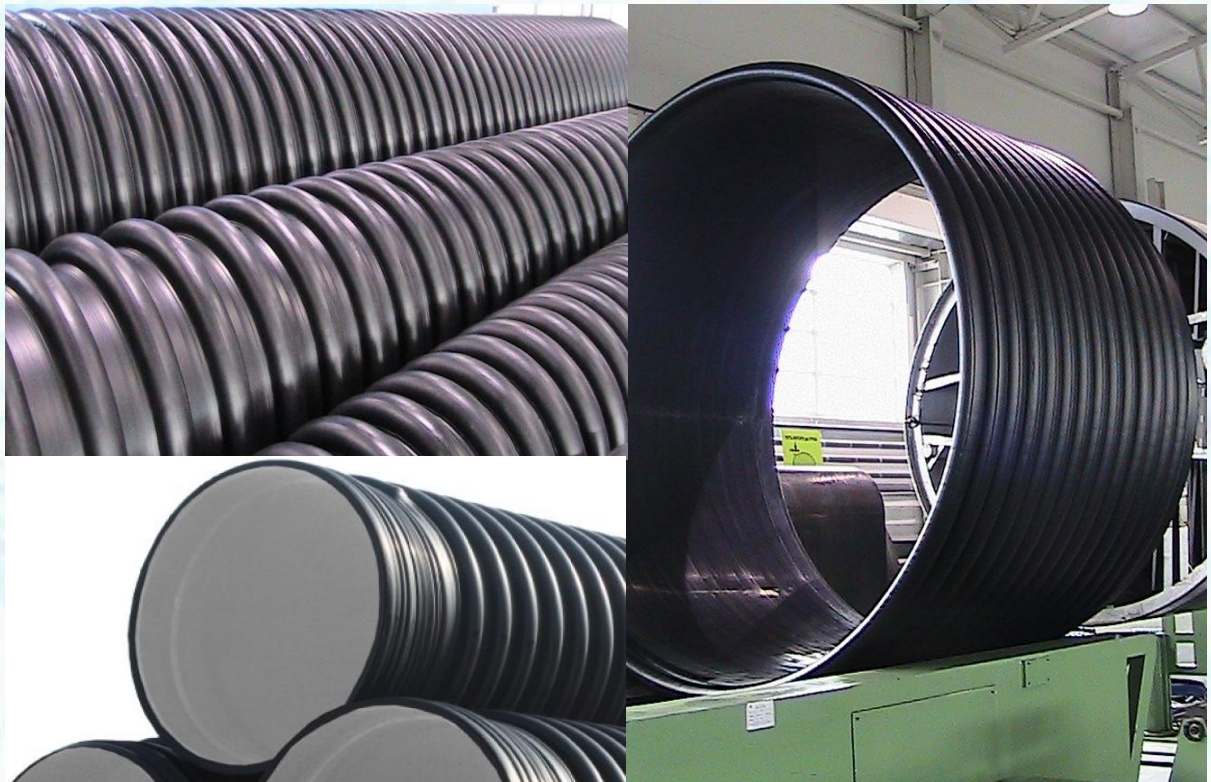


Рис.4,5,6. Спиральновитые трубы D=400мм, D=600мм, D=1000мм, D=3000мм

✓ **эргономичность и скорость монтажа**; долговременная прочность и герметичность соединений. Электросварка пластиковых труб с помощью закладной спирали нагревания вследствие её простоты и надежности является наиболее оптимальным методом соединения;

В соответствии с нормами DVS 2207-1 разработана методика электрофузионной сварки полиэтиленовых труб с применением данной технологии.

В раструб трубы интегрирован электросварной проволочный нагревательный элемент (рис.7). После соединения раструбной и сгонной частей двух труб проволочный нагревательный элемент нагревается с помощью специального сварочного устройства и концы труб (раструб и сгон) соединяются в единое монолитное целое (рис.8).



Рис.7. Закладной электрофузионный элемент

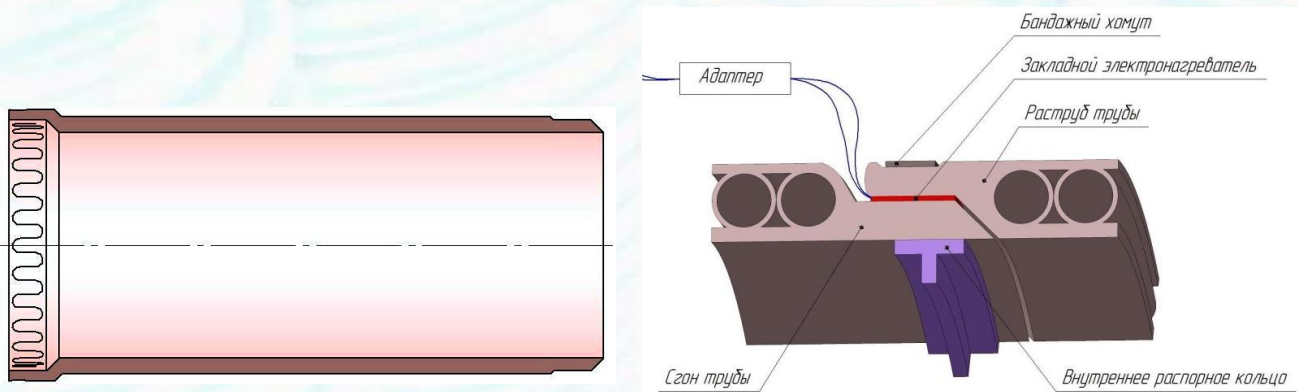


Рис.8 Электрофузионная сварка труб УНИКОМ

✓ **хорошие теплоизоляционные свойства:** коэффициент теплопроводности полиэтилена в 190 раз ниже, чем у металлов; кроме этого, структурированная внутренняя конструкция двухслойных стенок труб за счёт системы воздушных полостей усиливает теплоизолирующий фактор (Рис.3, Рис.9).

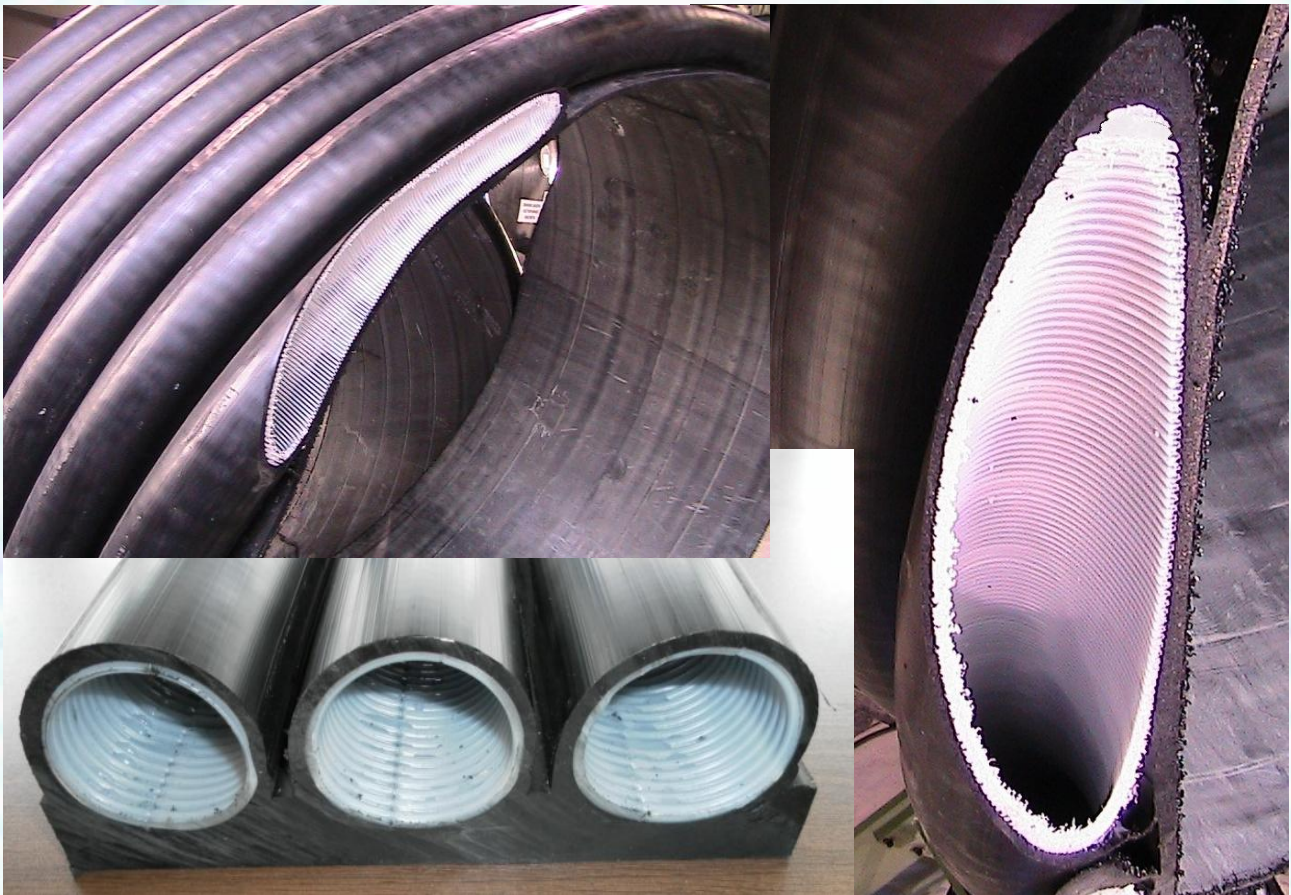


Рис.9 Профилированные стенки труб в разрезе

✓ **отсутствие электрохимической коррозии** полиэтиленовых трубопроводов исключает необходимость обустройства их катодной защиты.  
 ✓ **достаточная кольцевая жёсткость** труб «УНИКОМ-Т» достигается за счёт профилированных стенок; кольцевая жёсткость рассчитывается и подбирается

индивидуально для каждого заказа, на основании входных параметров и требований, с обязательным испытанием опытных образцов на тестере кольцевой жёсткости (Рис.10).



Рис.10. Определение класса кольцевой жёсткости

✓ **устойчивость к абразивному износу:** полиэтилен показал лучшие результаты по отношению к таким материалам, как асбоцемент, стеклопластик, бетон, керамика и ПВХ в ходе испытаний, проведенных на основании DIN19534 Технологическим Университетом Дармштадта, Германия (Technische Universität Darmstadt) (Рис.11).

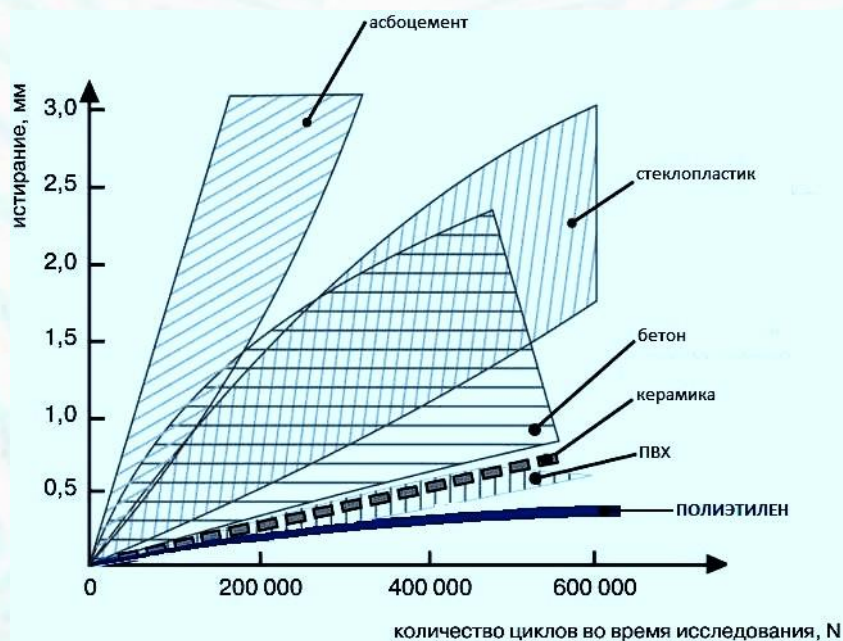


Рис.11. Сравнительные результаты испытания труб по Дармштадтской методике

После комплекса испытаний, эквивалентного эксплуатации канализационной полиэтиленовой трубы в течение примерно 195 лет, фактический износ составил 0,1 мм.

