ИКАПЛАСТ®
ТРУБНЫЙ ЗАВОД

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И МОНТАЖУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ НАПОРНЫХ ТРУБ TITAN, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ГИДРОАБРАЗИВНОГО ИЗНОСА И ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СРЕД

Настоящее Методическое пособие содержит рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации технологических трубопроводов из напорных труб TITAN, предназначенных для работы в условиях интенсивного гидроабразивного износа и воздействия агрессивных химических сред.

В пособии рассмотрены:
- особенности конструкции труб TITAN;
- рекомендации по выбору материала труб в зависимости от условий эксплуатации;
- методики гидравлического расчёта систем транспортирования гидросмесей;
- расчёт прочности напорных трубопроводов при подземной и надземной прокладке;
- рекомендации по транспортированию, хранению и монтажу труб;
- особенности сварки многослойных труб TITAN;
- практические рекомендации по эксплуатации трубопроводов.

Трубы TITAN представляют собой специализированную линейку продукции трубного завода ИКАПЛАСТ. Их ключевой особенностью является наличие внутреннего износостойкого слоя, наносимого методом соэкструзии, который значительно увеличивает срок службы трубопроводов по сравнению с традиционными трубами из ПЭ 100.

Изделия выпускаются по ТУ 22.21.21-045-50049230-2026.

Настоящее пособие предназначено для специалистов проектных, строительных и эксплуатационных организаций, работающих в области проектирования, строительства и эксплуатации технологических трубопроводов, пульпопроводов, шламопроводов и систем гидротранспорта.

Составили и подготовили: Е.А. Петров, М. Б. Назаров, О.В. Смирнова
Дизайн: Т. Е. Никитина

Санкт-Петербург
2026

Содержание

Раздел 1. Общая техническая информация 4
1.1. Основные преимущества труб TITAN 4
1.2. Конструкция труб TITAN 5
1.3. Материалы несущего слоя 6
1.4. Основные понятия MRS и SDR 6
1.5. Сортамент труб TITAN 7
1.6. Основные технические характеристики труб TITAN 14
1.7. Условное обозначение труб TITAN 14

Раздел 2. Характеристика функциональных слоев труб TITAN 15
2.1. Общие сведения 15
2.2. Несущий слой трубы 15
2.3. Внутренний износостойкий слой 15
2.4. Наружная защитная оболочка PS UV 16
2.5. Наружный соэкструзионный слой повышенной жёсткости 16

Раздел 3. Области применения труб TITAN 17
3.1. Общие положения 17
3.2. Основные области применения 17
3.3. Варианты прокладки 18

Раздел 4. Основные эксплуатационные преимущества труб TITAN 19
4.1. Повышенная стойкость к гидроабразивному износу 19
4.2. Контроль степени износа 19
4.3. Высокая химическая стойкость 19
4.4. Отсутствие коррозии 20
4.5. Низкая шероховатость внутренней поверхности 20
4.6. Стандартные способы соединения 20
4.7. Долговечность 20

Раздел 5. Гидроабразивный износ полимерных труб 21
5.1. Общие сведения 21
5.2. Основные факторы, влияющие на интенсивность износа 21
5.3. Механизм гидроабразивного износа 22
5.4. Наиболее изнашиваемые участки трубопроводов 22
5.5. Оценка гидроабразивной стойкости материалов 23

Раздел 6. Особенности проектирования трубопроводов из труб TITAN 24
6.1. Общие положения 24
6.2. Исходные данные для проектирования 24
6.3. Выбор материала несущего слоя 25
6.4. Выбор значения SDR 25
6.5. Выбор толщины внутреннего износостойкого слоя 25
6.6. Выбор конструктивного исполнения трубы 26
6.7. Комплексный подход к проектированию 26

Раздел 7. Гидравлический расчёт трубопроводов 27
7.1. Общие положения 27
7.2. Расчет 27
7.3. Особенности расчёта трубопроводов для гидросмесей 31

Раздел 8. Расчёт трубопроводов на прочность ... 32
8.1. Общие положения ... 32
8.2. Расчётные нагрузки ... 32
8.3. Расчёт внутреннего давления ... 33
8.4. Расчёт подземных трубопроводов ... 33
8.5. Глубина заложения полиэтиленовых трубопроводов ... 33
8.6. Минимальная глубина заложения трубопроводов из ПЭ
и их расположение относительно других коммуникаций ... 35
8.7. Глубина заложения трубопроводов из ПЭ
и их расположение относительно других коммуникаций ... 36
8.8. Глубина заложения трубопроводов технологических трубопроводов ... 37
8.9. Расчёт надземных трубопроводов ... 37
8.10. Температурные деформации ... 37
8.11. Выбор расстояния между опорами ... 38
8.12. Расчет опор при укладке полиэтиленового трубопровода вне грунта ... 38

Раздел 9. Монтаж трубопроводов из труб TITAN ... 39
9.1. Общие положения ... 39
9.2. Способы прокладки. Земляные работы ... 39
Технология прокладки трубопроводов из ПЭ в траншеях ... 39
Профиль траншеи ... 40
Дно траншеи ... 40
Основание для трубопровода ... 40
Обсыпка трубопровода ... 41
Уплотнение грунта ... 41
Окончательная засыпка траншеи ... 42
Изгиб ПЭ трубы при монтаже ... 43
Бестраншейные технологии прокладки ПЭ трубопроводов ... 43
Прокладка методом горизонтально-направленного бурения в грунте (прокол, метод крота) ... 43
Прокладка протягиванием с одновременным разрушением старой трубы или без такового ... 44

9.3. Способы соединения полиэтиленовых труб. Требования к соединениям ... 44
Разъемные соединения ... 44
Неразъемные соединения ... 45
Технология получения сварных соединений полиэтиленовых труб ... 47
Организация проведения сварочных работ ... 48
Сварка встык: порядок выполнения операций ... 48
Сварка деталями с закладными нагревателями: порядок выполнения операций ... 52

9.4. Контроль качества монтажных работ ... 57

Раздел 10. Испытания трубопроводов TITAN ... 58
10.1. Общие положения ... 58
10.2. Подготовка к испытаниям ... 58
10.3. Проведение гидравлических испытаний ... 58
10.4. Испытание трубопроводов ... 58
10.5. Устранение выявленных дефектов ... 59
10.6. Ввод трубопровода в эксплуатацию ... 59
10. 7. Ремонт трубопроводов ... 60
10.8. Причины сокращения срока службы ... 60

Приложение А ... 61

Примеры заполнения спецификаций ... 71

Раздел 1.
Общая техническая информация

1.1. Основные преимущества труб TITAN

Трубы TITAN разработаны специально для эксплуатации в тяжёлых условиях, связанных с интенсивным гидроабразивным износом и воздействием химически агрессивных сред. По сравнению с трубами из традиционных материалов они обладают рядом эксплуатационных преимуществ.

Таблица 1.1

Основные преимущества труб TITAN

Преимущество	Описание
Высокая стойкость к гидроабразивному износу	Внутренний износостойкий слой обеспечивает потерю толщины не более 5 % при испытаниях по Дармштадтскому методу (DIN EN 295-3:2012), что значительно увеличивает срок службы трубопровода.
Визуальный контроль износа	Внутренний слой имеет светлый цвет, несущий слой — чёрный. Появление чёрного слоя служит сигналом для плановой замены участка трубопровода.
Инкубационный период износа	На начальном этапе эксплуатации скорость гидроабразивного износа минимальна, что характерно для высокоэластичных износостойких материалов.
Высокая химическая стойкость	Материалы устойчивы к воздействию кислот, щелочей, насыщенных солевых растворов и не подвержены электрохимической коррозии.
Снижение гидравлических потерь	По мере эксплуатации шероховатость внутренней поверхности уменьшается, что способствует снижению потерь напора и энергозатрат на транспортирование среды.
Стандартные методы монтажа	Соединение труб выполняется сваркой встык либо с использованием муфт с закладными нагревателями стандартным оборудованием для полиэтиленовых труб.
Три варианта конструкции	Выпускаются базовое исполнение, исполнение с защитной оболочкой PS UV и исполнение с наружным соэкструзионным слоем повышенной жёсткости.
Работа при повышенной температуре	Исполнение с несущим слоем из PE-RT тип II допускает длительную эксплуатацию при температуре транспортируемой среды до 90 °С.

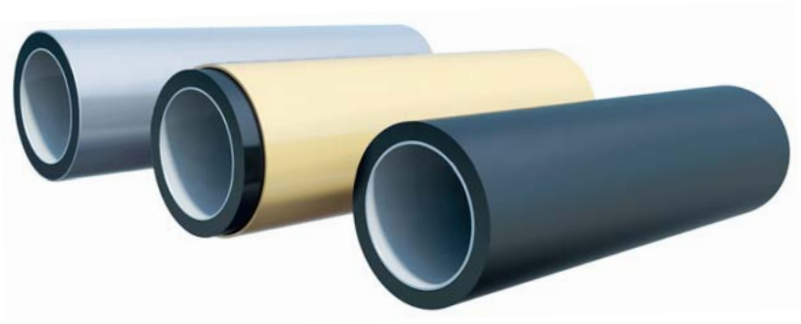


Рис. 1.1. Трубы TITAN

1.2. Конструкция труб TITAN

Все трубы TITAN имеют многослойную конструкцию, состоящую из:

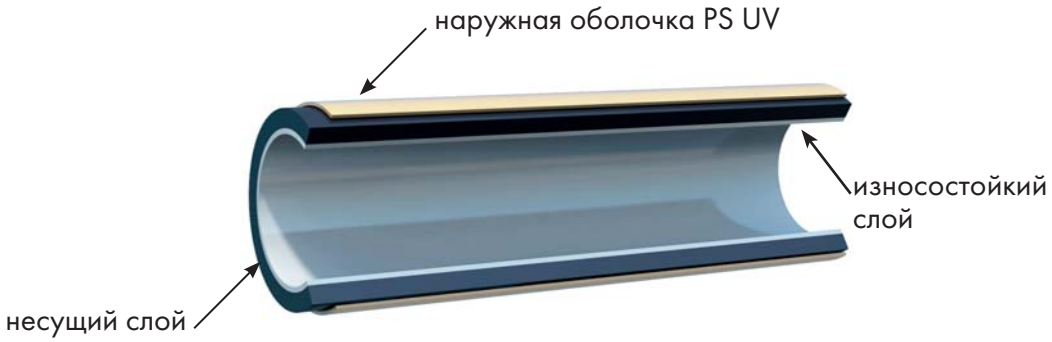
- основного (несущего) слоя;
- внутреннего износостойкого слоя;
- при необходимости — наружной защитной оболочки либо наружного соэкструзионного слоя повышенной жёсткости.

Конструкция трубы выбирается в зависимости от условий эксплуатации

TITAN Тип I – Базовый



TITAN Тип 2 – С оболочкой PS UV



TITAN Тип 3 – Соэкструзионный (жёсткий наружный слой)



Рис. 1.2. Типы конструкции труб TITAN

Таблица 1.2

Типы конструкции труб TITAN

Тип трубы	Конструкция	Область применения
Тип 1	Несущий слой из ПЭ 100, ПЭ 100-RC либо PE-RT тип II + внутренний износостойкий слой толщиной 2–10 мм	Подземная прокладка, внутрицеховые трубопроводы, эстакады с умеренной солнечной нагрузкой. Исполнение PE-RT тип II — для транспортирования горячих абразивных сред до 90 °С.
Тип 2	Конструкция Тип 1 + наружная защитная оболочка PS UV	Наземная прокладка и эстакады, подвергающиеся длительному воздействию солнечного излучения.
Тип 3	Конструкция Тип 1 + наружный соэкструзионный слой повышенной жёсткости	Прокладка в каменистых грунтах, при повышенных механических нагрузках, динамических воздействиях и риске повреждения трубопровода.

1.3. Материалы несущего слоя

Для изготовления несущего слоя труб TITAN используются три типа полиэтилена, выбор которых определяется условиями эксплуатации трубопровода.