Таким образом подтверждено, что износом полиэтиленовых труб действительно можно пренебречь даже для труб с относительно малой толщиной стенок.

Правильный выбор материала для трубопровода непосредственно зависит от условий его работы, характеристик транспортируемой среды и имеет целью избежать в дальнейшем проблем эксплуатации трубопроводного транспорта в различных отраслях промышленности и жизнедеятельности.

Нормативные документы, регламентирующие проектирование трубопроводных систем, допускают применение труб из других материалов, но отдают предпочтение именно пластмассовым трубам.

В Своде правил СП 40-102-2000 [5] «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов» изложены особенности проектирования и монтажа трубопроводных систем из полимерных материалов.



### 3. ТИПЫ ПРОФИЛЕЙ СТенок ТРУБ УНИКОМ

Трубы выполняются с двумя видами профиля стенок (рис.12, рис.13).

На рис.14 и рис.15 показаны общие виды и разрезы трубы с данными профилями стенки.

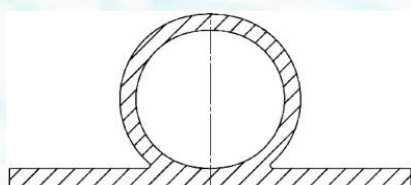


Рис.12. Профиль стенки PR

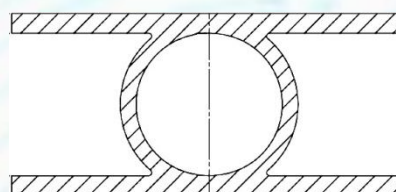


Рис.13. Профиль стенки SPR



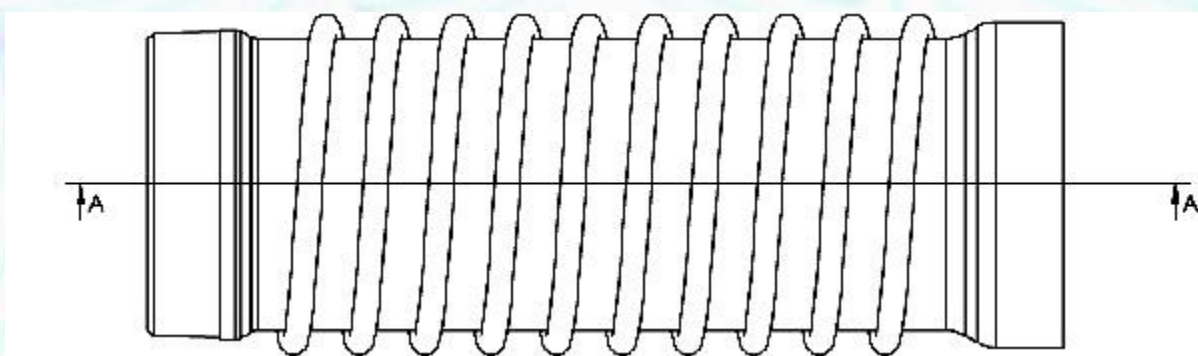
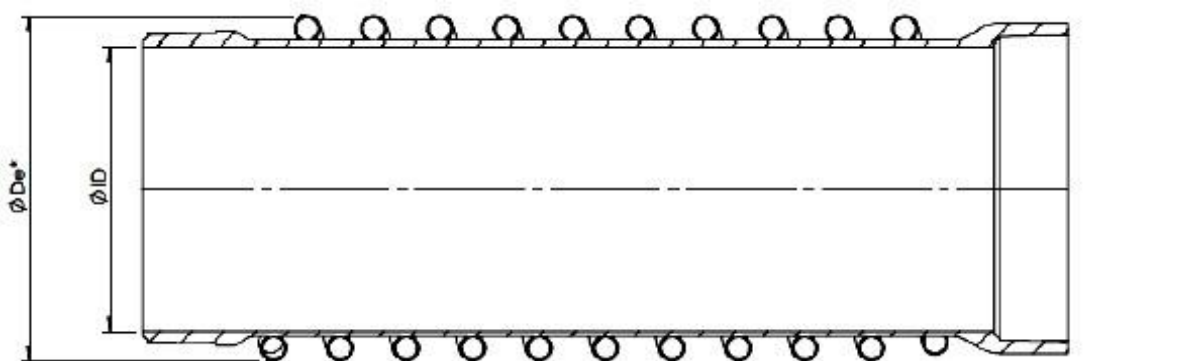


Рис.14. Общий вид и разрез трубы с профилем стенки «PR»

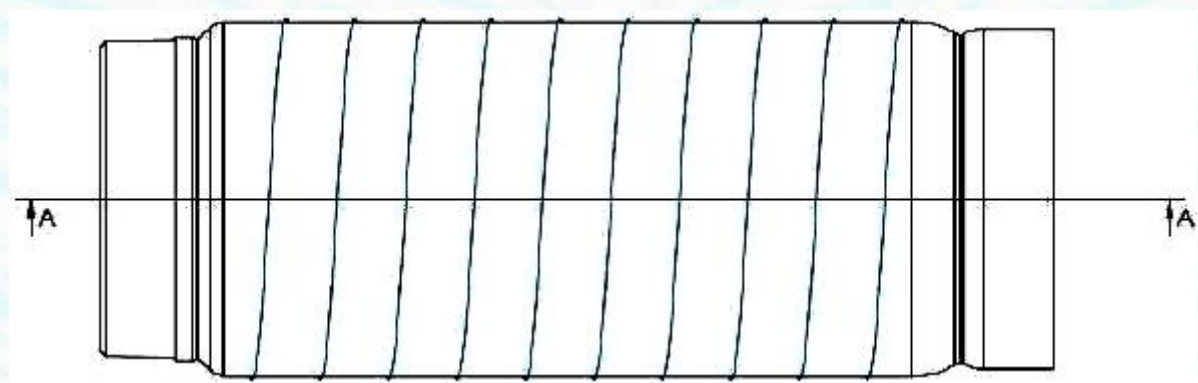
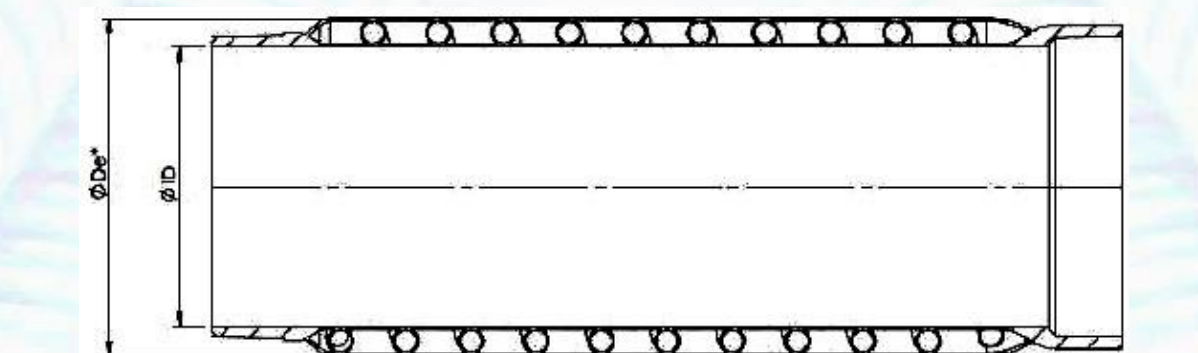


Рис.15. Общий вид и разрез трубы с профилем стенки «SPR»

#### 4. УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ТРУБ

Для применения в проектно-конструкторской документации и при размещении заказа, в целях идентификации труб номенклатуры следует пользоваться следующим способом обозначения:

Пример условного обозначения трубы полиэтиленовой с номинальным внутренним диаметром 600 мм, типом профиля PR, с моментом инерции профиля стенки трубы  $2870 \text{ мм}^4/\text{мм}$  и номинальной кольцевой жесткостью SN8: **“Труба профилированная спиральновитая полиэтиленовая 600.PR002.87-SN8 ТУ 2248-004-35138456-15”**

#### 5. НОМЕНКЛАТУРА ТРУБ УНИКОМ

В Таблице 1 представлен перечень позиций труб, выпускаемых нашим предприятием, с указанием их основных размеров и технических характеристик.

Таблица 1. Номенклатура спиральновитых труб УНИКОМ

№ поз.	Номинальный внутренний диаметр $ID$ , мм	Номинальный наружный диаметр $D_e$ , мм *	Кольцевая жёсткость $SN$ , кН/м.кв.	Расчётное рабочее давление, МПа **	Средняя масса 1 м. трубы, кг ***	Условное обозначение трубы ****
1	<b>400</b>	474	SN 10	0,4	11,8	400.PR002.76-SN10
2		490	SN 12	0,5	13,3	400.PR004.62-SN12
3		490	SN 16	0,6	16,0	400.PR006.49-SN16
4	<b>500</b>	576	SN 4	0,35	12,9	500.PR000.74-SN4
5		592	SN 8	0,4	14,6	500.PR002.38-SN8
6		592	SN 10	0,5	16,4	500.PR004.55-SN10
7		616	SN 12	0,6	18,2	500.PR006.12-SN12

Таблица 1 - продолжение. Номенклатура спиральновитых труб УНИКОМ

8	600	678	SN 4	0,35	16,1	600.PR000.99-SN4
9		694	SN 8	0,4	20,2	600.PR002.87-SN8
10		718	SN 10	0,5	21,2	600.PR004.39-SN10
11		740	SN 12	0,6	24,5	600.PR007.73-SN12
12	800	920	SN 4	0,35	24,7	800.PR003.85-SN4
13		942	SN 8	0,4	35,0	800.PR006.23-SN8
14		972	SN 10	0,5	57,5	800.PR007.62-SN10
15		992	SN 12	0,6	38,1	800.PR012.36-SN12
16	1 000	1 144	SN 4	0,35	46,4	1000.PR005.11-SN4
17		1 194	SN 8	0,4	54,7	1000.PR009.34-SN8
18		1 214	SN 10	0,5	89,3	1000.PR014.14-SN10
19		1 234	SN 12	0,6	90,9	1000.PR025.30-SN12
20	1 200	1 376	SN 4	0,35	55,2	1200.PR010.75-SN4
21		1 416	SN 8	0,4	73,5	1200.PR017.58-SN8
22		1 436	SN 10	0,5	92,7	1200.PR024.91-SN10
23		1 456	SN 12	0,6	114,0	1200.PR030.25-SN12
24	1 400	1 578	SN 4	0,35	84,3	1400.PR015.51-SN4
25		1 618	SN 8	0,45	126,9	1400.PR029.66-SN8
26		1 658	SN 10	0,6	150,0	1400.PR038.53-SN10
27	1 600	1 800	SN 4	0,35	112,0	1600.PR020.98-SN4
28		1 840	SN 8	0,45	142,4	1600.PR036.12SN8
29		1 887	SN 10	0,6	154,5	1600.PR041.08-SN10
30	1 800	2 022	SN 4	0,35	148,9	1800.PR027.55-SN4
31		2 062	SN 8	0,5	172,8	1800.PR043.07-SN8
32	2 000	2 244	SN 4	0,35	164,8	2000.PR035.16-SN4
33		2 291	SN 8	0,6	216,8	2000.PR051.32-SN8
34	2 500	2 793	SN 4	0,35	242,9	2500.PR057.29-SN4
35		2 826	SN 8	0,6	284,7	2500.PR119.83-SN8
36	2 800	3 095	SN 4	0,35	297,7	2800.PR128.84-SN4
37	3 000	3 330	SN 8	0,6	339,6	3000.PR142.76-SN8

Примечания к таблице 1:

\* номинальный наружный диаметр  $D_e$ , мм – справочная величина, размеры указаны с допуском  $\pm 1,0-1,5\%$ , в зависимости от диаметра трубы и типа профиля её стенки.

\*\* см. раздел 7 «СТОЙКОСТЬ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ К ВНУТРЕННЕМУ ДАВЛЕНИЮ».

\*\*\* указана средняя масса одного метра 6-метровой трубы, с учётом неравномерности распределения массы по длине трубы за счёт наличия раструбов и сгонов;

\*\*\*\* см. раздел 4 «УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ТРУБ».

## 6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Гидравлический режим работы самотечной канализационной сети в основном является турбулентным, неравномерным и неустановившимся. Однако точный гидравлический расчет по математическим зависимостям для неравномерного и неустановившегося движения из-за сложности и трудоемкости в решении практических задач проектирования сети не применяется. С погрешностью, не превышающей допущений в определении расчетных расходов сети, гидравлический расчет канализационной сети производят по зависимостям для установившегося равномерного движения.

### 6.1. Основные гидродинамические параметры [3],[5],[6]

**Живое сечение  $\omega$  (м<sup>2</sup>)** - площадь поперечного сечения потока, перпендикулярного к направлению течения:

$$\omega = (\beta/180^\circ - \sin^2 \beta/2) d^2 \quad (6.1)$$

**Смоченный периметр  $\chi$**  - длина линии, по которой жидкость в живом сечении соприкасается со стенками трубы (Рис. 16).

В безнапорных потоках смоченный периметр составляет часть полного периметра:

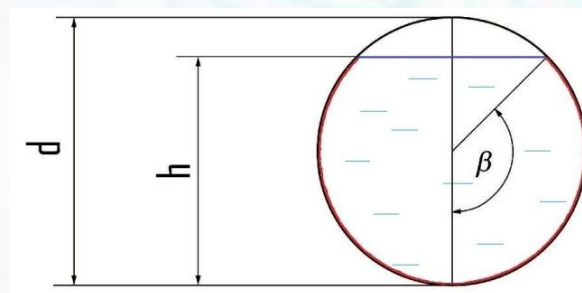


Рис. 16. Смоченный периметр

$$\chi = \pi D \beta / 180^\circ \quad (6.2)$$

**Гидравлический радиус** - отношение площади  $S$  поперечного сечения потока к смоченному периметру  $\chi$ , т. е. периметру части русла, находящейся под уровнем жидкости:

$$R = S / \chi \quad (6.3)$$

**Расход потока  $Q$**  - объем жидкости  $V$ , протекающей за единицу времени  $t$  через живое сечение  $\omega$ :

$$Q = V / t \quad (\text{м}^3/\text{с}, \text{л}/\text{мин.}) \quad (6.4)$$

**Средняя скорость потока  $V_{cp}$**  - скорость движения жидкости, определяющаяся отношением расхода жидкости  $Q$  к площади живого сечения  $\omega$ :

$$V_{cp} = Q / \omega \quad (\text{м}/\text{с}) \quad (6.5)$$

**Коэффициент наполнения** труб — отношение высоты потока воды к внутреннему диаметру трубы  $h/d$ ;

**Гидравлический уклон потока:**

$$i = V^2 / (C^2 R) \quad (6.6)$$

**Таблица 2. Гидравлические характеристики самотечных канализационных трубопроводов при различных заполнениях [5],[6],[7]**

Наполнение $h/d$	Площадь живого сечения $\omega$	Смоченный периметр $\chi$	Гидравлический радиус $R$	$V_n / V_n^*$	$q_n / q_n^{**}$	
в долях $d$	в долях $d^2$	в долях $d$				
0,30	0,19817	1,1597	0,1709	0,78	0,20	
0,35	0,24498		0,1935	0,86	0,28	
0,40	0,29337	1,3697	0,2142	0,92	0,34	
0,45	0,34278		0,2331	0,96	0,43	
0,50	0,39270	1,5708	0,2500	1,00	0,50	
0,55	0,44262		0,2649		0,59	
0,60	0,49203	1,7723	0,2776	1,07	0,66	
0,65	0,54042		0,2881		0,76	
0,70	0,58723	1,9825	0,2962	1,08	0,84	
0,75	0,63185		0,3017		0,88	
0,80	0,67357	2,2143	0,3042	1,07	0,91	
0,85	0,71152		0,3033		0,95	
0,90	0,74452	2,4983	0,2980	1,04	0,98	
0,95	0,77072		0,2865		0,99	
1,00	0,78540	3,1416	0,2500	1,00	1,00	

\*  $V_n, V_n^*$  - скорости потока соответственно при неполном и полном заполнениях трубопровода;

\*\*  $q_n, q_n^{**}$  - расходы потока соответственно при неполном и полном заполнениях трубопровода.

## 6.2. Выбор диаметров труб и определение гидродинамических параметров трубопроводов

Система параметров «диаметр  $d$  - наполнение  $h/d$  - расход  $q$  - скорость  $V$  - уклон  $i$ » неразрывно связана. Работа канализационной сети предусматривается при неполном наполнении труб. Это обеспечивает вентиляцию сети для удаления вредных и взрывоопасных газов и создание некоторого запаса пропускной способности сети в условиях неравномерного режима поступления сточных вод.

При расчете канализационной сети решают следующие следующие основные задачи:

а) определяют уклон лотка трубопровода  $i$ , его диаметр  $d$ , мм, наполнение  $h/d$  и скорость  $V$ , м/с по заданному расходу  $q$ , л/с, с учетом уклона местности вдоль трассы коллектора;

б) определяют расход  $q$ , л/с, и скорость  $V$ , м/с, в существующем коллекторе диаметром  $d$ , мм, проложенном с уклоном  $i$  при фактическом наполнении  $h/d$ .

Уклон лотка трубопровода  $i$  принимают равным уклону местности или минимальным, чтобы обеспечить самоочищающую скорость потока.

Если скорость  $V$  окажется меньше самоочищающей, то увеличивают уклон  $i$  и решают задачу снова. При скорости выше максимально допустимой уклон уменьшают.

Во избежание заиливания трубопроводов при расчетах следует обеспечивать выполнение следующего условия, при котором соответствие величин должно быть:  $V \geq 0,7$  м/с, а наполнение  $h/d \geq 0,3$ , так как при  $V = 0,7$  м/с и выше по трубе начинает транспортироваться песок, при  $h/d < 0,3$  в трубе образуется «сухое» течение, при котором в осадок выпадают крупногабаритные предметы.

Расчетные скорости движения сточных вод следует принимать в зависимости от степени наполнения труб и каналов и крупности взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах. При наибольшем расчетном наполнении труб в сети бытовой и дождевой канализации наименьшие скорости  $V_{min}$  следует принимать по табл.5.

Диаметр трубы  $D_{min}$  по заданному расходу  $q$  подбирают (Таблица 3) таким образом [2], чтобы выдержать регламентированные параметры: наполнение  $h/d$  и скорость  $V$  (Таблица 4):

**Таблица 3. Рекомендуемые значения минимальных уклонов и диаметров труб в зависимости от заданной пропускной способности трубопровода**

Расход $q$ , л/с	Скорость $V$ , м/с	Наполнение $h/d$	Минимальный уклон $I_{min}$	Минимальный диаметр $D_{min}$ , мм
<b>5</b>	0,84	0,30	0,0040	<b>200</b>
<b>10</b>	1,08	0,40	0,0050	<b>200</b>
<b>20</b>	0,98	0,60	0,0050	<b>250</b>
<b>50</b>	1,08	0,70	0,0025	<b>315</b>
<b>100</b>	1,26	0,60	0,0025	<b>400</b>
<b>200</b>	1,46	0,75	0,0025	<b>500</b>
<b>500</b>	1,17	0,75	0,0017	<b>630</b>
<b>500</b>	1,17	0,75	0,0014	<b>800</b>
<b>1000</b>	1,17	0,80	0,0013	<b>1000</b>
<b>1000</b>	1,17	0,80	0,0011	<b>1200</b>

**Таблица 4. Минимальные скорости при наибольшем расчетном наполнении труб в сети бытовой и дождевой канализации [3]**

Внутренний диаметр трубы $D$ , мм	Скорость $V_{min}$ , м/с, при наполнении $h/d$			
	0,6	0,7	0,75	0,8
150-250	0,7	-	-	-
300-400	-	0,8	-	-
450-500	-	-	0,9	-
600-800	-	-	1	-
900-1000	-	-	1,15	-
1000-1200	-	-	-	1,15
1200-1500	-	-	-	1,3
Свыше 1500	-	-	-	1,5

При этом должно быть выполнено условие:  $V\sqrt{H/d} \geq K$   
здесь  $K = 0,5$  - для трубопроводов из полиэтиленовых труб.

**Примечания [3]:**

1. Для производственных сточных вод наименьшие скорости следует принимать в соответствии с указаниями по строительному проектированию предприятий отдельных отраслей промышленности или по эксплуатационным данным.
2. Для производственных сточных вод, близких по характеру взвешенных веществ к бытовым, наименьшие скорости надлежит принимать как для бытовых сточных вод.
3. Для дождевой канализации при  $P = 0,33$  года ( $P$  - период однократного превышения расчетной интенсивности дождя) наименьшую скорость следует принимать 0,6 м/с.
4. Минимальную расчетную скорость движения осветлённых или биологически очищенных сточных вод в трубах допускается принимать 0,4 м/с.

В [3] [6] [7] [8] рекомендуется ещё несколько вариантов выбора диаметров труб, а также методов определения гидродинамических параметров трубопроводов: наполнения  $h/d$ , расхода  $q$ , скорости  $V$  и уклона  $i$ .

**6.3. Определение гидродинамических параметров труб с помощью формул и таблиц**

Гидравлический расчет канализационных самотечных трубопроводов можно производить на расчетный максимальный секундный расход сточных вод по таблицам, составленным по формуле:

$$V = C\sqrt{Ri} \quad (6.7)$$

где:

$V$  - скорость движения жидкости, м/с;

$C$  - коэффициент, зависящий от гидравлического радиуса и шероховатости смоченной поверхности канала или трубопровода и определяемый по формуле академика Н.Н. Павловского [7]:

$$C = R^y/n \quad (6.8)$$

здесь:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75R(\sqrt{n} - 0,1) \quad (6.9)$$

$n$  - коэффициент шероховатости;

$R$  - гидравлический радиус, м;

$i$  - гидравлический уклон.

В СП 32.13330.2012 [3] рекомендуется вместо формулы  $i = V^2/(C^2R)$  пользоваться идентичной формулой Дарси:

$$i = \lambda_n V^2 / 8Rg \quad (6.10)$$

где:

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\lambda_n$  - коэффициент гидравлического трения полиэтиленовых труб, при самотечном движении потока жидкости определяется с использованием коэффициента  $K$ ,

$$\lambda_n = K \lambda_2 \quad (6.11)$$

где:

$\lambda_2$  – коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб.

Коэффициент гидравлического трения полиэтиленовых труб при небольших наполнениях (0,1 – 0,3) подчиняются закону гидравлически гладких труб, т.е. описываются формулой Блазиуса:

$$\lambda_2 = 0,3164/Re^{0,25} \quad (6.12)$$

При наполнении  $h/d > 0,3$  гидравлическое сопротивление неравномерно повышается. Разная степень повышения сопротивления при различном наполнении связана с возникновением локальной турбулентности вблизи внутренней волнистой поверхности спиральновитых полиэтиленовых труб.



Для учёта действия этих факторов на гидравлическое сопротивление введён безразмерный параметр  $K$ , зависящий от наполнения трубопровода  $h/d$  (табл.5), а в качестве базовых уравнений приняты формулы для гидравлически гладких труб [5].

Таблица 5. Значения безразмерного поправочного коэффициента  $K$  для различных наполнений  $h/d$

Наполнение $h/d$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Коэффициент $K$	1,00	1,00	1,00	1,07	1,13	1,19	1,24	1,25	1,15	1,25

Способ вычисления коэффициента  $\lambda_n$  зависит от режима работы трубопровода и характера движения в нем жидкости, которые описываются фактическим числом Рейнольдса, соответствующим скорости течения жидкости при полном наполнении трубопровода  $R_e$ :

$$R_e = V4R/\nu \quad (6.13)$$

где:

$V$  – средняя скорость потока (м/с);

$R$  – гидравлический радиус (м);

$\nu$  – значение кинематической вязкости жидкости, при температуре 20°C:  $\nu = 1,03 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Расчет сети по формулам производят редко из-за его большой трудоемкости. Обычно при гидравлическом расчете самотечной и напорной канализационных сетей пользуются таблицами, графиками и номограммами.

Подробные таблицы составлены Карелиным Я.А. [7]. В таблицах для каждого диаметра труб  $d$  и уклона  $i$  приведены расходы  $q$  и скорости  $V$  при наполнении от 0,05 до 1,0. По заданному расходу  $q$  и уклону местности, принимая расчетную степень наполнения труб  $h/d$ , выбирают нужный диаметр трубы  $d$ , уточняют уклон  $i$  и определяют скорость  $V$ .