Таблица 1.3

Материалы несущего слоя

Материал	Основные характеристики	Рекомендуемая область применения
ПЭ 100	Базовый трубный полиэтилен с минимальной длительной прочностью (MRS) 10 МПа	Большинство технологических трубопроводов при температуре транспортируемой среды до 40 °С
ПЭ 100-RC	Повышенная стойкость к медленному (SCG) и быстрому (RCP) распространению трещин	Каменистые грунты, повышенные механические нагрузки, точечные воздействия
PE-RT тип II	Термостойкий полиэтилен	Горячие технологические среды с рабочей температурой до 90 °С (кратковременно — до 100 °С)

1.4. Основные понятия MRS и SDR

Полиэтилен относится к вязкоупругим термопластичным материалам. Его механические свойства зависят от температуры, уровня нагрузки и продолжительности её воздействия.

Допустимое рабочее давление трубопровода определяется минимальной длительной прочностью материала (MRS — Minimum Required Strength) в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО 12162.

Максимальное рабочее давление (MOP) определяется по формуле:

$$MOP = \frac{2MRS}{C\,(SDR - 1)}$$

где:
MRS — минимальная длительная прочность материала
C — коэффициент запаса прочности
SDR — стандартное размерное отношение трубы

Стандартное размерное отношение определяется как отношение номинального наружного диаметра трубы к номинальной толщине её стенки:

$$SDR = \frac{d_н}{e}$$

1.5. Сортамент труб TITAN

Трубы TITAN выпускаются:
- из ПЭ 100 и ПЭ 100-RC — номинальными диаметрами от 110 до 1200 мм;
- из PE-RT тип II — номинальными диаметрами от 110 до 630 мм.

Размеры и расчётные параметры труб TITAN из ПЭ 100 / ПЭ 100-RC:

Таблица 1.5.1

SDR 7,4 (PN 25)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	15,1	3	18,1	73,8	5,26
125	17,1	3	20,1	84,8	6,66
140	19,2	3	22,2	95,6	8,27
160	21,9	4	25,9	108,2	11,0
180	24,6	4	28,6	122,8	13,7
200	27,4	4	31,4	137,2	16,8
225	30,8	5	35,8	153,4	21,4
250	34,2	5	39,2	171,6	26,0
280	38,3	5	43,3	193,4	32,3
315	43,1	6	49,1	216,8	41,1
355	48,5	6	54,5	246,0	51,6
400	54,7	7	61,7	276,6	65,8
450	61,5	8	69,5	311,0	83,3
500	68,3	8	76,3	347,4	102

Таблица 1.5.2

SDR 9 (PN 20)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	12,3	3	15,3	79,4	4,60
125	14,0	3	17,0	91,0	5,80
140	15,7	3	18,7	102,6	7,17
160	17,9	3	20,9	118,2	9,19
180	20,1	4	24,1	131,8	11,9
200	22,4	4	26,4	147,2	14,5
225	25,2	4	29,2	166,6	18,1
250	27,9	4	31,9	186,2	22,0
280	31,3	5	36,3	207,4	28,0
315	35,2	5	40,2	234,6	34,8
355	39,7	5	44,7	265,6	43,8
400	44,7	6	50,7	298,6	55,9
450	50,3	7	57,3	335,4	71,1
500	55,8	7	62,8	374,4	86,6
560	62,5	8	70,5	419,0	109
710	79,3	9	88,3	533,4	172
800	89,3	10	99,3	601,4	218

Таблица 1.5.3

SDR 11 (PN 16)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	10,0	2	12,0	86,0	3,73
125	11,4	3	14,4	96,2	5,06
140	12,7	3	15,7	108,6	6,18
160	14,6	3	17,6	124,8	7,95
180	16,4	3	19,4	141,2	9,88
200	18,2	3	21,2	157,6	12,0
225	20,5	4	24,5	176,0	15,6
250	22,7	4	26,7	196,6	18,9
280	25,4	4	29,4	221,2	23,3
315	28,6	4	32,6	249,8	29,2
355	32,2	5	37,2	280,6	37,4
400	36,3	5	41,3	317,4	46,9
450	40,9	6	46,9	356,2	59,8
500	45,4	6	51,4	397,2	73,0

Продолжение табл. 1.5.3

SDR 11 (PN 16)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
560	50,8	7	57,8	444,4	91,8
630	57,2	7	64,2	501,6	115
710	64,5	8	72,5	565,0	146
800	72,6	9	81,6	636,8	186
900	81,7	10	91,7	716,6	235
1000	90,2	10	100,2	799,6	287

Таблица 1.5.4

SDR 13,6 (PN 12,5)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	8,1	2	10,1	89,8	3,22
125	9,2	2	11,2	102,6	4,08
140	10,3	3	13,3	113,4	5,36
160	11,8	3	14,8	130,4	6,82
180	13,3	3	16,3	147,4	8,48
200	14,7	3	17,7	164,6	10,2
225	16,6	3	19,6	185,8	12,8
250	18,4	3	21,4	207,2	15,5
280	20,6	4	24,6	230,8	20,0
315	23,2	4	27,2	260,6	24,8
355	26,1	4	30,1	294,8	31,1
400	29,4	4	33,4	333,2	38,9
450	33,1	5	38,1	373,8	49,8
500	36,8	5	41,8	416,4	60,7
560	41,2	6	47,2	465,6	76,7
630	46,3	6	52,3	525,4	95,7
710	52,2	7	59,2	591,6	122
800	58,8	7	65,8	668,4	153
900	66,1	8	74,1	751,8	194
1000	73,5	9	82,5	835,0	240
1200	88,2	10	98,2	1003,6	343

Таблица 1.5.5

SDR 17 (PN 10)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	6,6	2	8,6	92,8	2,78
125	7,4	2	9,4	106,2	3,47
140	8,3	2	10,3	119,4	4,27
160	9,5	2	11,5	137,0	5,45
180	10,7	3	13,7	152,6	7,25
200	11,9	3	14,9	170,2	8,76
225	13,4	3	16,4	192,2	10,9
250	14,8	3	17,8	214,4	13,2
280	16,6	3	19,6	240,8	16,2
315	18,7	3	21,7	271,6	20,2
355	21,1	4	25,1	304,8	26,3
400	23,7	4	27,7	344,6	32,7
450	26,7	4	30,7	388,6	40,9
500	29,7	4	33,7	432,6	49,9
560	33,2	5	38,2	483,6	63,3
630	37,4	5	42,4	545,2	79,0
710	42,1	6	48,1	613,8	101
800	47,4	6	53,4	693,2	126
900	53,3	7	60,3	779,4	160
1000	59,3	7	66,3	867,4	196
1200	71,1	9	80,1	1039,8	285

Таблица 1.5.6

SDR 21 (PN 8)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	5,3	2	7,3	95,4	2,41
125	6,0	2	8,0	109,0	2,99
140	6,7	2	8,7	122,6	3,66
160	7,7	2	9,7	140,6	4,66
180	8,6	2	10,6	158,8	5,74
200	9,6	2	11,6	176,8	6,97
225	10,8	3	13,8	197,4	9,28
250	11,9	3	14,9	220,2	11,1
280	13,4	3	16,4	247,2	13,8
315	15,0	3	18,0	279,0	17,0
355	16,9	3	19,9	315,2	21,2
400	19,1	3	22,1	355,8	26,5

Продолжение табл. 1.5.6

SDR 21 (PN 8)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
450	21,5	4	25,5	399,0	34,4
500	23,9	4	27,9	444,2	41,9
560	26,7	4	30,7	498,6	51,7
630	30,0	4	34,0	562,0	64,3
710	33,9	5	38,9	632,2	83,0
800	38,1	5	43,1	713,8	104
900	42,9	6	48,9	802,2	132
1000	47,7	6	53,7	892,6	162
1200	57,9	7	64,9	1070,2	232

Размеры и расчётные параметры труб TITAN из PE-RT тип II:

Таблица 1.5.7

SDR 7,4 (S 3,2)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	15,1	3	18,1	73,8	5,26
125	17,1	3	20,1	84,8	6,66
140	19,2	3	22,2	95,6	8,27
160	21,9	4	25,9	108,2	11,0
180	24,6	4	28,6	122,8	13,7
200	27,4	4	31,4	137,2	16,8
225	30,8	5	35,8	153,4	21,4
250	34,2	5	39,2	171,6	26,0
280	38,3	5	43,3	193,4	32,3
315	43,1	6	49,1	216,8	41,1
355	48,5	6	54,5	246,0	51,6
400	54,7	7	61,7	276,6	65,8
450	61,5	8	69,5	311,0	83,3
500	68,3	8	76,3	347,4	102

Таблица 1.5.8

SDR 9 (S 4)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	12,3	3	15,3	79,4	4,60
125	14,0	3	17,0	91,0	5,80
140	15,5	3	18,5	103,0	7,17
160	17,9	3	20,9	118,2	9,19
180	20,1	4	24,1	131,8	11,9
200	22,4	4	26,4	147,2	14,5
225	25,2	4	29,2	166,6	18,1
250	27,9	4	31,9	186,2	22,0
280	31,3	5	36,3	207,4	28,0
315	35,2	5	40,2	234,6	34,8
355	39,7	5	44,7	265,6	43,8
400	44,7	6	50,7	298,6	55,9
450	50,3	7	57,3	335,4	71,1
500	55,8	7	62,8	374,4	86,6
560	62,5	8	70,5	419,0	109

Таблица 1.5.9

SDR 11 (S 5)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	10,0	2	12,0	86,0	3,73
125	11,4	3	14,4	96,2	5,06
140	12,7	3	15,7	108,6	6,18
160	14,6	3	17,6	124,8	7,95
180	16,4	3	19,4	141,2	9,88
200	18,2	3	21,2	157,6	12,0
225	20,5	4	24,5	176,0	15,6
250	22,7	4	26,7	196,6	18,9
280	25,4	4	29,4	221,2	23,3
315	28,6	4	32,6	249,8	29,2
355	32,2	5	37,2	280,6	37,4
400	36,3	5	41,3	317,4	46,9
450	40,9	6	46,9	356,2	59,8
500	45,4	6	51,4	397,2	73,0
560	50,8	7	57,8	444,4	91,8
630	57,2	7	64,2	501,6	115

Таблица 1.5.10

SDR 13,6 (S 6,3)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	8,1	2	10,1	89,8	3,22
125	9,2	2	11,2	102,6	4,08
140	10,3	3	13,3	113,4	5,36
160	11,8	3	14,8	130,4	6,82
180	13,3	3	16,3	147,4	8,48
200	14,7	3	17,7	164,6	10,2
225	16,6	3	19,6	185,8	12,8
250	18,4	3	21,4	207,2	15,5
280	20,6	4	24,6	230,8	20,0
315	23,2	4	27,2	260,6	24,8
355	26,1	4	30,1	294,8	31,1
400	29,4	4	33,4	333,2	38,9
450	33,1	5	38,1	373,8	49,8
500	36,8	5	41,8	416,4	60,7
560	41,2	6	47,2	465,6	76,7
630	46,3	6	52,3	525,4	95,7

Таблица 1.5.11

SDR 17 (S 8)

$D_{ном}$, мм	$e_{несущ}$, мм	$e_{износ}$, мм	$e_{общ}$, мм	$d_{вн}$, мм	Масса пог.м, кг
110	6,6	2	8,6	92,8	2,78
125	7,4	2	9,4	106,2	3,47
140	8,3	2	10,3	119,4	4,27
160	9,5	2	11,5	137,0	5,45
180	10,7	3	13,7	152,6	7,25
200	11,9	3	14,9	170,2	8,76
225	13,4	3	16,4	192,2	10,9
250	14,8	3	17,8	214,4	13,2
280	16,6	3	19,6	240,8	16,2
315	18,7	3	21,7	271,6	20,2
355	21,1	4	25,1	304,8	26,3
400	23,7	4	27,7	344,6	32,7
450	26,7	4	30,7	388,6	40,9
500	29,7	4	33,7	432,6	49,9
560	33,2	5	38,2	483,6	63,3
630	37,4	5	42,4	545,2	79,0

Примечание.
Толщина внутреннего износостойкого слоя принята по умолчанию в соответствии с таблицей 3 Технических Условий.
Трубы с SDR 7,4 и 9 производятся только в базовом исполнении.