Недостатком табличного расчета является необходимость прибегать к интерполяции при определении наполнения и уклона.

Графики, составленные в прямоугольных координатах, неудобны в пользовании, так как для расчета каждого диаметра и площади сечения труб требуется самостоятельный график. Обилие графиков усложняет технику расчета.

Более совершенными для расчёта канализационной сети являются номограммы в параллельных координатах, составленные по методу выравненных точек. При помощи номограмм с большой точностью можно определить обширный диапазон диаметров, уклонов, расходов и скоростей без интерполяции как при полном, так и при частичном заполнении труб.

## 6.4. Номограммы для определения гидродинамических параметров труб

### 6.4.1. Четырёхшкальная номограмма (СП 40-102-2000)

Сводом правил СП40-102-2000 [5] рекомендуется четырехшкальная номограмма для определения величины расчетного диаметра самотечного трубопровода (Рис.17).

Левая шкала номограммы содержит пометки со значениями скорости течения жидкости. Следующая шкала – «немая» (не содержит никаких пометок). Третья шкала с левой стороны содержит пометки со значениями величины наполнения трубопровода  $h/d$ , а с правой стороны - со значениями величины расчетного расхода стоков  $q$ ; правая шкала содержит пометки со значениями искомой величины расчетного диаметра самотечного трубопровода.

При определении параметров результат достигается двумя наложениями линейки, как показано на схеме пользования номограммой (рис.17):

1. Сначала прямой линией соединяют точки с пометками  $V$  и  $h/d$ , и на «немой» шкале делают засечку. При втором наложении линейки, эту засечку соединяют прямой линией с пометкой  $q$  на третьей шкале номограммы, а затем эту линию продолжают до пересечения с четвертой шкалой (шкалой  $d$ ). В точке пересечения снимают искомое значение  $d$ , мм.

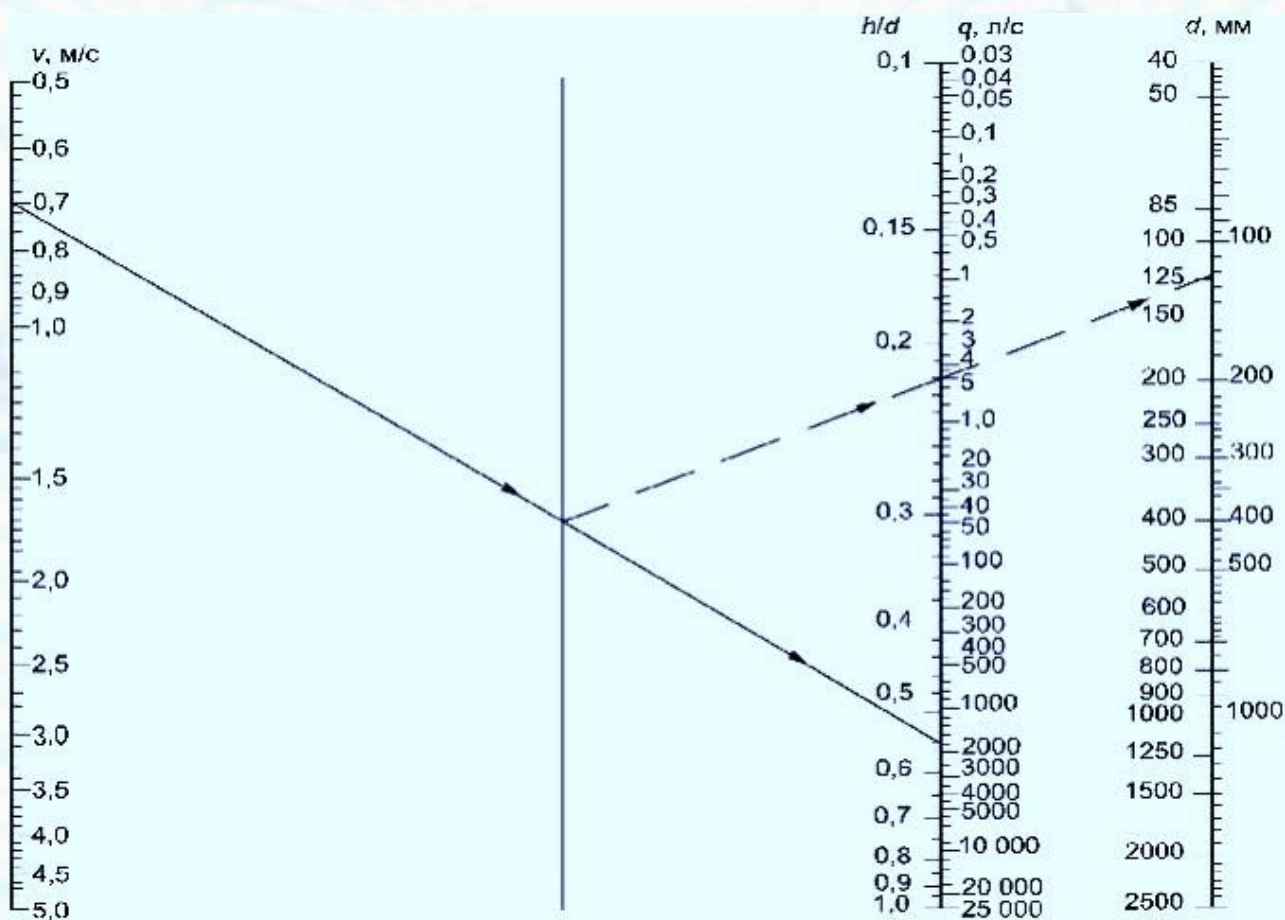


Рис.17. Четырёхшкальная номограмма (СП 40-102-2000)

2. Если полученное значение диаметра не совпадает с указанным в сортаменте труб (см. Таблицу 1 «Номенклатура спиральновитых труб УНИКОМ»), то выбирается ближайшее или большее значение, которое на номограмме соединяется с пометкой значения расхода  $q$ , и эта прямая линия продолжается до пересечения с ней шкалой, где ставится новая засечка.

3. Затем край линейки ставится на эту засечку, и на пересечении линейки со шкалами  $V$  и  $h/d$  получают значения этих параметров.

4. После того, как установлены значения расхода жидкости  $q$ , расчетного (внутреннего) диаметра трубопровода, его наполнения и скорости течения жидкости  $V$ , по формуле (6.10) следует определить уклон трубопровода  $i$ , при котором будут обеспечены все названные параметры движения жидкости.

#### 6.4.2. Номограмма С.В. Яковлева [8]

В данной номограмме (Рис.18) для расчета труб при частичном наполнении имеются два вспомогательных криволинейных графика — один для вычисления скорости, а другой для вычисления расходов при наполнении от  $0d$  до  $1d$  с интервалами через  $0,05d$ .

Соединяя прямой линией точку на шкале диаметров  $d$  с точкой на шкале уклонов  $i$ , в точке пересечения со шкалой расходов получаем расход, а в точке пересечения со шкалой скоростей – скорость  $V$ , соответствующие полному наполнению трубы.

При заданном наполнении на вспомогательном графике расходов **I** измеряем отрезок  $a'$ , соответствующий заданному наполнению со знаком «-», и откладываем его на шкале расходов влево от точки пересечения, так как расход при неполном наполнении меньше. На конце отложенного отрезка  $a'$  получим действительный расход для заданного наполнения. Аналогично определяем скорость на вспомогательной кривой скоростей. Для этого откладываем отрезок  $b'$ , соответствующий заданному наполнению (вспомогательный график расходов **II**, со знаком «+»), и переносим его на шкалу скоростей вправо от точки пересечения, так как скорости при неполном наполнении выше, чем при полном, в результате получаем искомую скорость.

**Пример.** Расход  $q = 30$  л/с, уклон местности  $i = 0,0048$ . Задаемся наполнением  $0,5d$ . На шкале расходов  $q$  от точки, соответствующей расходу  $q = 30$  л/с, откладываем отрезок  $a''$ , соответствующий (по вспомогательному графику **I**) наполнению  $0,5$  и получаем новую точку с расходом  $h/d = 56$  л/с. Соединяя ее прямой линией с уклоном  $i = 0,0048$  на шкале уклонов, получим  $d = 280$  мм.

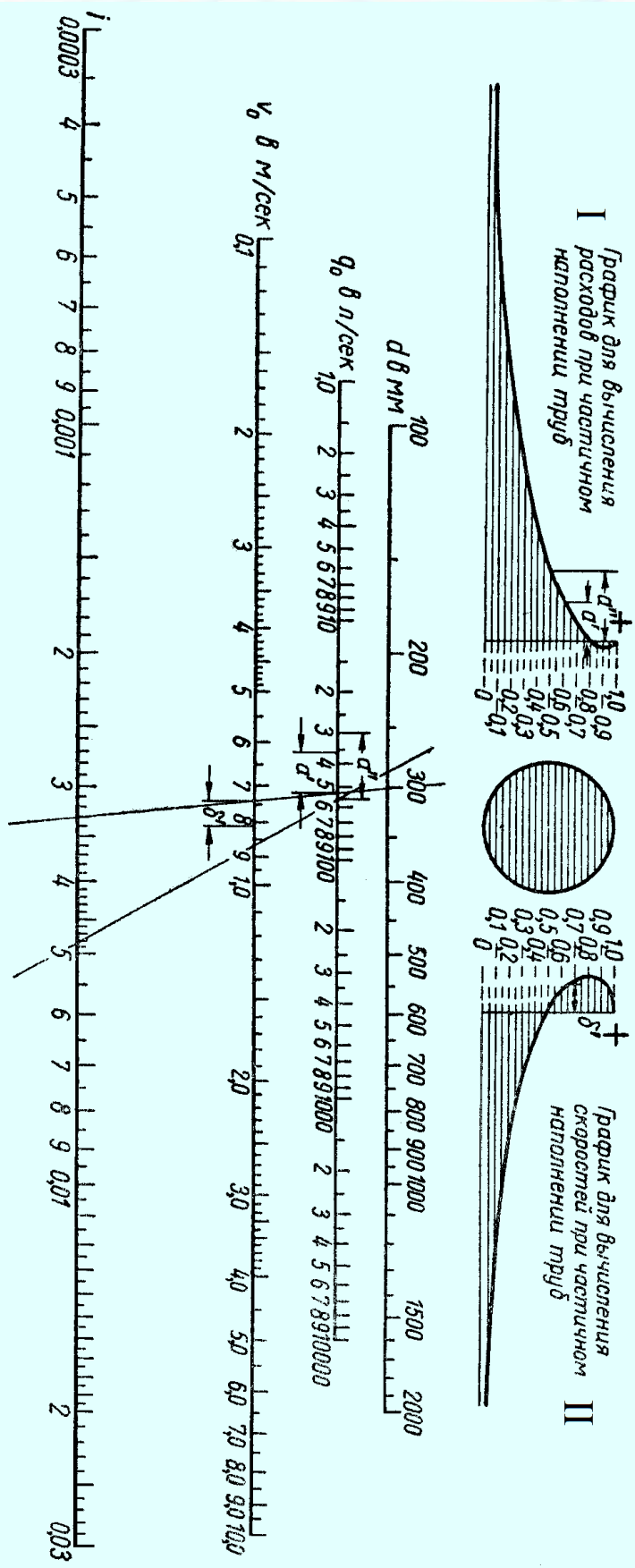


Рис.18. Номограмма С.В. Яковлева

Поскольку по сортаменту таких труб нет, берем ближайший  $d = 300$  мм. Соединяя прямой линией точку, соответствующую диаметру  $d = 300$  мм с расходом  $i = 56$  л/с (на номограмме не показано), получим  $i = 0,004$  и скорость  $V = 0,8$  м/с. Поправка на скорость не требуется, так как скорости при половинном и полном наполнении совпадают.

Следует отметить, что конечные результаты при пользовании различными номограммами и таблицами практически совпадают и находятся в пределах точности коэффициента шероховатости  $n$ , принятых для составления номограмм и таблиц, поэтому номограммы рекомендуется применяться для гидравлических расчетов канализационных трубопроводов.

## 7. СТОЙКОСТЬ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ К ВНУТРЕННЕМУ ДАВЛЕНИЮ

### 7.1. Безнапорные трубопроводы

Канализационные и водоотводные трубы считаются безнапорными: работа системы транспортировки жидкости самотёком в обычном расчётном режиме практически исключает достижения значений давления порядка 5-6 метров водяного столба, или 0,05-0,06 МПа. Однако при проектировании необходимо учитывать вероятность периодического возникновения таких значений давления.

Трубы УНИКОМ соответствуют этим требованиям.

### 7.2. Напорные трубопроводы

Для проектов трубопроводных систем, предусматривающих низкие значения рабочего давления в сочетании с подземным способом монтажа трубопровода, требуются трубы, способные выдержать рабочие нагрузки от этих двух факторов.

Конструкция труб УНИКОМ обеспечивает им оптимальные напорные параметры при наличии достаточной кольцевой жесткости.

При применении в напорных трубопроводах, в зависимости от толщины трубной стенки и размеров сечения наружного усиливающего профиля, трубы УНИКОМ выдерживают низкие значения рабочего давления до 0,6 МПа.

Согласно нормам DIN 8074, для расчета значения кольцевого напряжения применяется следующая формула:

$$\sigma_h = p(d_s - S_{min})/2S_{min} \quad (7.1)$$

где:

$\sigma_h$  – кольцевое напряжение МПа;

$S_{min}$  – минимальная толщина стенки мм;

$d_s$  – минимальный внешний диаметр мм;

$p$  – внутреннее давление МПа.

Кольцевое напряжение соотносится со значением MRS используемого материала. Для полиэтилена высокой плотности марки ПЭ100, из которого изготавливаются трубы, минимальное значение MRS составляет 10,0 Н/мм<sup>2</sup>, или 10,0 МПа.

В нормах DIN 16961 (Трубы и фитинги из термопластиков с профилированной внешней и гладкой внутренней поверхностями) также используется следующая формула:

$$\sigma_h = p (d_s - S_{min})/2S_{min} = p(d_i + 2S_{min} - S_{min})/2S_{min} = p(d_i + S_{min})/2S_{min} \quad (7.2)$$

где:

$d_s$  – минимальный внешний диаметр, мм:

$$d_s = d_i + 2S_{min} \quad (7.3)$$

$d_i$  – внутренний диаметр мм;

$S_{min}$  – минимальная толщина стенки мм.

Расчётные значения номинального рабочего давления труб указаны в Таблице 1 (стр.9,10).

## 8. РАСЧЁТ ПРОЧНОСТИ ТРУБ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДА

### 8.1. Кольцевая жёсткость профилированных труб

Кольцевая жесткость — это максимальная внешняя нагрузка, которую способна выдержать труба при деформации, не превышающей предельно допустимые значения, определённые в ISO TR 7073.

Эта величина пропорциональна жесткости самого материала трубы через модуль упругости  $E$ , МПа, а также отношению момента инерции трубы  $I$  к кубу диаметра трубы  $d$ , обозначается как  $SN$ .

Кольцевая жесткость определяет область применения (условия прокладки) конкретных канализационных труб для наружной подземной канализации, измеряется в МПа либо в кН/м<sup>2</sup>.

Характеристика и методика определения данного параметра для однослойных труб принята европейским стандартом DIN EN ISO 9969 [17].

По данному стандарту кольцевая жесткость  $SN$  трубы определяется по формуле:

$$SN = EI/d^3, \text{ Н/м}^2 \quad (8.1)$$

где:

$E$  – кратковременный модуль упругости материала трубы, Па;

$d$  – номинальный диаметр трубы, м;

$I$  – момент инерции однослойной трубы определяется по формуле:

$$I = \delta^3/12 \quad (8.2)$$

где  $\delta$  – эквивалентная толщина стенки трубы, м.

Для фактического определения класса кольцевой жесткости спиральновитых труб основные данные получают экспериментально на испытательном стенде (Рис. 12). Определяющим параметром являются нагрузка, соответствующая 4%-й деформации испытуемого образца и его длина. Среднеарифметическое из трех значений кольцевой жесткости (в кН/м<sup>2</sup>), полученных на образцах из одной партии труб, округляют до ближайшего наименьшего значения из стандартного ряда.

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

Кольцевая жесткость непосредственно связана с условиями прокладки и глубиной заложения канализационных наружных труб из вышеуказанных материалов.

Исходной точкой для подбора класса труб является величина прикрывающего слоя и класса внешней нагрузки.

Для имеющегося расположения, грунтово-водных условий и нагрузок подбор необходимого класса труб осуществляется на основе статико-прочностных расчетов (п. 5.4.).

## 8.2. Взаимодействие трубы с прилегающим грунтом

Согласно исследованиям, труба с гибкой стенкой лучше воспринимает нагрузки передаваемые через грунт, чем труба с жёсткой стенкой.

Спиральновитые трубы из ПНД обладают определённой эластичностью: под влиянием вертикальной нагрузки они деформируются, не изменяя своей структуры и принимают форму эллипсиса. Вертикальный диаметр трубы уменьшается на значение  $\delta_v$  (Рис. 19).

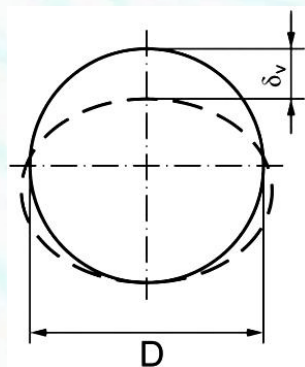


Рис.19 Деформация трубы от вертикальной нагрузки

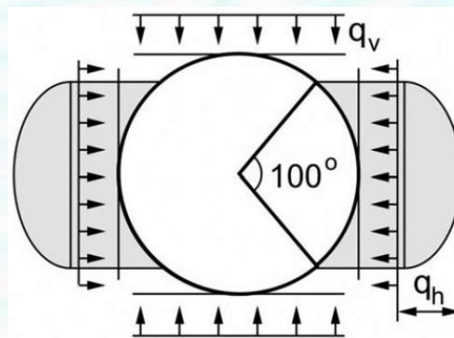


Рис.20 Распределение давления грунта на трубу

На трубу, проложенную в траншее, действуют следующие силы (Рис.20):  
 — вертикальные нагрузки ( $q_v$ ), которые вызывают в трубе напряжения и деформации;  
 — горизонтальные нагрузки ( $q_h$ ), которые этому противодействуют.

В нормальных условиях работы проложенной трубы вертикальная составляющая давления грунта ( $q_v$ ) превышает горизонтальную составляющую ( $q_h$ ). Разность этих сил ( $q_v - q_h$ ) вызывает деформацию стенки трубы (уменьшение диаметра по вертикали).

Деформирующаяся стенка трубы вызывает ответное сопротивление грунта, величина которого зависит от величины вертикального давления и отношения жесткости засыпки к жесткости трубы.

Влияние грунта в зоне прокладки трубы на ее общую прочность является основным показателем, отличающим работу эластичной трубы от поведения жесткой трубы; жесткая труба принимает все вертикальные нагрузки на себя, а эластичная труба способна перераспределять нагрузки на всю систему «труба-грунт».

В соответствии с расчётными нагрузками, передаваемыми через грунт на трубу, используются различная степень уплотнения грунта. В табл. 6 указаны средние значения модуля деформации грунта  $E$  в зависимости от степени его уплотнения.

**Таблица 6. Средние значения модуля деформации грунта  $E$  в зависимости от степени его уплотнения**

Категория грунта		Удельная масса грунта $\gamma_{gp}$ , тн/м.куб.	Модуль деформации грунта засыпки $E$ , МПа при степени уплотнения			
			0,85	0,92	0,95	0,98
Г – I	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	1,70	5,0	8,0	16,0	26,0
Г – II	Пески мелкие	1,75	3,5	6,0	12,0	26,0
Г – III	Пески пылеватые, супеси	1,80	2,5	5,0	7,5	10,0
Г – IV	Суглинки полутвердые, тугомякие и текучепластичные	1,80	2,0	3,5	5,5	8,0
Г – V	Супеси и суглинки твердые	1,85	1,5	2,5	5,0	7,5
Г – VI	Глины	1,90	0,9	1,2	2,5	3,5

Взаимодействие кольцевой жесткости трубы диаметром  $D$  и жесткости грунта определяется уравнением Шпенглера [13]:

$$\delta_v/D = f(q)/(S_r + S_s) \quad (8.3)$$

где:

$\delta_v$  - величина уменьшения вертикального диаметра трубы;

$q$  - вертикальная нагрузка, действующая на трубу;



$S_r$  - жёсткость трубы;

$S_s$  - жёсткость грунта.

Из формулы (16) следует, что деформацию трубы от вертикальной нагрузки можно ограничивать до допустимой величины изменяя или жесткость трубы, или грунта, или оба параметра одновременно. Увеличение одного из параметров можно компенсировать уменьшением второго.

Таким образом, чем большей кольцевой жесткостью обладает труба, тем меньше ей необходима отпорная «помощь» со стороны грунта.

С другой стороны, если труба испытывает достаточную поддержку от правильно подобранного материала засыпки и правильного его уплотнения, жесткость трубы можно уменьшить.

Экономический расчёт позволит определить оптимально выгодное решение при варьировании затратами на приобретение более дорогой трубы (с более высокой жесткостью) и затратами на материал засыпки, стоимость его транспортировки и трамбовки.

### 8.3. Расчёт трубопровода при подземной укладке

Как уже упоминалось выше, грунт, в котором находится трубопровод, является не только нагрузкой и основанием, но и средой, оказывающей сопротивление (отпор) перемещениям стенок трубопровода и повышающей его несущую способность.

Влияние отпора сказывается тем значительнее, чем выше плотность грунта и гибкость стенок трубопровода. Теоретическое увеличение несущей способности трубопровода (16) можно уточнить, добавив в знаменатель уравнения слагаемое, описывающее увеличение его кольцевой жесткости, заменив абсолютный прогиб  $f$  относительным  $f/D$ , а сосредоточенную силу  $F$  – интенсивностью вертикальной нагрузки (давлением)  $q$ :

$$f/D = C_1 q / (C_2 SN + C_3 E'_s) \quad (8.4)$$

где:

$q$  - интенсивность вертикальной нагрузки;

$SN$  - кольцевая жёсткость трубы;

$E'_s$  - секущий модуль грунта;

$C_1$  - коэффициент влияния на деформацию интенсивности вертикальной нагрузки грунта;

$C_2$  - коэффициент влияния на деформацию кольцевой жёсткости трубы;

$C_3$  - коэффициент влияния на деформацию секущего модуля грунта.

Секущий модуль грунта  $E'_s$  зависит от типа грунта и степени его уплотнения.

Различают группы грунтов и методы обустройства обратной засыпки (табл. 6). Уравнение (5.5) соответствует классическому уравнению Шпенглера [13] и используется для определения относительного прогиба трубы практически всеми

известными российскими ГОСТ и СНиП с тем или иным сочетанием и значением коэффициентов в числителе и знаменателе:

$$f/D = 0,11q/(8SN+0,06 E'_s) \quad (8.5)$$

**Таблица 7. Значения секущего модуля грунта  $E'_s$  в зависимости от типа грунта и степени его уплотнения**

Группа грунта	Тип грунта	Секущий модуль грунта $E'_s$ , МПа	
		неуплотнённого	уплотнённого под контролем
1	Песок крупный и средней крупности	0,7	2,0 - 5,0
2	Мелкий песок	0,6	1,2 - 3,0
3	Супеси и суглинки	0,5	1,0 - 2,5
4	Плывун, глина	> 0,3	0,6

Внешние нагрузки возникают от давления на грунт соседних строений и объектов, насыпей, дорожного и трамвайного движения и т.п.

Для расчета напряжений от внешних нагрузок используется теория упругости Boussenesque. К наиболее часто имеющимся внешним нагрузкам причисляем нагрузки от дорожного движения.

В качестве нагрузки от наземного транспорта согласно СНиП принимается равномерная нагрузка от автотранспорта с тремя осями, которые создают нагрузку величиной 60 кН (передняя ось) плюс 2×120 кН (две задних оси):

- для дорог I и II технической категории — класс А нагрузок,
- для дорог III, IV и V технической категории — класс Б нагрузок,
- для дорог более высокой технической категории — класс В нагрузок.