1.6. Основные технические характеристики труб TITAN

Основные технические характеристики труб TITAN приведены в таблице ниже.

Таблица 1.6

Основные технические характеристики

Параметр	Значение
Стандартная длина труб	6,5–13 м
Шаг изменения длины	0,25 м
Потеря толщины внутреннего слоя при испытаниях	Не более 5 %
Относительное удлинение при разрыве	Не менее 350 %
Коэффициент линейного теплового расширения	0,15–0,20 мм/(м·°C)

1.7. Условное обозначение труб TITAN

Условное обозначение труб TITAN содержит сведения о конструкции изделия, материале несущего слоя, геометрических параметрах и нормативном документе, по которому изготовлена продукция.

В обозначение входят:

- наименование изделия;
- исполнение трубы (при наличии);
- марка материала несущего слоя;
- значение SDR;
- наружный диаметр;
- номинальная толщина стенки несущего слоя;
- толщина внутреннего износостойкого слоя;
- обозначение технических условий.

Таблица 1.7

Примеры условного обозначения труб TITAN

Исполнение	Пример обозначения
Базовая труба из ПЭ 100	Труба TITAN ПЭ 100 SDR 11 160×14,6 (3) ТУ 22.21.21-045-50049230-2026
Труба с защитной оболочкой PS UV	Труба TITAN PS UV ПЭ 100-RC SDR 17 250×14,8 (3) ТУ 22.21.21-045-50049230-2026
Труба с наружным соэкструзионным слоем	Труба TITAN ML ПЭ 100-RC SDR 11 280×28,6 (4) ТУ 22.21.21-045-50049230-2026

Раздел 2.
Характеристика функциональных слоев труб TITAN

2.1. Общие сведения

Трубы TITAN представляют собой многослойные напорные полиэтиленовые трубы, конструкция которых разработана для эксплуатации в условиях интенсивного гидроабразивного износа.

В зависимости от условий эксплуатации конструкция трубы может быть дополнена:

- наружной защитной оболочкой PS UV, предназначенной для защиты от солнечного излучения;
- наружным соэкструзионным слоем повышенной жёсткости, обеспечивающим дополнительную механическую защиту трубопровода.

2.2. Несущий слой трубы

Несущий слой является основным силовым элементом конструкции и воспринимает внутреннее давление транспортируемой среды, внешние нагрузки от грунта, транспорта и оборудования, а также температурные воздействия.

В зависимости от условий эксплуатации несущий слой может быть изготовлен из следующих материалов:

Таблица 2.1

Материал	Назначение
ПЭ 100	Стандартные условия эксплуатации
ПЭ 100-RC	Повышенные механические нагрузки и сложные условия прокладки
PE-RT тип II	Транспортирование горячих сред

Выбор материала определяется расчётными условиями эксплуатации трубопровода и требованиями проекта.

2.3. Внутренний износостойкий слой

Внутренний слой является основной отличительной особенностью труб TITAN.

Он предназначен для защиты несущего слоя трубы от воздействия абразивных частиц, переносимых транспортируемой средой.

При эксплуатации именно внутренняя поверхность трубы подвергается максимальному износу. Применение специального износостойкого материала позволяет значительно увеличить срок службы трубопровода без увеличения толщины несущего слоя.

Внутренний слой производится методом соэкструзии и образует с несущим слоем единую монолитную конструкцию, исключающую возможность расслоения при соблюдении требований технологии производства.

Толщина внутреннего слоя выбирается с учётом:
- абразивности транспортируемой среды;
- расчётного срока службы трубопровода;
- условий эксплуатации;
- требований заказчика.

По умолчанию применяется типовой ряд толщин, приведённый в разделе 1 настоящего пособия.

2.4. Наружная защитная оболочка PS UV

При наземной прокладке полиэтиленовые трубопроводы подвергаются воздействию солнечного излучения.

Несмотря на наличие в полиэтилене стабилизаторов, длительное воздействие солнечной радиации приводит к нагреву наружной поверхности трубы, увеличению температурных деформаций и ускоренному старению материала.

Для решения этой задачи применяется наружная защитная оболочка PS UV.

Основные функции защитной оболочки:

Таблица 2.2

Функция	Результат
Отражение солнечного излучения	Снижение температуры наружной поверхности трубы
Защита от ультрафиолетового излучения	Повышение долговечности материала
Уменьшение температурного расширения	Снижение внутренних напряжений
Повышение стабильности размеров	Улучшение условий эксплуатации наземных трубопроводов

2.5. Наружный соэкструзионный слой повышенной жёсткости

Для эксплуатации в тяжёлых механических условиях трубы TITAN могут выпускаться с дополнительным наружным соэкструзионным слоем повышенной жёсткости.

Данный слой выполняет несколько функций одновременно:
- защищает трубу от механических повреждений при транспортировании и монтаже;
- снижает вероятность распространения поверхностных дефектов и трещин;
- повышает устойчивость трубы к локальным нагрузкам;
- способствует сохранению геометрии трубы в процессе эксплуатации;
- увеличивает общую долговечность трубопровода.

Раздел 3.
Области применения труб TITAN

3.1. Общие положения

Трубы TITAN предназначены для строительства напорных трубопроводов, транспортирующих среды, вызывающие интенсивный гидроабразивный износ внутренней поверхности труб.

Конструкция труб обеспечивает возможность их применения как при подземной, так и при наземной прокладке, включая размещение на технологических эстакадах, в производственных помещениях и на открытых промышленных площадках.

3.2. Основные области применения

Трубы TITAN рекомендуется применять для строительства следующих трубопроводных систем.

Таблица 3.1

Основные области применения

Область применения	Транспортируемая среда
Пульпопроводы	Песчаные, рудные и угольные пульпы
Шламопроводы	Минеральные и технологические шламы
Гидротранспорт	Абразивные гидросмеси различного состава
Технологические трубопроводы	Вода с высоким содержанием механических примесей
Промышленные трубопроводы	Кислоты, щёлочи, растворы солей и другие химически активные жидкости, к воздействию которых полиэтилен химически стоек
Внутрицеховые трубопроводы	Технологические жидкости и гидросмеси
Межцеховые коммуникации	Транспортирование технологических продуктов между производственными участками

3.3. Варианты прокладки

Конструкция труб TITAN допускает применение при различных способах прокладки.

Таблица 3.2

Способы прокладки трубопроводов

Способ прокладки	Особенности применения
Подземная	Прокладка в грунте открытым способом или в траншеях
Наземная	Размещение непосредственно на поверхности земли
На технологических эстакадах	Прокладка по металлическим или железобетонным конструкциям
Внутри производственных зданий	Монтаж в технологических помещениях и цехах

При выборе способа прокладки необходимо учитывать расчётные нагрузки, температурный режим эксплуатации и требования нормативной документации.

Раздел 4.
Основные эксплуатационные преимущества труб TITAN

4.1. Повышенная стойкость к гидроабразивному износу

При транспортировании гидросмесей твёрдые частицы непрерывно взаимодействуют с внутренней поверхностью трубопровода, вызывая постепенное уменьшение толщины стенки.

В трубах TITAN основной износ воспринимает внутренний специализированный слой, изготовленный из материала с повышенной стойкостью к абразивному воздействию.

Использование данного слоя позволяет:
- существенно снизить скорость изнашивания трубопровода;
- увеличить межремонтный период;
- уменьшить эксплуатационные затраты;
- повысить общую надёжность трубопроводной системы.

Испытания на гидроабразивную стойкость проводятся по Дармштадтскому методу в соответствии с DIN EN 295-3, что позволяет объективно сравнивать различные материалы по интенсивности износа.

4.2. Контроль степени износа

Конструкция труб TITAN предусматривает применение материалов различных цветов. Внутренний износостойкий слой выполняется светлого цвета, а несущий слой — чёрного. Такое решение обеспечивает простой визуальный контроль остаточного ресурса трубопровода.

При полном износе внутреннего слоя на поверхности появляются участки чёрного цвета, свидетельствующие о достижении предельной степени износа и необходимости плановой замены соответствующего участка трубопровода.

Подобный метод контроля не требует применения специального диагностического оборудования и может использоваться при проведении плановых осмотров.

4.3. Высокая химическая стойкость

Материалы, применяемые при изготовлении труб TITAN, обладают высокой химической стойкостью к большинству агрессивных технологических сред.

Трубы могут использоваться для транспортирования:
- растворов кислот;
- растворов щелочей;
- солевых растворов;
- технологической воды с высоким содержанием растворённых веществ;
- других химически активных жидкостей, к воздействию которых полиэтилен является стойким.

При выборе материала трубопровода необходимо учитывать химическую совместимость с конкретной транспортируемой средой. Таблица химической стойкости представлена в приложении А.

4.4. Отсутствие коррозии

В отличие от металлических трубопроводов, полиэтилен не подвержен:
- электрохимической коррозии;
- почвенной коррозии;
- атмосферной коррозии;
- внутренней коррозии, вызванной воздействием транспортируемой среды.

Отсутствие коррозионных процессов исключает необходимость применения защитных покрытий, катодной защиты и других мероприятий, обязательных для металлических трубопроводов.

4.5. Низкая шероховатость внутренней поверхности

Внутренняя поверхность полиэтиленовых труб отличается малой абсолютной шероховатостью.

В процессе эксплуатации на поверхности не образуются коррозионные отложения, что позволяет сохранять высокую пропускную способность трубопровода в течение всего срока службы.

4.6. Стандартные способы соединения

Монтаж труб TITAN выполняется с использованием стандартных технологий сварки полиэтиленовых труб.

Допускаются следующие способы соединения

Таблица 4.1

Способы соединения труб TITAN

Способ соединения	Область применения
Сварка нагретым инструментом встык	Основной способ строительства линейных трубопроводов
Электромуфтовая сварка	Монтаж в стеснённых условиях, ремонтные работы и присоединение фасонных деталей
Фланцевое соединение	Разъемное соединение в стеснённых условиях, ремонтные работы и присоединение фасонных деталей

4.7. Долговечность

Высокая стойкость к гидроабразивному износу, отсутствие коррозии, химическая стойкость и сохранение механических свойств полиэтилена обеспечивают продолжительный срок службы трубопроводов TITAN.

Фактический ресурс определяется:
- составом транспортируемой среды;
- концентрацией твёрдых частиц;
- гранулометрическим составом абразива;
- скоростью потока;
- температурой среды;
- режимом эксплуатации трубопровода и давлением.

Раздел 5.
Гидроабразивный износ полимерных труб

5.1. Общие сведения

При транспортировании гидросмесей, содержащих твёрдые частицы, внутренняя поверхность трубопровода подвергается непрерывному механическому воздействию. В результате контакта частиц с поверхностью трубы происходит постепенное уменьшение толщины стенки, которое принято называть гидроабразивным износом.

5.2. Основные факторы, влияющие на интенсивность износа

Скорость гидроабразивного износа зависит от большого числа взаимосвязанных факторов.

Таблица 5.1

Способы соединения труб TITAN

Фактор	Влияние на износ
Размер частиц	С увеличением размера частиц интенсивность износа, как правило, возрастает.
Твёрдость частиц	Чем выше твёрдость материала частиц, тем интенсивнее происходит изнашивание поверхности трубы.
Форма частиц	Остроугольные частицы вызывают более интенсивный износ, чем окатанные.
Концентрация твёрдой фазы	При увеличении содержания твёрдых частиц возрастает интенсивность их взаимодействия с поверхностью трубы.
Скорость потока	Рост скорости приводит к увеличению кинетической энергии частиц и, соответственно, к ускорению износа.
Угол столкновения частиц	Характер взаимодействия частиц с поверхностью зависит от угла их удара.
Температура транспортируемой среды	Изменение температуры влияет на механические свойства материала трубы и условия взаимодействия с абразивом.

Из перечисленных факторов наибольшее влияние в большинстве случаев оказывают скорость потока и свойства абразивных частиц.

5.3. Механизм гидроабразивного износа

В процессе движения гидросмеси твёрдые частицы многократно сталкиваются с внутренней поверхностью трубопровода.

В зависимости от условий движения потока частицы могут:
- скользить по поверхности;
- перекатываться;
- совершать многократные удары;
- перемещаться скачкообразно;
- вовлекаться в турбулентные вихри.

Каждый из перечисленных механизмов сопровождается постепенным разрушением поверхностного слоя материала.

Наиболее интенсивный износ наблюдается в местах изменения направления движения потока, где возрастает число столкновений частиц со стенкой трубопровода.

5.4. Наиболее изнашиваемые участки трубопроводов

Практический опыт эксплуатации показывает, что распределение износа по длине трубопровода является неравномерным.

Наибольшему гидроабразивному воздействию подвергаются:

Таблица 5.2

Участки с повышенной интенсивностью износа

Элемент трубопровода	Причина повышенного износа
Отводы, повороты трубопровода	Изменение направления движения потока, ударное воздействие твёрдых частиц
Тройники	Перераспределение потоков
Переходы	Изменение скорости движения среды
Запорная арматура	Локальное увеличение скорости потока
Участки после насосов	Повышенная турбулентность потока
Нижняя образующая горизонтальных труб	Осаждение и перемещение наиболее тяжёлых частиц

Именно эти участки рекомендуется рассматривать как наиболее вероятные зоны возникновения предельного износа.

5.5. Оценка гидроабразивной стойкости материалов

Для объективного сравнения материалов применяются стандартизованные методы испытаний, воспроизводящие воздействие абразивной среды в лабораторных условиях.

Одним из наиболее распространённых методов является Дармштадтский метод, регламентированный стандартом DIN EN 295-3.

При проведении испытаний определяется потеря толщины или массы образца после заданного числа циклов воздействия абразивной среды.

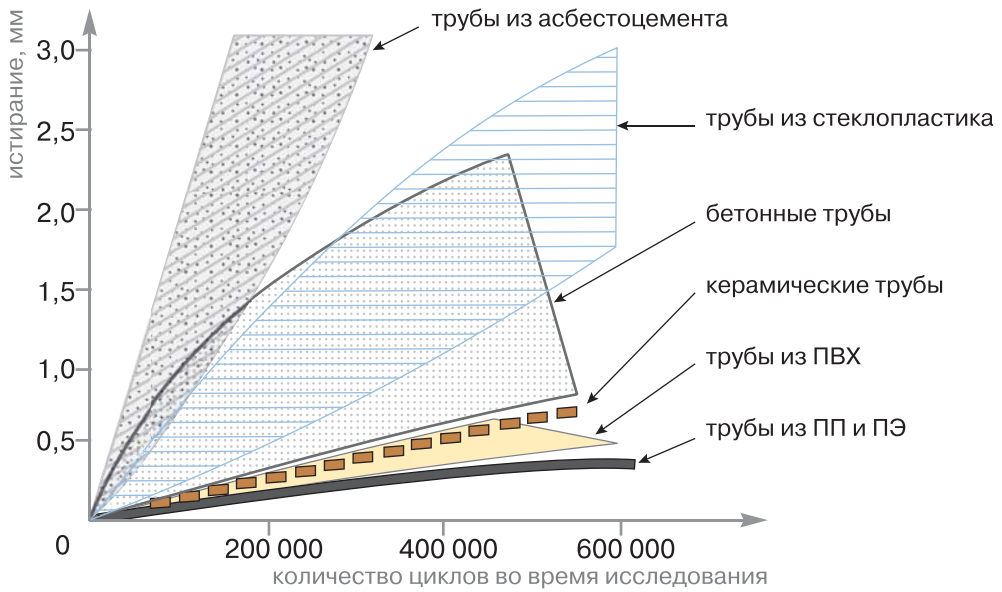


Рис. 2.2. Стойкость к гидроабразивному износу. Данные исследования Technische Universität Darmstadt (Технологического Университета Дармштадта, Германия), проведенного на основании DIN19534

Следует учитывать, что лабораторные испытания позволяют сопоставлять материалы в одинаковых условиях, однако фактический срок службы трубопровода определяется реальными параметрами эксплуатации конкретного объекта.

Раздел 6.
Особенности проектирования трубопроводов из труб TITAN

6.1. Общие положения

Проектирование трубопроводов из труб TITAN следует выполнять в соответствии с действующими нормативными документами, регулирующими проектирование полиэтиленовых напорных трубопроводов, с учётом особенностей транспортируемой среды и условий эксплуатации.

При разработке проекта необходимо учитывать не только требования к прочности трубопровода, но и факторы, оказывающие влияние на его долговечность, включая гидроабразивный износ, температурные воздействия и условия прокладки.

Проектирование рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Определение характеристик транспортируемой среды.
2. Выбор материала несущего слоя трубы.
3. Определение рабочего давления.
4. Выбор значения SDR.
5. Определение толщины внутреннего износостойкого слоя.
6. Выбор конструктивного исполнения трубы.
7. Выполнение гидравлического расчёта.
8. Расчёт трубопровода на прочность.
9. Разработка конструктивных решений по монтажу и закреплению трубопровода

6.2. Исходные данные для проектирования

До начала проектирования необходимо определить основные параметры проектируемого трубопровода

Таблица 6.1

Исходные данные

Параметр	Примечание
Назначение трубопровода	Пульпопровод, шламопровод, технологический трубопровод и т.д.
Производительность	Расчётный расход транспортируемой среды
Рабочее давление	Номинальное и максимальное давление
Температура транспортируемой среды	Минимальная и максимальная рабочая температура
Состав среды	Вода, гидросмесь, химический раствор и др.
Концентрация твёрдых частиц	При наличии абразивной составляющей
Максимальный размер частиц	По данным технологической части проекта
Плотность транспортируемой среды	Используется при гидравлическом расчёте
Способ прокладки	Подземная, наземная, на эстакаде
Климатические условия	Температура окружающей среды, солнечная радиация и другие факторы

Полнота исходных данных напрямую влияет на корректность выбора конструкции трубопровода и расчётных параметров.

6.3. Выбор материала несущего слоя

Материал несущего слоя следует выбирать с учётом температуры транспортируемой среды, условий прокладки и ожидаемых механических воздействий

Таблица 6.2

Рекомендации по выбору материала

Условия эксплуатации	Рекомендуемый материал
Стандартные условия эксплуатации	ПЭ 100
Повышенная вероятность механических повреждений	ПЭ 100-RC
Каменистые грунты	ПЭ 100-RC
Бестраншейная прокладка	ПЭ 100-RC
Температура среды свыше 40 °C	PE-RT тип II

Выбор материала должен быть подтверждён расчётом рабочего давления и температурного режима эксплуатации.

6.4. Выбор значения SDR

При выборе SDR необходимо учитывать:
- рабочее давление;
- расчётное давление;
- возможные гидравлические удары;
- температуру транспортируемой среды;
- коэффициент запаса прочности;
- длительность эксплуатации.

Выбор SDR следует выполнять на основании расчёта максимального рабочего давления в соответствии с требованиями нормативной документации.

6.5. Выбор толщины внутреннего износостойкого слоя

Толщина внутреннего износостойкого слоя не влияет на прочностные характеристики трубопровода и определяется исключительно условиями абразивного износа.

При выборе толщины рекомендуется учитывать:
- расчётный срок службы трубопровода;
- гранулометрический состав транспортируемой среды;
- твёрдость абразивных частиц;
- концентрацию твёрдой фазы;
- скорость движения потока;
- возможность проведения плановой замены отдельных участков трубопровода.

Для объектов с высокой интенсивностью износа рекомендуется предусматривать увеличение толщины внутреннего слоя вместо увеличения толщины несущей стенки трубы. Такой подход позволяет повысить ресурс трубопровода без необоснованного увеличения его массы и стоимости.

6.6. Выбор конструктивного исполнения трубы

Исполнение трубы следует выбирать с учётом условий эксплуатации

Таблица 6.3

Выбор конструкции трубы

Условия эксплуатации	Рекомендуемый материал
Стандартные условия эксплуатации	ПЭ 100
Повышенная вероятность механических повреждений	ПЭ 100-RC
Каменистые грунты	ПЭ 100-RC
Бестраншейная прокладка	ПЭ 100-RC
Температура среды свыше 40 °С	PE-RT тип II

При необходимости допускается разработка специальных конструктивных исполнений по согласованию с изготовителем.

6.7. Комплексный подход к проектированию

При проектировании трубопроводов для транспортирования гидросмесей рекомендуется рассматривать трубопровод как единую инженерную систему, в которой взаимосвязаны гидравлические, прочностные и эксплуатационные характеристики.

Оптимальным следует считать техническое решение, обеспечивающее:
- требуемую пропускную способность;
- нормативную прочность трубопровода;
- расчётный срок службы;
- минимальные эксплуатационные затраты;
- возможность безопасного проведения технического обслуживания и ремонта.

Раздел 7.
Гидравлический расчёт трубопроводов

7.1. Общие положения

Гидравлический расчёт является одним из основных этапов проектирования трубопроводов из труб TITAN. Его целью является определение параметров потока, потерь напора, требуемого давления и энергетических затрат на транспортирование среды.

При расчёте трубопроводов для транспортирования гидросмесей необходимо учитывать, что наличие твёрдых частиц изменяет гидравлические характеристики потока по сравнению с транспортированием чистой воды.

Важно! Внутренний диаметр трубы не определяется только значениями $D_{ном}$ и SDR, поскольку зависит также от толщины внутреннего износостойкого слоя. При выполнении гидравлического расчёта необходимо использовать внутренний диаметр, определяемый с учётом толщины обоих слоёв.

Исходные данные для расчёта должны приниматься на основании технологической части проекта.

7.2. Расчет

Гидравлический расчет трубопроводов выполняется с целью определения потерь напора потока, на основании чего в дальнейшем выбирается диаметр труб и марка повысительного (или вакуумного) насоса.

Потери напора *H*, мм вод. ст., в общем случае течения жидкости равны:

$$H = i \cdot l + h_{м.с.} + h_в + h_{г.в.} + h_{св.н.} - h_г, \quad (7.1)$$

где i – удельная потеря напора на трение, м/м;
$h_{м.с.}$ – потери напора в местных сопротивлениях, м;
l – расчетная длина трубопровода, м;
$h_в$ – потери напора в водоизмерительных устройствах, м;
$h_{г.в.}$ – геометрическая высота подъема воды (плюс или минус), м;
$h_г$ – гарантийный напор перед насосным оборудованием, м;
$h_{св.н.}$ – свободный напор, необходимый для создания комфортной струи в водоразборной арматуре

Удельная потеря напора *i* определяется по формуле:

$$i = \frac{\lambda \cdot V^2}{2gd_р}, \quad (7.2)$$

где λ – коэффициент сопротивления трения по длине трубопровода;
V – скорость течения жидкости, м/с;
g – ускорение свободного падения, м/с^2:
$d_р$ – расчетный диаметр труб, м. Допускается определять как $d - 2e$ (наружный диаметр минус две толщины стенки).

Скорость течения жидкости равна:

$$V = \frac{q}{w}, \quad (3.3)$$

где q – расчетный расход жидкости, м^3/с;

$w = \frac{\pi d_р^2}{4}$ – площадь живого сечения трубы, м^2.

Коэффициент сопротивления трения λ определяется в соответствии с регламентами свода правил СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования»:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0{,}5\left[\frac{b}{2} + \frac{1{,}312(2-b)\,lg\frac{3{,}7d_р}{K_э}}{lgRe - 1}\right]}{lg\,\frac{3{,}7d_р}{K_э}}, \qquad (7.4)$$

где b – некоторое число подобия режимов течения жидкости; при $b > 2$ принимается $b = 2$.

$$b = 1 + \frac{lgRe}{lgRe_{кв}}, \qquad (7.5)$$

где Re – фактическое число Рейнольдса.

$$Re = \frac{V \cdot d_р}{\nu}, \qquad (7.6)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м^2/с. При расчетах холодных водопроводов принимается равным $1{,}31 \cdot 10^{-6}$ м^2/с – вязкость воды при температуре +10 °С;
$Re_{кв}$ – число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений.

$$Re_{кв} = \frac{500d_р}{K_э}, \qquad (7.7)$$

где $K_э$ – гидравлическая шероховатость материала труб, м. Для труб из полимерных материалов принимается $K_э = 0{,}00002$ м, если производитель труб не дает других значений шероховатости.