Давление от колес автотранспорта распределяется на прямоугольник размером 200 × 600 мм (Табл. 7).

**Таблица 8. Нормативные нагрузки от наземного транспорта**

Класс нагрузок	Давление от осей, кН			Расстояние между единицами транспорта, м.
	P1	P2	P3	
А	60	120	120	1,00
В	60	120	120	1,25
С	60	120	120	1,50
Д	80	120	-	1,50
Е	50	120	-	1,50

По классам нагрузок А, В и С был проведен анализ нагрузок на трубопровод в зависимости от вида покрытия трубы. Здесь использовалась преобразованная формула Boussenesque [12]:

$$q_\gamma = CT/H^2 \text{ (кПа)} \quad (8.6)$$

где:

$T$  — давление от транспортного средства на ось (кН)

$H$  — покрытие трубы (м)

$C$  — динамический коэффициент нагрузки, связанный с глубиной укладки трубы (Рис. 20):

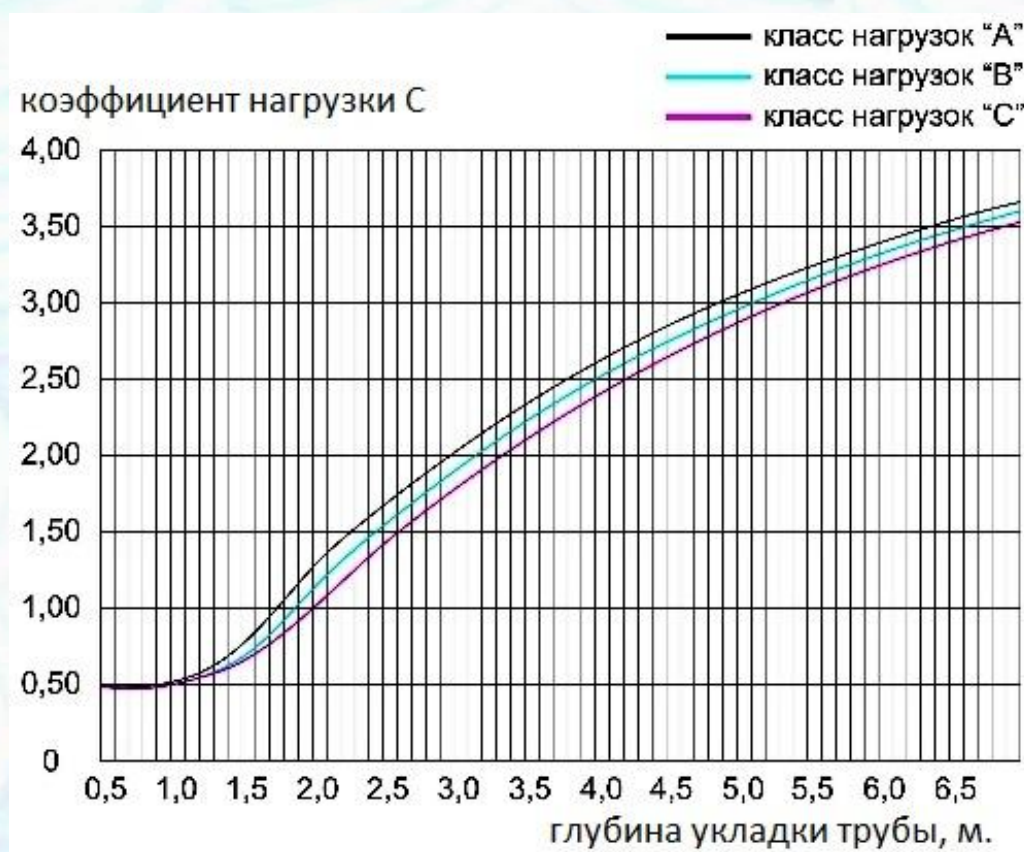


Рис.21. Распределение динамического коэффициента давления грунта в зависимости от глубины залегания трубы

Российские строительные нормы допускают в случае заложения трубопровода более чем 1,0 м ниже уровня покрытия динамический коэффициент не учитывать. В связи с этим формула (8.6) приобретает вид:

$$q_{\gamma} = 0,478T / H^2 \text{ (кПа)} \quad (8.7)$$

Нагрузка грунта на метр длины трубопровода  $Q_2$  (Н/м) может быть определена либо по методу «в насыпи», либо «в траншее». Метод «в насыпи» дает более тяжелые условия нагружения:

$$Q_2 = \gamma H D \quad (8.8)$$

где:

$\gamma$  - плотность грунта (18-19 кН/м<sup>3</sup>).

Для траншеи нагрузка на 20% ниже вследствие арочного эффекта:

$$Q_z = 0,8\gamma H D \quad (8.9)$$

При превышении уровня грунтовых вод над уровнем укладки трубопровода плотность грунта уменьшают до кажущейся плотности грунта в воде ( $11 \text{ кН/м}^3$ ).

Общее вертикальное давление грунта, определяемое уравнениями (8.7.) и (8.9.), вычисляется по формуле:

$$q = Q_z/D + q_\gamma \quad (8.10)$$

**Пример расчета** трубопровода при подземной укладке:

Труба из полиэтилена низкого давления ПЭ100, с наружным диаметром 0,8 м, имеющая нормативную кольцевую жесткость SN8 (0,008 МПа), укладывается на качественно подготовленное основание, пазухи и бока трубы засыпаются песком и уплотняются тяжелым инструментом ( $E'_s = 2,5 \text{ МПа}$ ).

Труба засыпается грунтом плотностью  $\gamma = 18,5 \text{ кН/м}^3$ .

Высота засыпки  $H = 4,0 \text{ м}$ .

Наземный транспорт с осевой нагрузкой  $T = 245 \text{ кН}$ .

**Расчёт:**

1. Нагрузка на трубу от грунта в траншее (8.9):

$$Q_z = 0,8\gamma HD = 0,8 * 18,5 * 4 * 0,8 = 47,34 \text{ кН/м}^2.$$

2. Давление от транспортной нагрузки (8.7):

$$q_\gamma = 0,478T/H^2 = 0,478 * 245/4^2 = 7,32 \text{ кН/м}^2.$$

3. Суммарное вертикальное давление на трубу (8.10):

$$q = Q_z/D + q_\gamma = 47,34/0,8 + 7,32 = 66,495 \text{ кН/м}^2 \approx 0,0665 \text{ МПа}.$$

4. Деформация трубы (5.5) в соответствии с СП 40-102-2000 [3]:

$$f/D = 0,11q/(8SN + 0,06 E'_s) = 0,11 * 0,0665/(8 * 0,008 + 0,06 * 2,5) = 0,0342 \approx 3,42\%.$$

Полученная величина деформации значительно ниже максимально допустимого значения (12,5 % согласно нормам ISO TR 7073).

При необходимости по Вашему запросу специалисты ООО произведут прочностной расчёт Вашего трубопровода с учётом коэффициентов и нагрузок, действующих на трубу в процессе её эксплуатации, и предоставят результат рекомендательного характера.

## 9. ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ТРУБ

### 9.1. Общие рекомендации

Земляные работы при строительстве безнапорных самотечных канализационных систем из спиральновитых труб выполняются согласно СНиП 3.02.01-87 [10].

Ширина траншеи по дну должна обеспечивать удобство качественного

выполнения монтажных работ. Минимальное расстояние между стенкой траншеи и наружной стенкой трубы (размер «а», рис.21) составляют 350 мм.

Одним из важнейших факторов, влияющих на качество монтажа безнапорной самотечной канализационной системы, являются тип грунта, в котором происходит монтаж, а так же структура засыпки трубопровода.

Схема траншеи для монтажа спиральновитых труб приведена на рисунке 21. Дно траншеи должно быть выровнено, на дне траншеи не должны присутствовать промерзшие участки и выступать твердые включения, на которые может опереться труба.

Места выемки валунов должны быть засыпаны грунтом и уплотнены до той же плотности, что и грунт основания. При очень рыхлых грунтах может потребоваться укрепление дна траншеи.



Рис.22 Схема укладки трубы в грунт

«Подушка» под трубу устраивается при всех типах грунта. Для этой цели применяется песок или гравий (максимальный размер зерен не более 20 мм), толщина слоя при этом от 10 до 15 см. «Подушка» не должна уплотняться, за исключением участков за 2,0 м. до смотрового колодца или до стенки колодца со стороны входной трубы.

«Подушка» должна быть тщательно выровнена, под раструбами делаются прямки. Если дно траншеи ровное и не требует устройства «подушки» можно сделать незначительную выемку грунта в основании трубы и заменить грунт на более мягкий тип грунта.

Извлеченный при прокладывании траншеи грунт можно использовать в качестве засыпки. Чтобы не повредить трубы, грунт не должен содержать камни, валуны, мерзлые комья и т.д. Если же вынутый грунт для засыпки не пригоден, то для

этой цели используется песок, в котором не должно быть камней размером больше 20 мм.

Предварительная засыпка труб осуществляется по всей ширине траншеи на высоту 20-30 см от верха труб. Засыпку и уплотняющие пазухи траншей следует вести послойно, толщиной 5 см. Непосредственно над трубопроводом трамбовка грунта не допускается.

Степень уплотнения грунта зависит от применяемого оборудования, количества трамбовочных проходов и толщины уплотняющих слоев.

При прокладке труб в водонасыщенных грунтах со слабой водоотдачей предусматривается искусственное бетонное или втрамбованное в грунт щебеночное основание с устройством песчаной подушки.

При прокладке труб в заболоченных, заиленных, торфяных грунтах должны быть предусмотрены и осуществлены мероприятия, обеспечивающие несущую способность грунтов, соответствующую расчетному сопротивлению не менее 0,15 МПа (методом замены грунтов, бетонирования, устройства эстакад и т.п.).

На рис. 21 показана схема укладки трубы в траншею, в таблице 5 – средние значения модуля деформации грунта  $E$ , МПа в зависимости от степени его уплотнения.

Минимальная высота засыпки над верхом трубы  $D \leq 600$  мм принимается до 0,7 м и до 1,0 м для труб большего диаметра.

## 9.2. Категории уплотнения грунта

Рассмотрим три категории прокладки труб с различными типами уплотнения грунта с соответствующими составляющими относительной деформации  $C_f$ , %.

Категория 1: Тщательное уплотнение:  $C_f = 1,0$

Дно траншеи выравнивается, убираются камни и другие твердые предметы. В случае, когда дно траншеи твердое (например, в глинистых грунтах), из неутрамбованного песка выполняется подсыпка толщиной около 200 мм. Если грунт основания песчаный, то применение подсыпки не требуется.

На подготовленное таким образом дно траншеи укладывается труба, пространство по обе стороны заполняется естественным грунтом или привозным песком. Обсыпка выполняется послойно до верха трубы с одновременным уплотнением. Затем песок по обе стороны трубы утрамбовывается механически до величины не менее 98% по Проктору.

Следующий слой толщиной около 300 мм засыпается над трубой и уплотняется таким же способом, Эта процедура повторяется до образования слоя толщиной минимум 0,7 номинального диаметра трубы. Дальнейшее заполнение траншеи выполняется местным грунтом.

Категория 2: Умеренное уплотнение:  $C_f = 2,0$

Данная категория монтажа применима только при прокладке в песчаным грунтах. В этом случае труба засыпается песком до высоты примерно 600 мм выше ее верхней отметки, после чего выполняется его уплотнение.

Категория 3: Отсутствие уплотнения:  $C_f = 3,0$

При использовании данной категории установки не требуется никаких специальных работ. Дно траншея, как и уплотнение грунта, заполняющего траншею,

выполняется только при помощи экскаватора. Уплотнение не ведется послойно, а после заполнения траншеи по ней проезжает тяжелая техника (например, экскаватор). В глинистых грунтах необходимо обратить внимание на то, чтобы большие куски глины не повредили трубу.

Выбор категории прокладки должен учитывать условия прокладки трубопровода. Когда укладка производится под дорогой, то, исходя из требования величины уплотнения грунта, должен быть применён монтаж категории 1. Когда же трубопровод укладывается по неосвоенной территории, где нет движения транспорта, допускается применение монтажа категории 3. Для труб УНИКОМ класса жесткости не менее SN4 начальная деформация труб сразу после окончания монтажных работ может соответствовать величинам, указанным в Таблице 9.

С течением времени (от 3 мес. до 1,5 года) труба продолжает деформироваться, прежде чем величина деформации достигнет постоянного значения. Величина этого роста  $C_f$  зависит от условий прокладки и от типа грунта, применяемого для обсыпки трубы (Табл.10). Конечная величина деформации является суммой указанных величин:

$$(\delta_v/D)_{кон.} = (\delta_v/D)_{нач.} + C_f \quad (9.1)$$

где  $C_f$  - временная составляющая относительной деформации, %.

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

- для начальной деформации  $(\delta_v/D)_{нач.}$  - не более 8%;
- для  $C_f$  - не более 4%;
- для суммарной конечной деформации  $(\delta_v/D)_{кон.}$  - не более 12,5%.

**Таблица 9. Величина начальной деформации  $(\delta_v/D)_{нач.}$**

Категория прокладки	Величина деформации трубы	
	Средняя	Максимальная
1	0,50%	1,00%
2	1,00%	2,50%
3	2,50%	6,00%

**Таблица 10. Величина дополнительной деформации  $C_f$**

Категория прокладки	Тип грунта	
	Сыпучий	Плотный
1	1,00%	1,00%
2	2,00%	2,00%
3	3,00%	4,00%

Поведение трубы и деформация, ожидаемые с течением времени, зависят не только от жёсткости, но и от типа почвы и условий укладки. Высокая жёсткость дает лучшие рабочие характеристики, но следующий график показывает одновременно поведение и влияние жесткости и условий монтажа.

При правильно составленном ППР при монтаже и его неукоснительном выполнении кольцевая жёсткость трубы оказывает несущественное влияние на сбалансированную работу системы «труба-грунт».

Диаграмма (Рис.23), предложенная ТЕРРФА (Европейская ассоциация пластиковых труб и фитингов), наглядно отображает, что системы трубопроводов классов жесткости SN4 или SN8 имеют очень хорошие характеристики при надлежащем качестве укладки.

Вертикальная ось показывает деформацию трубы, горизонтальная - класс кольцевой жёсткости трубы. Для каждого типа монтажа определена зона, показывающая ожидаемую деформацию после укладки.

Наивысшая граница зоны соответствует максимально ожидаемой деформации, а внутренняя площадь зоны - среднюю ожидаемую деформацию:

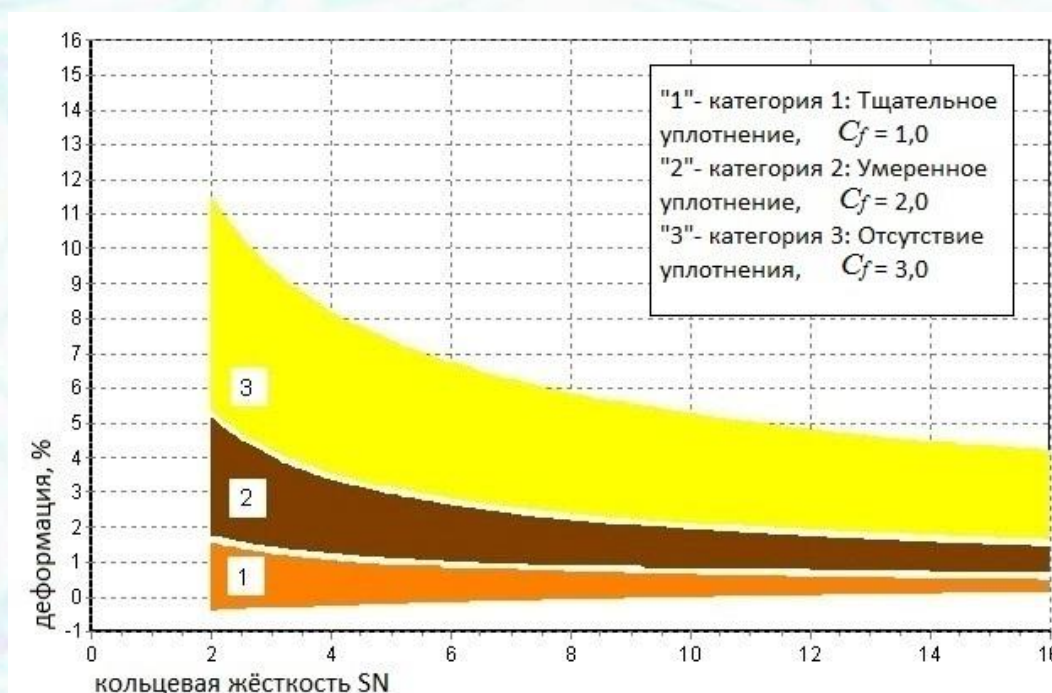


Рис.23 Диаграмма для определения деформации трубопровода непосредственно после укладки и после уплотнения почвы.

### 9.3. Монтаж трубопровода в водонасыщенных грунтах

Спиральновитые двухслойные трубы из ПЭ, как и другие полимерные трубы, имеющие плотность < 1,0 г/см<sup>3</sup>, при погружении в воду всплывают.

Установка в водонасыщенных грунтах должна производиться на сухое дно траншеи. Необходимо использовать системы водопонижения для удаления избыточной воды, что позволяет производить укладку труб с соблюдением требований, указанных выше в настоящем разделе.

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



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

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

Работы необходимо проводить в соответствии с ТР73-98 «Технические рекомендации по уплотнению грунта при обратной засыпке траншей, котлованов, пазух» [14].

## **10. ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ**

Транспортировка, хранение на объектах и монтаж спиральновитых профилированных труб должны осуществляться в соответствии с требованиями:

- ТУ 2248-004-35138456-15 «Профилированные спиральновитые полиэтиленовые трубы [9];
- СП 40-102-2000 [10].

Погрузочно-разгрузочные работы должны производиться в соответствии с ГОСТ 12.3.020.

Профилированные трубы транспортируются любым видом транспорта в соответствии с правилами погрузки, крепления и перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта (ГОСТ 26653), а также ГОСТ 22235 – при перевозке железнодорожным транспортом.

Транспортировка труб производится с максимальным использованием вместимости транспортного средства. Для обеспечения максимальной загрузки транспортного средства возможна перевозка с размещением в трубах большего диаметра труб меньшего диаметра. Для предотвращения механических повреждений профилированные трубы следует оберегать от ударов и чрезмерных механических нагрузок.

Использование специальных профильных прокладок и закрепление труб при перевозке является обязательным. Трубы необходимо укладывать на ровную поверхность, а так же защищать их от соприкосновения с острыми металлическими углами и ребрами платформы.

Погрузо-разгрузочные работы и транспортировка производятся при температуре не ниже - 50°С.

Работы по монтажу трубопроводов в зимний период необходимо выполнять в соответствии с «Указаниями по производству работ в зимних условиях» (ВСН -159-79).

Трубы допускается хранить на открытом воздухе при условии, что они не подвержены воздействию прямых солнечных лучей, а так же в помещении на расстоянии не менее 1 м. от нагревательных приборов.

Трубы укладываются штабелем на ровной поверхности. Высота штабеля при длительном хранении не должна превышать 2-х ярусов, при кратковременном размещении – 3-х ярусов. При этом следует обеспечивать устойчивость штабеля (не допускать раскатывания труб).

Ряды труб необходимо укладывать разносторонне растробными и сгонными

концами, что бы исключить опору труб на раструбы.

При погрузо-разгрузочных работах необходимо исключить подъём трубы за один конец, а так же сбрасывание их с автотранспорта.

## 12.2. Приложение 2

Таблица 10.  
Стандартные характеристики полиэтилена ПЭ100 ГОСТ 16338-85

Характеристика материала	Стандарт	Единица Измерения	Значение
Плотность	DIN 53479 ISO 1183	г/см <sup>3</sup>	0,96
Модуль упругости:			
Краткосрочный	ISO 178	Н/мм <sup>2</sup>	1 200,0
Долгосрочный (50 лет)		Н/мм <sup>2</sup>	170,0
Предел текучести	DIN 53495	Н/мм <sup>2</sup>	25,0
Предел прочности на разрыв		Н/мм <sup>2</sup>	38,0
Относительное удлинение при разрыве		%	>600
Твердость на вдавливание по Бринеллю	ISO 2039	Н/мм <sup>2</sup>	46,0
Коэффициент линейного теплового расширения	DIN 53752	1/°C	1,8*10 <sup>-4</sup>
MRS (минимальная длительная прочность)	ГОСТ 8032	Мпа	10,0

## 12.3. Приложение 3

Таблица 11.  
Химическая стойкость полиэтилена ПЭ100 ГОСТ 16338-85 к различным рабочим средам

Рабочая среда	Концентрация	Т°С	Применимость
<b>Апидиновая кислота</b>	Насыщенный водный раствор	60°С	Стоек*
<b>Азотная кислота</b>	6,31 %-ный водный раствор	60°С	Стоек*
	40 %-ный водный раствор	20°С	Отн.стоек**
		40°С	нет данных
		60°С	Неприменим***
<b>Аммиак</b>	Газообразный сухой, 100 %-ный, чистый	60°С	Стоек*
	Водный, насыщенный на холоде	60°С	Стоек*
<b>Аммония карбонат</b>	50 %-ный водный	60°С	Стоек*
<b>Аммония нитрат</b>	Водный насыщенный	40°С	Стоек*
		60°С	Отн.стоек**
<b>Аммония сульфат</b>	Насыщенный водный раствор	60°С	Стоек*
<b>Аммония сульфид</b>	Водный любой концентрации	60°С	Стоек*
<b>Аммония фосфат</b>	Водный любой концентрации	60°С	Стоек*
<b>Аммония хлорид</b>	Насыщенный водный раствор	60°С	Стоек*
<b>Анилина хлоргидрат</b>	Насыщенный водный раствор	40°С	Стоек*
		60°С	Отн.стоек**
<b>Ацетальдегид</b>	Технический чистый	20°С	Стоек*

		40°C	Отн.стоек**
		60°C	Отн.стоек**
<b>Ацетон</b>	Технический чистый	60°C	Стойек*
<b>Бария соли</b>	Водные растворы любой концентрации	60°C	Стойек*
<b>Бензин</b>	Технический чистый	40°C	Стойек*
		60°C	Отн.стоек**
<b>Бензойная кислота</b>	Водный раствор любой концентрации	60°C	Стойек*
<b>Борная кислота</b>	Водный любой концентрации	60°C	Стойек*
<b>Бром</b>	Насыщенный водный раствор	20°C	Неприменим***
<b>Бромистоводородная кислота</b>	50 %-ный водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Бутан</b>	Технический	60°C	Стойек*
<b>Бутадиен</b>	Технический	20°C	Стойек*
		40°C	нет данных
<b>Бутанол</b>	Технический	60°C	Стойек*
<b>Бутилацетат</b>	Технический	20°C	Стойек*
		40°C	нет данных
		60°C	Отн.стоек**
<b>Винилацетат</b>	Технический	20°C	Стойек*
		60°C	нет данных
<b>Винная кислота</b>	Любая водная	60°C	Стойек*
<b>Вино любое</b>	Торговая	60°C	Стойек*
<b>Вискозно-пряильный раствор</b>	-	60°C	Стойек*
<b>Вода дистиллированная, деминерализованная, обессоленная</b>	-	60°C	Стойек*
<b>Вода минеральная</b>	-	60°C	Стойек*
<b>Вода морская</b>	-	60°C	Стойек*
<b>Водород</b>	Технический	60°C	Стойек*
<b>Водород хлористый</b>	Технический газообразный 100 %-ный	60°C	Стойек*
<b>Водорода перекись</b>	30 %-ный водный раствор	60°C	Стойек*
	90 %-ный водный раствор	20°C	-
		40°C	нет данных
<b>Воздух сжатый, содержащий масло</b>	-	40°C	Стойек*
		40°C	Стойек*
<b>Гексан</b>	100 %-ный, технический	20°C	Стойек*
		40°C	нет данных
		60°C	Отн.стоек**
<b>Этиленгликоль</b>	100 %-ный	60°C	Стойек*
<b>Гликолевая (уксусная) кислота</b>	37 %-ный водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Глицерин</b>	Технический	60°C	Стойек*
<b>Глюкоза</b>	Водный раствор любой концентрации	60°C	Стойек*
<b>Декалин</b>	Технический	20°C	Стойек*
		60°C	Отн.стоек**
<b>Дибутилфталат</b>	Технический	20°C	Стойек*
		40°C	Отн.стоек**
<b>Дигликолевая кислота</b>	30 %-ный водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Диметил-формаид</b>	Технический чистый	40°C	Стойек*
		60°C	Отн.стоек**
<b>Диэтиловый эфир</b>	Технический чистый	120°C	Отн.стоек**
<b>Диметиламин</b>	Технический	20°C	Стойек*