В тех случаях течения, когда $Re \geq Re_{кв}$, расчетное значение параметра b становится равным 2, и формула (7.4) существенно упрощается, обращаясь в известную формулу Прандтля:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0{,}5}{lg\,\frac{3{,}7d_р}{K_э}} \qquad (7.8)$$

При $K_э = 0{,}00002$ м квадратичная область сопротивлений наступает при скорости течения воды ($\nu = 1{,}31 \cdot 10^{-6}$ м^2/с), равной 32,75 м/с, что практически недостижимо в коммунальных водопроводах.

Для повседневных расчетов рекомендуются номограммы (рис 2.1 и 2.2), а для более точных расчетов – «Таблицы для гидравлического расчета труб напорных из полиэтилена» (Продоус О. А.)

При расчетах по номограммам результат достигается одним наложением линейки – следует прямой линией соединить точку со значением расчетного диаметра на шкале $d_р$ с точкой со значением расчетного расхода на шкале q (л/с), продолжить эту прямую линию до пересечения со шкалами скорости V и удельных потерь напора 1000 i (мм/м). Точки пересечения прямой линии с этими шкалами дают значение V и 1000 i.

Как известно, затраты электроэнергии на перекачку жидкости находятся в прямой пропорциональной зависимости от величины H (при прочих равных условиях). Подставив выражение (7.3) в формулу (7.2), нетрудно увидеть, что величина i (а, следовательно и H) обратно пропорциональна расчетному диаметру $d_р$ в пятой степени.

$$i = \frac{16 \cdot \lambda \cdot q^2}{2g \cdot \pi^2 \cdot d_р^5} \qquad (7.9)$$

Выше показано, что величина $d_р$ зависит от толщины стенки трубы e: чем тоньше стенка, тем выше $d_р$ и тем, соответственно, меньше потери напора на трение и затраты электроэнергии.

Таким образом, результаты расчетов толщины стенки e трубы по формулам (1.1) – (1.5) в сочетании с результатами гидравлических расчетов по формулам (2.1) – (2.7) позволяют выбрать трубу с конкретным значением SDR и конкретным значением MRS. В зависимости от величины расчетного расхода жидкости на объекте и требуемого напора подбирается марка повысительного (вакуумного) насоса. Если в дальнейшем по каким-либо причинам меняется значение MRS трубы, ее диаметр и толщина стенки (SDR) должны быть пересчитаны.

Следует иметь в виду, что в целом ряде случаев применение труб с MRS 10,0 взамен труб с MRS 8,0 позволяет на один типоразмер уменьшить диаметр трубопровода. Поэтому применение компанией ИКАПЛАСТ полиэтилена ПЭ 100 (MRS 10,0) взамен полиэтилена ПЭ 80 (MRS 8,0) для изготовления труб позволяет уменьшить толщину стенки труб, их массу и материалоемкость.

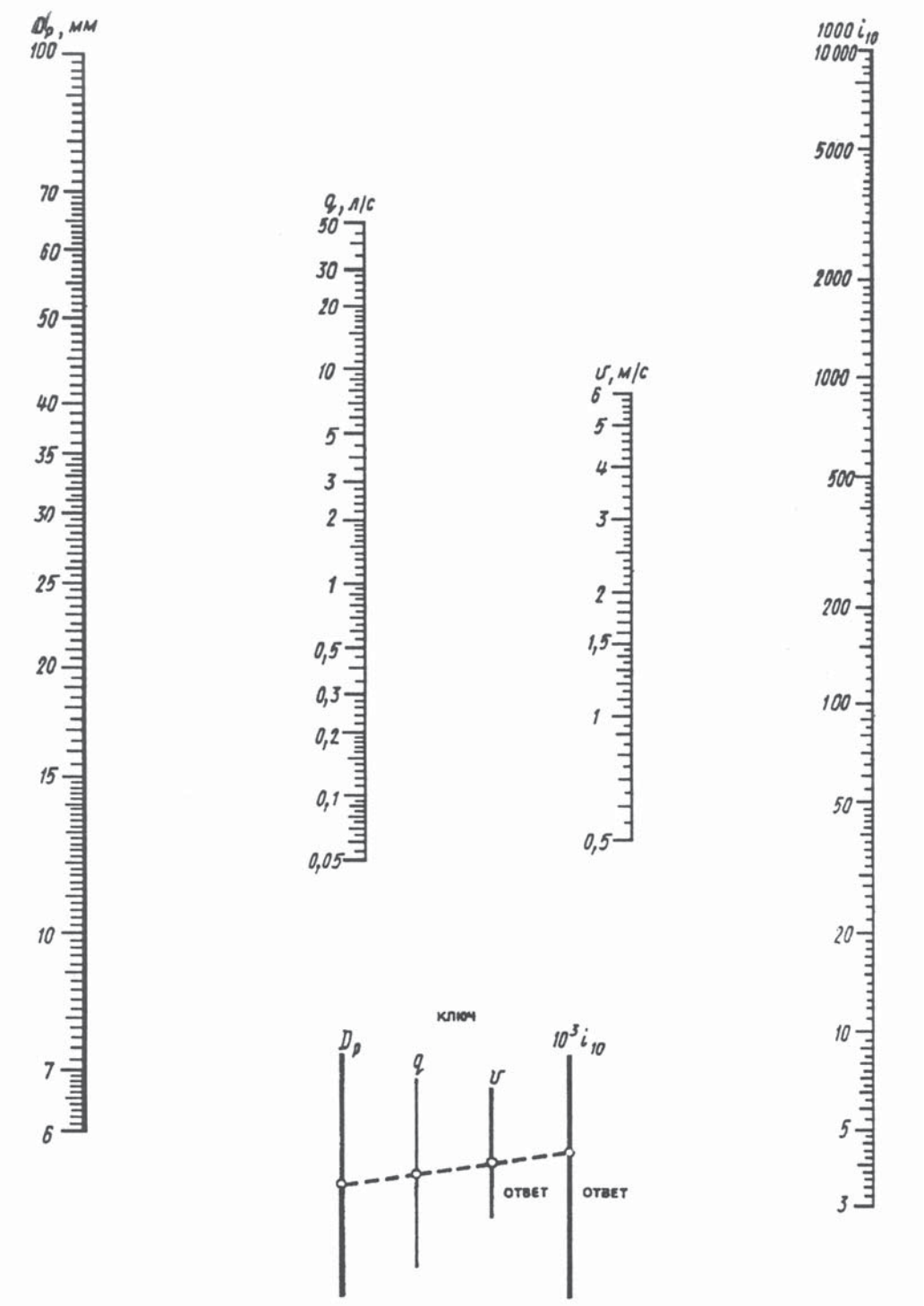


Рис.7.1. Номограмма для определения потерь напора в трубах диаметрами 6 -100 мм.

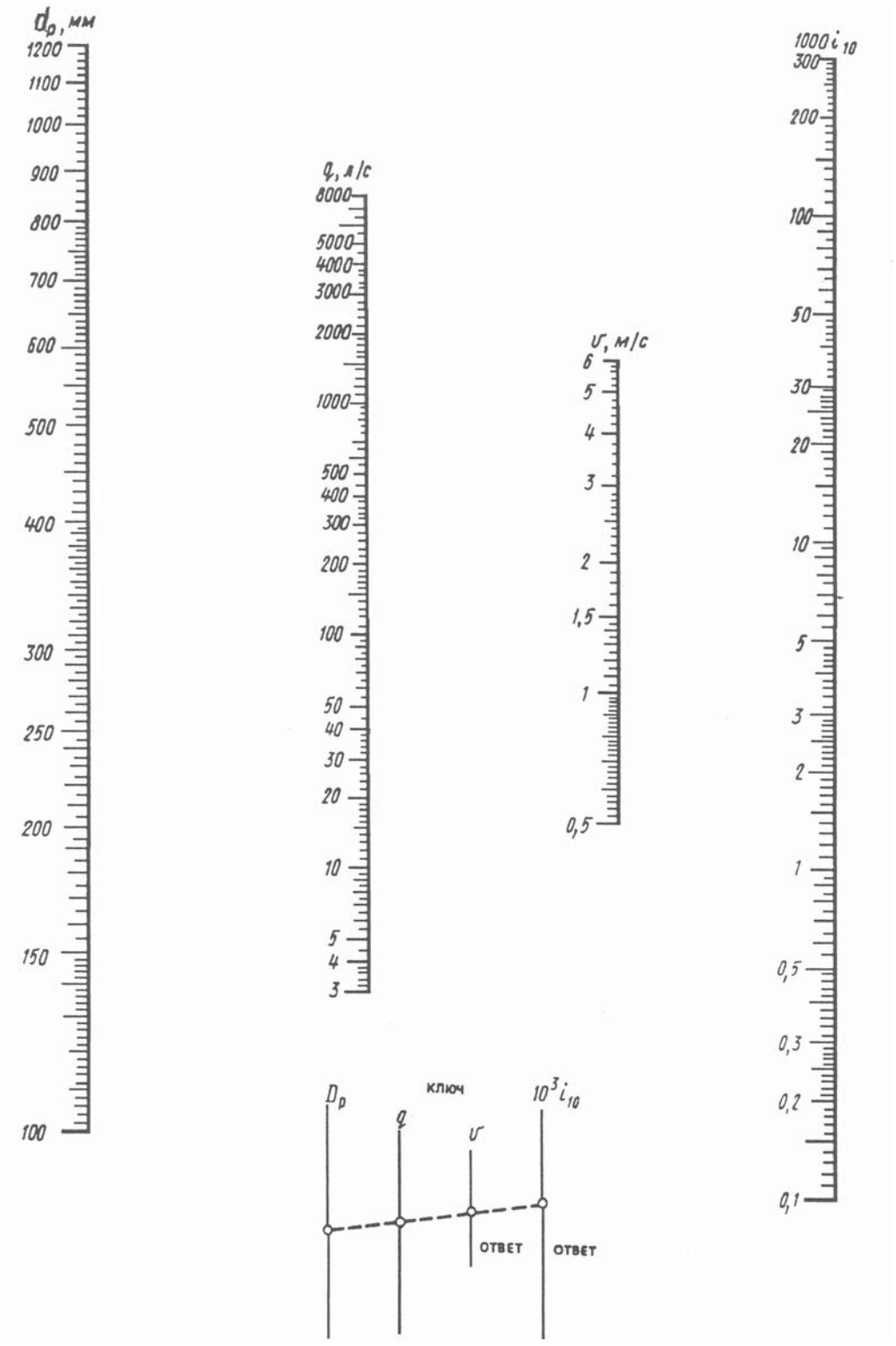


Рис. 7.2. Номограмма для определения потерь напора в трубах диаметрами 100–1200 мм

7.3. Особенности расчёта трубопроводов для гидросмесей

При транспортировании гидросмесей гидравлический расчёт должен учитывать особенности двухфазного потока.

К числу основных факторов относятся:

- плотность гидросмеси;
- концентрация твёрдых частиц;
- размер и форма частиц;
- скорость осаждения;
- возможность образования отложений;
- режим движения потока.

Методика расчёта должна приниматься в соответствии с требованиями технологической части проекта и нормативных документов, распространяющихся на конкретный вид транспортируемой среды.

Раздел 8.
Расчёт трубопроводов на прочность

8.1. Общие положения

Расчёт трубопроводов из труб TITAN на прочность выполняется с целью подтверждения их работоспособности при воздействии внутренних и внешних нагрузок в течение всего расчётного срока службы. При расчёте следует учитывать, что внутренний износостойкий слой предназначен исключительно для повышения стойкости к гидроабразивному износу и не участвует в восприятии внутреннего давления.