Диметилформаид	Технический	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Диоксан	Технический	60°C	Стоек*
Дихлорбензол	Технический	20°C	Отн.стоек**
		60°C	Неприменим***
Дихлорэтан	Технический	20°C	Неприменим***
Диэтиламин	Технический	20°C	Неприменим***
Диэтиловый эфир	Технический	20°C	Отн.стоек**
Дубильная кислота	Любая водная	60°C	Стоек*
Желатин	Любой водный	60°C	Стоек*
Изопропанол	Технический	60°C	Стоек*
Изопропиловый эфир	Технический	20°C	Отн.стоек**
		60°C	Неприменим***
Йод	6,5 %-ный раствор в этаноле	20°C	Стоек*
Калия алюмосульфат	50 %-ный водный	60°C	Стоек*
Калия бихромат	Насыщенный водный	60°C	Стоек*
		80°C	нет данных
Калия йодид	Насыщенный	60°C	Стоек*
Калия карбонат	Насыщенный раствор	60°C	Стоек*
Калия нитрат	50 %-ный водный раствор	60°C	Стоек*
Калия перманганат	Насыщенный водный раствор	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Калия перхлорат	Насыщенный водный раствор	60°C	Стоек*
Калия персульфат	Водные растворы любой концентрации	60°C	Стоек*
Калия сульфат	Водные растворы любой концентрации	60°C	Стоек*
Калия цианид	Насыщенный водный	60°C	Стоек*
Калия гипохлорид	Насыщенный водный раствор, содержащий 12,5 % активного хлора	60°C	Стоек*
Калия хлорид	Насыщенный водный	60°C	Стоек*
Камфора	-	20°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Кислород	Любой концентрации	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Кремниевая кислота	Любой концентрации	60°C	Стоек*
Кремнефтористоводородная кислота	90 %-ный водный раствор	60°C	Стоек*
Лимонная кислота	10 %-ная	60°C	Стоек*
Магния соли	Любые водные растворы	60°C	Стоек*
Мазут	-	20°C	Отн.стоек**
		40°C	Неприменим***
Малеиновая кислота	Насыщенный водный раствор	60°C	Стоек*
Масла и жиры растительные	-	20°C	Стоек*
		40°C	Отн.стоек**
		60°C	нет данных
Масло веретенное	-	20°C	Отн.стоек**
		40°C	Отн.стоек**
		60°C	Отн.стоек**
Масло камфорное	-	20°C	Неприменим***
Масло минеральное, не содержащее ароматических веществ	-	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Масло моторное	-	20°C	Стоек*

		60°C	Отн.стоек**
<b>Меди соли</b>	Водные растворы любой концентрации	60°C	Стойек*
<b>Ментол</b>	110 %-ный	20°C	Стойек*
		60°C	Отн.стоек**
<b>Метан</b>	Технический	20°C	Стойек*
		60°C	Отн.стоек**
<b>Метанол</b>	Любой	60°C	Стойек*
<b>Метиламин</b>	32 %-ный водный	20°C	Стойек*
		60°C	нет данных
<b>Метилэтилкетон</b>	Технический	20°C	Стойек*
		40°C	Отн.стоек**
		60°C	Неприменим***
<b>Молоко</b>	-	60°C	Стойек*
<b>Молочная кислота</b>	90 %-ная водная	60°C	Стойек*
<b>Морфолин</b>	Технический	60°C	Стойек*
<b>Мочевина</b>	Водные растворы до 30 %	60°C	Стойек*
<b>Муравьиная кислота</b>	Водные растворы до 50 %	60°C	Стойек*
	Техническая	60°C	Стойек*
<b>Мыльный раствор</b>	Любой водный	60°C	Стойек*
<b>Мышьяковая кислота</b>	80 %-ная водная	60°C	Стойек*
<b>Натрия ацетат</b>	Любой водный	60°C	Стойек*
<b>Натрия бромат</b>	Любой водный	20°C	Стойек*
		40°C	Отн.стоек**
		60°C	нет данных
<b>Натрия гидроксид</b>	Насыщенный раствор	60°C	Стойек*
<b>Натрия гидросульфит</b>	До 10 % водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Натрия йодит</b>	Любой водный раствор	20°C	Стойек*
		40°C	нет данных
<b>Натрия карбонат</b>	Насыщенный водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Натрия нитрат</b>	Насыщенный водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Натрия бикарбонат</b>	Насыщенный раствор	60°C	Стойек*
<b>Натрия сульфат</b>	Насыщенный водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Натрия сульфит</b>	Насыщенный водный раствор	60°C	Стойек*
<b>Натрия нитрит</b>	Насыщенный водный	20°C	Стойек*
<b>Озон</b>	100 %-ный	20°C	Отн.стоек**
		60°C	Неприменим***
<b>Олеиновая кислота</b>	Техническая чистая	40°C	Стойек*
		60°C	Отн.стоек**
<b>Олеум</b>	10 %-ный, SO <sub>3</sub>	20°C	Неприменим***
<b>Отходящие газы, содержащие двуокись углерода</b>	Любая	60°C	Стойек*
<b>Перхлорэтилен, тетрахлорэтилен</b>	Технические	20°C	Отн.стоек**
		40°C	нет данных
		60°C	Неприменим***
<b>Пикриновая кислота</b>	1 %-ный водный раствор	20°C	Стойек*
		60°C	Отн.стоек**
<b>Пропан</b>	Технический жидкий	20°C	Стойек*
	Технический газообразный	60°C	Стойек*
<b>Пропилена окись</b>	Техническая	20°C	Стойек*
<b>Ртуть</b>	Чистая	60°C	Стойек*
<b>Сахарный сироп</b>	Любой	40°C	Стойек*
		60°C	Стойек*

Светильный газ	-	20°C	Стоек*	
Свинца ацетат	Насыщенный раствор	60°C	Стоек*	
Серебра соли	Насыщенный водный раствор	60°C	Стоек*	
Серная кислота	До 60 % водный раствор	60°C	Стоек*	
	До 80 % водный раствор	40°C	Стоек*	
		60°C	Отн.стоек**	
Серная кислота	90 %-ный водный раствор	20°C	Отн.стоек**	
	96 %-ный водный раствор	20°C	Неприменим***	
Сероводород	Технический газообразный	40°C	Стоек*	
		60°C	Отн.стоек**	
	Насыщенный водный раствор	60°C	Стоек*	
Сера	Техническая чистая	60°C	Стоек*	
Сероуглерод	Технический	20°C	Отн.стоек**	
		60°C	нет данных	
Серы двуокись	Ангидрид	60°C	Стоек*	
	Любой концентрации	40°C	Стоек*	
Серы двуокись	Любой концентрации	60°C	Стоек*	
		Техническая жидкая	20°C	Неприменим***
Силиконовые масла	-	40°C	Стоек*	
Синильная кислота	Техническая	60°C	Стоек*	
Соляная кислота	36 %-ный водный раствор	60°C	Стоек*	
Смесь кислот:		20°C	Неприменим***	
серная		48%	40°C	нет данных
азотная		49%	60°C	нет данных
вода		3%		
Смесь кислот:		20°C	Отн.стоек**	
серная		10%	40°C	нет данных
азотная		20%	60°C	нет данных
вода		70%		
Смесь кислот:		20°C	Отн.стоек**	
азотная (15 %-ная)	3 части	40°C	нет данных	
фтористоводородная (5 %-ная)	1 часть	60°C	нет данных	
серная (15 %-ная)	2 части			
Смесь кислот:		20°C		
серная		30%	40°C	С
фосфорная	60°C %	60°C	Отн.стоек**	
вода		10%		нет данных
Спиртные напитки	40 %-ные	20°C	Стоек*	
Стеариновая кислота	Техническая	20°C	Стоек*	
		40°C	нет данных	
		60°C	Отн.стоек**	
Сурьма хлорид	90 %-ный водный	60°C	Стоек*	
Тетрагидрофуран	Технический	20°C	Отн.стоек**	
Тетрахлорэтан	Технический	20°C	Отн.стоек**	
		60°C	Неприменим***	
Толуол	Технический	20°C	Отн.стоек**	
		60°C	Неприменим***	
Трихлоруксусная кислота	50 %-ный водный раствор	60°C	Стоек*	
		Техническая чистая	20°C	Стоек*
		40°C	Отн.стоек**	
		60°C	Неприменим***	
Трихлорэтилен	Технический	20°C	Неприменим***	
Триэтанолламин	Технический	20°C	Стоек*	
Углерода двуокись	Техническая сухая	60°C	Стоек*	

Уксусная кислота	10 %-ный водный раствор	40°C	Стоек*
	50 %-ный водный раствор	60°C	Стоек*
	Техническая сухая	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Уксусной кислоты ангидрид	Технический	20°C	Стоек*
		40°C	Отн.стоек**
Фенол	До 90 % водный	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Формальдегид (формалин)	40 %-ный водный раствор	60°C	Стоек*
Фосфора хлорид	Технический	20°C	Стоек*
Фосфорная кислота	До 50 % водный раствор	60°C	Стоек*
	85 %-ный водный раствор	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Фосфорный ангидрид	Технический	40°C	Стоек*
Фотографическая эмульсия	Любая	40°C	Стоек*
Фотографический закрепитель	Торговый	40°C	Стоек*
Фруктовые соки	-	60°C	Стоек*
Фтористоводородная (плавиковая) кислота	До 50 % водный раствор	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
		20°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Хлор газообразный	100 %-ный	20°C	Неприменим***
Хлор жидкий	100 %-ный	20°C	Неприменим***
Хлорбензол	Технический	20°C	Отн.стоек**
		60°C	Неприменим***
Хлорметанол	Технический	20°C	Нестоек***
Хлорная вода	Насыщенный раствор	20°C	Отн.стоек**
Хлороформ	Технический	20°C	Неприменим***
Хлорсульфоновая кислота	Техническая	20°C	Неприменим***
Хлоруксусная кислота	50 %-ная водная	60°C	Стоек*
		60°C	Стоек*
Хромовая кислота	До 50 % водная	20°C	Отн.стоек**
		40°C	Неприменим***
Смесь кислот:		20°C	Неприменим***
Хромовая серная вода	5 частей	40°C	нет данных
	2 части	60°C	нет данных
	3 части		
Царская водка	Концентрированная	20°C	Неприменим***
Циклогексан	Технический	60°C	Стоек*
Циклогексанол	Технический	20°C	Стоек*
		40°C	Отн.стоек**
Цинка соли	Любые водные растворы	60°C	Стоек*
Щавелевая кислота	Разбавленная водная	60°C	Стоек*
Этилацетат	Технический	40°C	Стоек*
		60°C	Отн.стоек**
Этиленгликоль	Технический	60°C	Стоек*
Этилендиамин	Технический	60°C	Стоек*
Этиловый спирт (этанол)	Технический 96 %-ный	60°C	Стоек*
Этиловый эфир акриловой кислоты	Технический	20°C	Стоек*
Этил хлористый	Технический	20°C	Отн.стоек**
Яблочная кислота	1 %-ный водный раствор	60°C	Стоек*
Янтарная кислота	Любой концентрации	60°C	Стоек*



Примечания:

\* **«Стоек»** - в указанной среде данной концентрации при данной температуре не происходит химического разрушения полимера;

\*\* **«Отн.стоек»** - относительно стоек: в среде данной концентрации при данной температуре происходит частичная потеря несущей способности полимера. Трубы, фасонные части и уплотнительные кольца должны применяться с повышенным запасом прочности;

\*\*\* **«Неприменим»** - в среде данной концентрации при данной температуре применение труб и ёмкостей из полиэтилена ПЭ100 ГОСТ16337 недопустимо.

### По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана +7(7172)727-132  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06  
Ижевск (3412)26-03-58  
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

Эл. почта: [umk@nt-rt.ru](mailto:umk@nt-rt.ru) || Сайт: <http://neftekom.nt-rt.ru>