Все прочностные расчёты выполняются по толщине несущего слоя трубы. Расчёт следует выполнять в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, распространяющихся на полиэтиленовые напорные трубопроводы

8.2. Расчётные нагрузки

При проектировании необходимо учитывать совокупность нагрузок, действующих на трубопровод в течение эксплуатации

Таблица 8.1

Основные расчётные нагрузки

Вид нагрузки	Учитывается при расчёте
Внутреннее рабочее давление	Обязательно
Испытательное давление	Обязательно
Внешнее давление грунта	Для подземной прокладки
Временные транспортные нагрузки	При наличии движения транспорта
Собственный вес трубопровода	Для надземной прокладки
Масса транспортируемой среды	Для надземных трубопроводов
Температурные воздействия	При наличии перепадов температур
Ветровая нагрузка	Для открытой надземной прокладки
Снеговая и гололёдная нагрузки	При необходимости

Расчётная схема должна учитывать наиболее неблагоприятное сочетание нагрузок, характерное для условий эксплуатации объекта.

8.3. Расчёт внутреннего давления

Выбор класса трубы осуществляется исходя из максимального рабочего давления в трубопроводе.

При определении расчётного давления следует учитывать:
- номинальное рабочее давление;
- возможные гидравлические удары;
- пусковые режимы насосного оборудования;
- аварийные режимы эксплуатации;
- температурные поправочные коэффициенты.

Рабочее давление не должно превышать максимально допустимого значения для выбранного материала и значения SDR.

8.4. Расчёт подземных трубопроводов

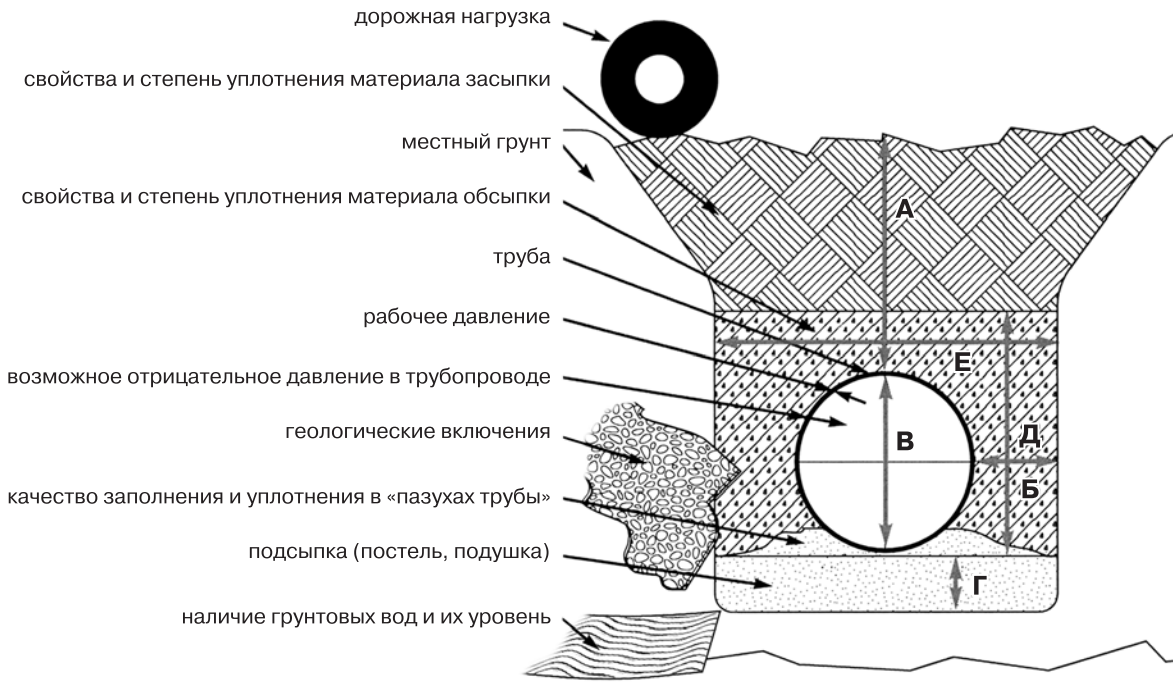
При подземной прокладке расчёт должен учитывать совместную работу трубы и окружающего грунта.

При этом принимаются во внимание:
- глубина заложения трубопровода;
- категория грунта;
- модуль деформации грунта;
- степень уплотнения обратной засыпки;
- наличие временных нагрузок от транспорта;
- уровень грунтовых вод.

При проектировании следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие равномерную передачу нагрузки на трубопровод и исключающие образование локальных концентраций напряжений.

8.5. Глубина заложения полиэтиленовых трубопроводов

Глубина заложения ПЭ трубы зависит от ее кольцевой жесткости и местных условий строительства и эксплуатации трубопровода.



А – расстояние до поверхности, **Б** – расстояние до стенки траншеи, **В** – диаметр трубы,
Г – толщина слоя основания трубопровода (постель, подушка, подсыпка), **Д** – толщина слоя обсыпки,
Е – ширина траншеи

Рис. 8.1. Факторы, оказывающие воздействие на заложенную в грунт трубу

Только комплексно рассчитав воздействие на трубопровод таких факторов, как нагрузка на поверхность, глубина заложения трубы, свойства и качество уплотнения материала обсыпки и засыпки, наличие грунтовых вод и геологических включений, можно сделать вывод о возможности применения той или иной трубы.

Как правило, принимается, что давление грунта компенсируется не только самой трубой (обладающей собственной кольцевой жесткостью), но и достаточно высоким рабочим давлением транспортируемой среды (6–16 атм), которое, как правило, намного превышает давление грунта на глубине 2–7 метров.

Рассматривая трубопровод, находящийся в безнапорном состоянии, необходимо осуществлять подбор труб исходя из того, чтобы собственной кольцевой жесткости трубы из ПЭ оказывалось достаточно для эффективного сопротивления давлению грунта в конкретных условиях.

Напорные трубы ИКАПЛАСТ из ПЭ обладают значительной собственной кольцевой жесткостью, достаточной для эффективного противодействия давлению грунта. В частности, трубы с SDR17 из ПЭ 100 (рабочее давление 10 атм) обладают кольцевой жесткостью 21,8 кПа, избыточной для обычных условий эксплуатации, и могут с успехом применяться в т. ч. в качестве защитных футляров.

Таблица 8.2

Ориентировочные (расчетные) значения кольцевой жесткости для полиэтиленовых труб

Класс полиэтилена	Стандартное размерное отношение							
	SDR41	SDR33	SDR26	SDR21	SDR17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9
	Кольцевая жесткость, кПа							
ПЭ80	1,1	2,2	4,6	8,3	15,9	30,3	57,1	106,6
ПЭ100	1,5	3,0	6,3	11,4	21,8	41,6	78,5	146,6

В то же время ПЭ трубы с большим SDR (и, соответственно, относительно небольшой толщиной стенки) также могут успешно закладываться в местах с высокой степенью давления на грунт. Важным фактором, влияющим на долговечность трубопровода, становится правильность устройства траншеи*.

Качество трамбовки и свойства заполняющего траншею материала оказывают в таких случаях существенное влияние на долговечность трубопровода.

При правильно устроенной траншее ПЭ труба, являясь трубой из эластичного и упругого материала, в случае появления поверхностной нагрузки на грунт ведет себя следующим образом (рис. 8.2 и 8.3):

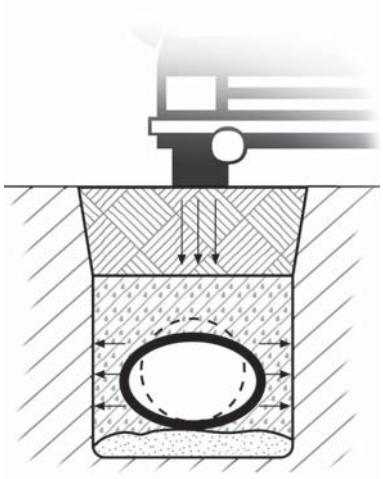


Рис. 8.2. Воздействие на полиэтиленовую трубу, ее деформация с передачей усилия на материал обсыпки

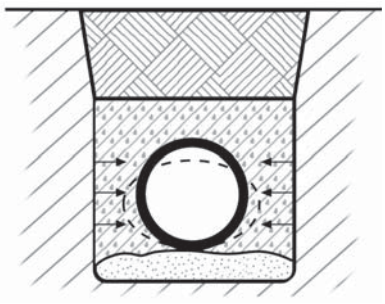


Рис. 8.3. Возвращение полиэтиленовой трубы в исходное положение благодаря ее свойствам (эластичность и упругость) и достаточному уплотнению заполняющего траншею материала

Таким образом, для напорных трубопроводов из ПЭ дополнительная защита в виде футляра, как правило, не требуется. Исключение составляют железнодорожные магистрали, пересечения с шоссейными дорогами (в условиях интенсивного движения транспорта). В качестве футляров используют полиэтиленовые трубы с SDR $\leq$ 17. При необходимости повышения надежности под коммуникациями любого назначения (например, водостоками) водопровод пропускают с использованием футляров.

8.6. Минимальная глубина заложения трубопроводов из ПЭ и их расположение относительно других коммуникаций

Во избежание перемерзания трубопровода минимальную глубину заложения необходимо устанавливать в соответствии с теплотехническими и прочностными расчетами, при этом она должна превышать глубину промерзания грунта в данной местности не менее чем на 0,5 м. В случае необходимости прокладки трубопровода с более мелким заложением следует предусматривать специальные меры против замерзания воды в трубах. Например, полиэтиленовый трубопровод в канале можно покрыть тепловой изоляцией, конструкция которой не поглощает влагу. Хотя **замерзание воды в полиэтиленовых трубах не вызывает разрушения их стенок**, в отличие от труб из чугуна и стали, однако наличие в трубопроводе ледяных пробок может нарушить нормальное функционирование сети.

В общих случаях не рекомендуется проектировать укладку водопровода из полиэтиленовых труб на глубину менее 1 м (только при отсутствии над трубопроводом движения транспорта, что для городских условий маловероятно, заглубление может быть меньшим – до 1,5 *D*).

** Траншея для прокладки напорных трубопроводов из ПЭ труб выполняется в соответствии с общими требованиями СНиП. Более подробно устройство траншеи для напорных трубопроводов из ПЭ рассмотрено в Разделе 9.*

При пересечениях с трубопроводами, транспортирующими воду питьевого качества, трубы TITAN следует прокладывать ниже на 0,4 м.

В случаях пересечений полиэтиленовых трубопроводов с теплопроводами и кабелями, полиэтиленовые трубы следует заключать в футляры из ПЭ труб или труб из других долговечных материалов с кольцевой жесткостью не менее 8 кН/м^2. Расстояние от стенок футляров до кабеля или стенки основания перекрытия канала теплосети должно быть таковым, чтобы при проведении ремонтных работ на других коммуникациях не был поврежден трубопровод из ПЭ.



Фото 8.1. Защитные муфты для входа в бетонный колодец

Проход полиэтиленового трубопровода при пересечении стенок колодцев (камер переключения, фундаментов зданий) проектируют с использованием защитных муфт для исключения передачи нагрузки на трубопровод при неравномерной осадке пересекаемого сооружения и трубопровода.

При параллельной прокладке с другими коммуникациями (кабельные сети, теплопроводы…) расстояние между полиэтиленовым трубопроводом и другими коммуникациями должно быть таковым, чтобы при ремонтных работах на этих коммуникациях полиэтиленовый трубопровод не был поврежден.

8.7. Глубина заложения трубопроводов из ПЭ и их расположение относительно других коммуникаций

При параллельной прокладке участки канализационных ПЭ трубопроводов следует проектировать, как правило, ниже водопроводных линий (в том числе и из полиэтиленовых труб), при этом расстояние между ними должно составлять не менее 1,5 м в свету.

ПЭ трубопроводы канализации могут размещаться выше трубопроводов хозяйственно-питьевого водоснабжения из пластмассовых труб, но при этом расстояние между ними (1,5 м) увеличивается на разницу в отметках заложения трубопроводов.

Канализационные трубы из ПЭ наружным диаметром до 160 мм допускается прокладывать выше вводов хозяйственно-питьевого водопровода в здания без заключения этих труб в футляры при расстоянии между стенками пересекающихся труб 0,5 м.

Канализацию из полиэтиленовых труб при пересечении с теплопроводами и кабелями, а также с железными и автомобильными дорогами, с трамвайными путями следует прокладывать в футлярах. Длина концов футляра, выступающих за пределы пересекаемого сооружения, должна быть больше наружного диаметра трубы на 200 мм при открытом способе работ. Зазор между ПЭ трубой и футляром следует заполнить цементно-песчаным раствором.

8.8. Глубина заложения технологических трубопроводов

Глубина заложения технологических трубопроводов определяется соответствующими нормами и требованиями проекта.

8.9. Расчёт надземных трубопроводов

Для надземной прокладки расчёт выполняется с учётом работы трубопровода как балки, расположенной на опорах.

При этом учитываются:
- собственный вес трубы;
- масса транспортируемой среды;
- расстояние между опорами;
- температурные деформации;
- ветровые нагрузки;
- дополнительные эксплуатационные нагрузки.

Особое внимание следует уделять расчёту прогибов между опорами и определению допустимого шага опор. При проектировании рекомендуется исключать возникновение дополнительных изгибающих моментов, вызванных неточностью монтажа или неравномерной осадкой опор.

8.10. Температурные деформации

Полиэтилен характеризуется относительно высоким коэффициентом линейного температурного расширения по сравнению с металлическими материалами. При изменении температуры трубопровод изменяет свои линейные размеры, что необходимо учитывать при проектировании.

При разработке проекта рекомендуется предусматривать мероприятия по компенсации температурных деформаций.

В зависимости от схемы прокладки могут применяться:
- естественная компенсация за счёт изменения направления трассы;
- П-образные компенсирующие участки;
- компенсационные петли;
- подвижные и неподвижные опоры.

Выбор способа компенсации определяется длиной трубопровода, диапазоном рабочих температур и конструктивной схемой его прокладки.

8.11. Выбор расстояния между опорами

При надземной прокладке расстояние между опорами должно определяться расчётом.

При выборе шага опор необходимо учитывать:
- наружный диаметр трубы;
- SDR;
- материал несущего слоя;
- температуру транспортируемой среды;
- плотность транспортируемой среды;
- допустимый прогиб трубопровода.

Использование чрезмерно больших пролётов приводит к увеличению изгибающих напряжений и прогибов, что может снизить долговечность трубопровода.

8.12. Расчет опор при укладке полиэтиленового трубопровода вне грунта

При **прокладке вне грунта** полиэтиленовый трубопровод проектируют и конструктивно выполняют так, чтобы он имел возможность свободно удлиняться при нагревании и укорачиваться при охлаждении без перенапряжения материала и соединений трубопровода.

Компенсация линейного температурного удлинения трубопровода из ПЭ при его прокладке вне грунта обеспечивается продольным прогибом труб при их прокладке в виде «змейки». Змейка выполняется свободным изгибом трубопровода. Также можно использовать установленные через определенные расстояния П-образные компенсаторы из сварных отводов.

Устройство опор рассчитывается таким образом, чтобы была возможность получить компенсацию теплового удлинения как в горизонтальном, так и вертикальном направлении.

Опоры должны выдерживать растягивающие нагрузки, которым подвергается труба. Для полиэтиленовых труб, прокладываемых вне грунта, монтаж предподчительнее производить тогда, когда температура окружающей среды равна или приближена к максимальной рабочей температуре. Таким образом, трубы будут находиться в состоянии максимального теплового удлинения. Прочное крепление труб в такой позиции предохраняет трубопроводы от усадки.

Во время остывания труб появляются растягивающие нагрузки, которые будут поддерживать трубопровод на прямой линии между опорами. Таким образом, во время нового нагрева могут появляться только минимальные прогибы трубопровода. Примерное предлагаемое расстояние между опорами для трубопроводов с SDR17 для транспортировки воды с температурой +20 ˚С, при сгибе трубы посередине пролета между опорами приводится в табл. 8.3. В случае транспортировки среды с температурой выше, чем +20 ˚С, расстояние между опорами необходимо уменьшить, а в случае температуры около +50 ˚С или выше рекомендуются сплошные опоры.

Таблица 8.3

Рекомендуемое максимальное расстояние между опорами, пример для SDR17; температура +20˚ С

Номинальный диаметр, мм	Максимальное расстояние, м
20	0,45
25	0,60
32	-
40	-
50	-
63	0,70
75	-
90	0,85
110	-
125	1,25
140	-
160	-
180	1,50
200	-
225	-
250	2,00
280	-
315	2,50
355	-
400	3,00
450	-
500	4,00

Раздел 9.
Монтаж трубопроводов из труб TITAN

9.1. Общие положения

Монтаж трубопроводов из труб TITAN выполняется по технологиям, применяемым для напорных полиэтиленовых труб. Наличие внутреннего износостойкого слоя не требует использования специального оборудования или изменения технологии сварки.

Работы должны выполняться обученным персоналом с применением исправного сварочного оборудования, прошедшего поверку или калибровку в установленном порядке.

До начала монтажа необходимо проверить соответствие поставленной продукции требованиям проектной документации.

9.2. Способы прокладки. Земляные работы

Технология прокладки трубопроводов из ПЭ в траншеях

Эластичность материала и малый вес ПЭ труб дает им определенные преимущества перед трубами из «жестких» материалов, таких как чугун и стеклопластик. В частности, при строительстве трубопроводов зачастую на бровке траншеи свариваются отдельные плети максимальной длины (от колодца до колодца), которые затем опускаются в траншею, где остается выполнить их подсоединение к арматуре или сварить несколько монтажных стыков.

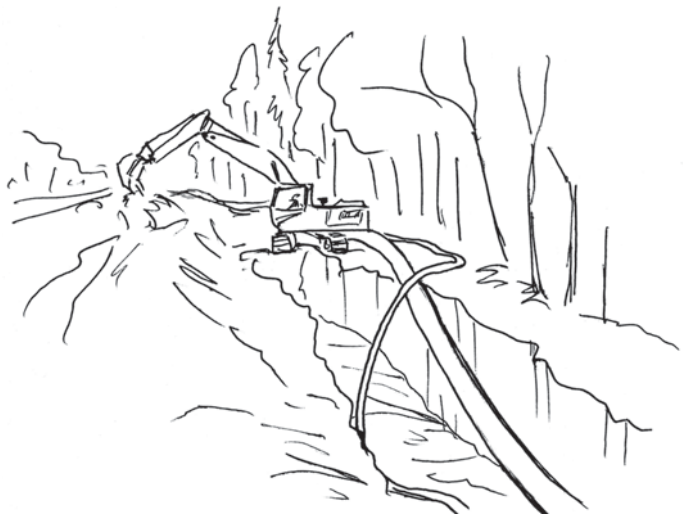


Рис. 9.1.1. Укладка в траншею трубопроводов, смонтированных на поверхности

Поскольку в этом случае можно значительно уменьшить ширину траншеи, это приводит к сокращению количества земляных работ, ограничению массы материала, поставляемого для подсыпки, и необходимости в его транспортировании. Хотя траншея может быть максимально узкой, она должна обеспечить возможность качественного уплотнения грунта.

Работы по устройству траншей для трубопроводов из ПЭ проводятся с соблюдением обычных мер безопасности.

Профиль траншеи

Профиль траншеи для прокладки полиэтиленовых трубопроводов определяется проектом. Ширина определяется исходя из условий обеспечения удобства проведения монтажных работ. На уровне горизонтального диаметра трубопровода ≤ 630 мм траншея должна соответствовать наружному диаметру трубы + 0,3 м. Для труб ≥ 710 мм + 0,4 м.

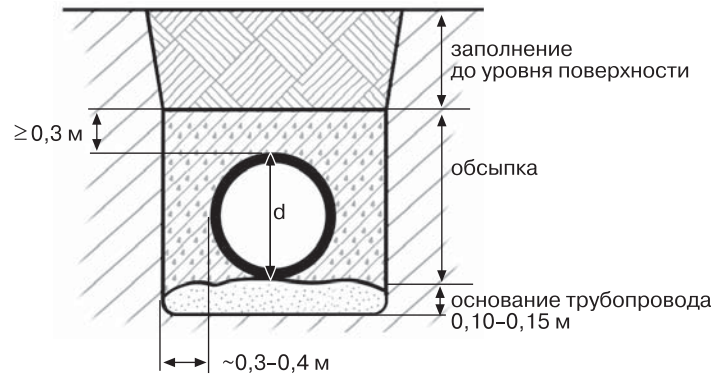


Рис. 9.1.2. Рекомендуемые параметры профиля траншеи

Дно траншеи

Дно траншеи должно быть выровнено, без промерзших участков,освобождено от камней и валунов. Места выемки валунов должны быть засыпаны грунтом, уплотненным до той же плотности, что и грунт основания.

В грунтах, склонных к смещению, или при большой вероятности вымывания грунтовыми водами материала подсыпки и обсыпки необходимо принять соответствующие **меры для сохранения грунта, окружающего трубу, в уплотненном состоянии**. В частности, дно траншеи может укрепляться геотекстильным материалом.

Основание для трубопровода

Нормальная толщина слоя подсыпки – 0,1 м. На скалистом грунте подсыпка устраивается в обязательном порядке. Если дно траншеи является скалистым или в дне траншеи находятся камни величиной свыше 60 мм, необходимо увеличение подсыпки до полного выравнивания дна траншеи.

Для подсыпки используется песок или гравий (максимальный размер зерен 20 мм). В отдельных случаях возможно применение материала с большим размером гранул. В любом случае, материал, применяемый для подсыпки, не должен иметь острых краев. Если местный грунт соответствует этим требованиям, выполнение подсыпки не обязательно.

Подсыпка должна быть ровной и не должна уплотняться. Уплотнению до плотности основного грунта подлежит материал, заполняющий углубления, образовавшиеся после выемки валунов и других крупных объектов.

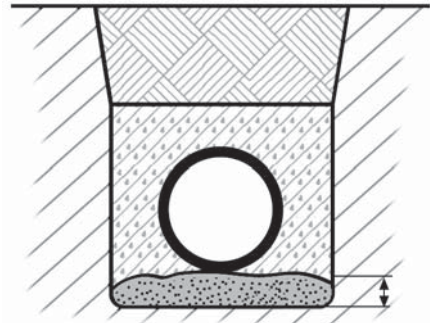


Рис. 9.1.3. Слой основания для трубопровода (подсыпка, подушка, постель)

Обсыпка трубопровода

Извлеченный при отрыве траншеи грунт может быть использован для выполнения обсыпки трубы, при условии, что в нем не содержится камней (максимально допустимый их размер – 20 мм, отдельные камни до 60 мм также могут быть оставлены в грунте). Если грунт для обсыпки предполагается уплотнять, то он должен быть пригодным для такой операции. Если извлеченный грунт не пригоден для обсыпки трубы, то для этой цели должен использоваться песок или гравий с размером фракции до 22 мм или щебень с рамером фракции 4–22 мм.

Обсыпка должна осуществляться по всей ширине траншеи до получения над поверхностью трубы (после трамбовки) слоя толщиной не менее 0,3 м. Первый слой не должен превышать половины диаметра трубы, но не более 0,2 м. Второй слой обсыпается до верха трубы, но также не более 0,2 м. Во время обсыпки грунт необходимо наносить с минимальной высоты. Нельзя сбрасывать массы грунта непосредственно на трубу. Обсыпка трубопровода обычно производится после окончания прокладки и приемки трубопровода. При использовании напорных труб ИКАПЛАСТ допускается полная засыпка трубопровода в траншее до проведения испытания на герметичность.

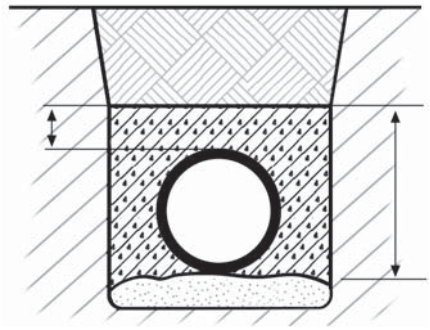


Рис. 9.1.4. Обсыпка трубопровода

Уплотнение грунта

Грунтовая обсыпка, уплотненная в пазухах трубопровода, обеспечивает некоторое снижение растягивающих усилий на боковые стенки труб от внутреннего давления транспортируемой среды. Степень уплотнения зависит от предназначения территории над трубопроводом и должна определяться проектом.

Чтобы избежать просадки грунта над трубопроводом, находящимся под дорогами, рекомендуется уплотнение заполнения не менее 95% модифицированной величины Проктора.

Для глубоких траншей (свыше 4 м) степень уплотнения – 90%. Для остальных случаев – 85% или согласно указаниям, данным в проекте. Трамбовку необходимо производить слоями толщиной от 0,1 до 0,3 м, утрамбовывая каждый слой. Толщина утрамбовываемых слоев зависит от оборудования и условий уплотнения. При выполнении этой задачи необходимо быть внимательным. Уплотнение первого слоя (до уровня оси трубы) не должно привести к ее поднятию. Трамбовку необходимо выполнять одновременно с двух сторон трубопровода во избежание его перемещения. При подсыпке грунта и засыпке трубопровода следует следить, чтобы грунт не содержал крупных включений. Трамбовку грунта непосредственно над трубой производят, предварительно обеспечив расстояние не менее 0,3 м до ее поверхности.

Таблица 9.1.1

Толщина уплотняемых слоев и количество трамбовочных проходов

Способ уплотнения	Количество проходов для достижения требуемой категории уплотнения по стандарту Проктора, %		Максимальная толщина уплотняемого слоя, м			Минимальный слой обсыпки над верхом труб до уплотнения, м
	93	88	гравий, песок	взрыхленная плотная глина	сыпучая глина	
Уплотнение ногами	-	3	0,15	0,10	0,10	0,20
Уплотнение ручным штампом, весом мин. 15 кг	3	1	0,15	0,10	0,10	0,20
Уплотнение виброштампом, весом мин. 70 кг	3	1	0,10	-	-	0,15
Уплотнение вибрационной плитой, весом мин. 50 кг	4	1	0,10	-	-	0,15
мин. 100 кг	4	1	0,15	-	-	0,15
мин. 200 кг	4	1	0,20	-	-	0,20
мин. 400 кг	4	1	0,30	0,15	-	0,30
мин. 600 кг	4	1	0,40	0,15	-	0,50

Примечание: крупнозернистые материалы, такие как щебень с размером фракции 8–12 мм, 8–16 мм или галька 8–22 мм, являются самоуплотняющимися материалами, и при их использовании для засыпки слоями толщиной 0,15–0,20 м обеспечивается уплотнение > 93% модифицированной величины Проктора.

Окончательная засыпка траншеи

К окончательной засыпке траншеи можно приступать после выполнения засыпки трубопровода и трамбовки грунта. Во время выполнения засыпки над трубопроводом рекомендуется поместить сигнальную ленту. Над газопроводами предупредительная лента помещается в обязательном порядке. Для того чтобы в дальнейшем легче было идентифицировать трубопроводы, применение такой ленты рекомендуется также на других трубопроводах.

Для засыпки можно применять грунт, вынутый из траншеи, или другой, согласно указаниям проекта. Диаметр частиц материала, применяемого для засыпки траншеи, не должен превышать 300 мм. Нельзя сбрасывать в траншею камни, щебень с острыми краями и больших размеров. Грунт не должен быть замороженным и окомкованным.

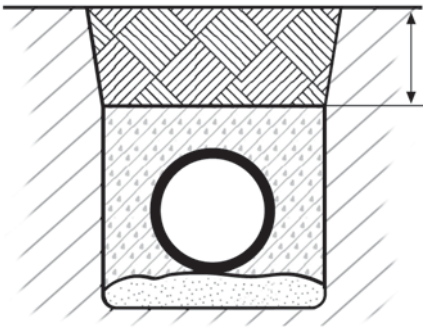


Рис. 9.1.5. Окончательная засыпка траншеи

Изгиб ПЭ трубы при монтаже

Благодаря такому преимуществу напорных труб из ПЭ, как гибкость, изменение направления на трассе полиэтиленового трубопровода можно выполнить путем допустимого изгиба трубы. В таких случаях отпадает необходимость в применении отводов. Радиус изгиба полиэтиленовой трубы зависит от таких факторов, как диаметр, SDR, условия прокладки и т. п.

Рекомендуемый минимальный радиус изгиба для полиэтиленовых труб с SDR11; SDR13,6; SDR17; SDR17,6 не может быть меньше, чем $R \geq 20 \cdot d$. Если прокладка трубопровода выполняется при низкой внешней температуре или по нему будет транспортироваться вода с низкой температурой, радиус изгиба должен быть увеличен: мин. $R \geq 35 \cdot d$. Для тонкостенных трубопроводов с SDR21; SDR26; SDR33 и SDR41 минимальный радиус изгиба также должен быть увеличен.

В случаях поставки труб в бухтах необходимо их укладывать в траншеях в таком направлении изгиба, с каким они были первоначально намотаны на заводе.

Бестраншейные технологии прокладки ПЭ трубопроводов

Бестраншейные технологии позволяют избежать затрат, связанных с раскопкой траншеи, ее засыпкой, уплотнением, трамбовкой и т. п. Не требуется останавливать дорожное движение. Практически ликвидируются затраты, связанные с изготовлением новых поверхностей (после засыпки открытой траншеи), временных дорог, объездов, а также другие связанные с этим затраты.

Прокладка методом горизонтально-направленного бурения в грунте (прокол, метод крота)

Метод горизонтально-направленного бурения является наиболее популярным и широко применяемым. Он весьма экономичен в ситуациях, когда необходимо проложить трубопровод под проезжей частью и нет возможности проводить прокладку в открытых траншеях. Метод позволяет с точностью до нескольких сантиметров прокладывать под землей ПЭ трубы длиной более 100 м и диаметром до 630 мм и более.

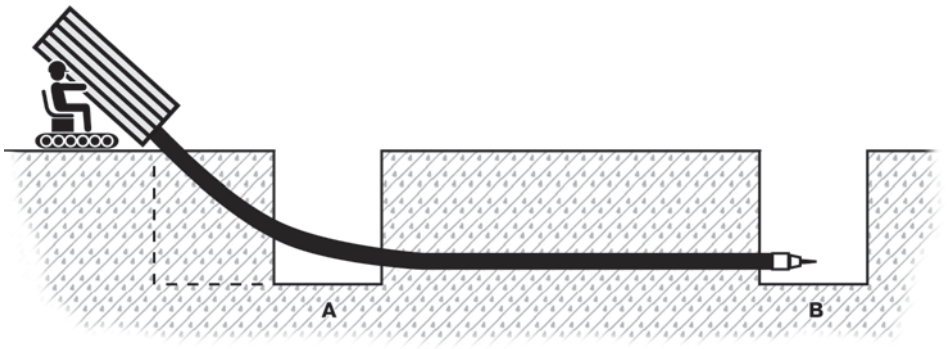


Рис. 9.1.6. Прокладка методом горизонтально-направленного бурения

В выполняемых работах по прокладке трубопровода данным методом (рис. 9.1.7) можно условно выделить три этапа.

На первом этапе специальная бурильная установка производит бурение по заданной траектории (от отметки *A* к отметке *B*). При этом бур имеет меньший диаметр, чем предназначенная к протаскиванию труба.

На втором этапе в точке *B* производится подготовка к протаскиванию трубопровода: бурильная головка заменяется на головку большего диаметра, за ней прикрепляется приготовленная к протаскиванию* ПЭ труба.

На третьем этапе происходит непосредственное протаскивание трубопровода от отметки *B* до отметки *A*. Бурильная установка втягивает ПЭ трубу в подготовленный на первом этапе канал. При этом первой идет головка, имеющая несколько больший диаметр, чем прикрепленная за ней труба.

Напорная труба из ПЭ – наиболее подходящий материал для прокладки методом горизонтально-направленного бурения. Полиэтиленовые трубы ИКАПЛАСТ обладают достаточной гибкостью и прочностью, способны выдерживать значительные растягивающие нагрузки.

Как правило, для бестраншейной прокладки не возникает необходимость в применении каких-либо специальных ПЭ труб и применяются обычные напорные ПЭ трубы на соответствующие рабочие давления.

Подробную консультацию об особенностях применения напорных труб из ПЭ для горизонтально-направленного бурения можно получить у специалистов ИКАПЛАСТ.

Прокладка протягиванием с одновременным разрушением старой трубы или без такового

К наиболее распространенным бестраншейным технологиям относится технология «релайнинг» с протаскиванием ПЭ трубы сквозь изношенный трубопровод, как без разрушения, так и с разрушением последнего.

9.3. Способы соединения полиэтиленовых труб. Требования к соединениям

Важнейшим требованием, предъявляемым к соединениям, является надежность, под которой понимают их равнопрочность трубопроводу в эксплуатационных условиях.

В зависимости от функционального назначения соединения разделяют на две группы: неразъемные, т .е. такие, разборка которых невозможна, и разъемные, которые можно разобрать в течение срока эксплуатации.

Разъемные соединения

Полиэтиленовые трубы TITAN соединяются с запорной и регулирующей арматурой. Наиболее распространенный вид разъемных соединений – фланцевое соединение. Это соединение выполняют с помощью втулки под фланец, привариваемой к концу ПЭ трубы, и свободного металлического фланца.

Выбор запорной, регулирующей и другой арматуры, устанавливаемой на полиэтиленовых трубопроводах, проводится в соответствии со стандартами, техническими условиями, каталогами, параметрами транспортируемых веществ, с учетом требований проекта и условий эксплуатации.

Напорные полиэтиленовые трубопроводы соединяются с трубопроводами из других материалов с помощью разъемных стальных фланцевых соединений.

** Используются полиэтиленовые трубы, поступившие в бухтах или сваренные в плеть на месте.*

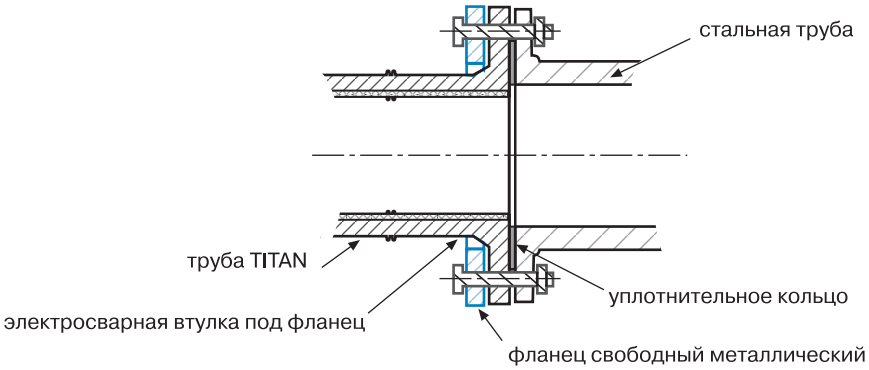


Рис. 9.2.1. Схема фланцевого соединения

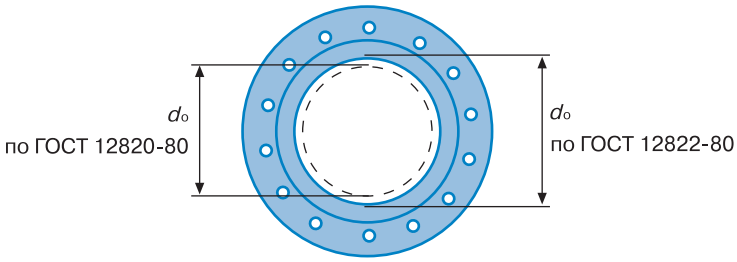


Рис. 9.2.2. Фланец свободный металлический по ГОСТ 12822-80 отличается от фланца приварного по ГОСТ 12820-80 только увеличенным внутренним диаметром d_o, что позволяет свободно надеть его на ПЭ трубу

Для труб малых диаметров (50 мм и менее), т. е. там, где фланцевые соединения, соединения методом стыковой сварки экономически нецелесообразны или практически невозможны, используются компрессионные фитинги (обжимные фитинги, цанговое обжимное соединение).



Фото 9.2.1. Компрессионные (обжимные) фитинги.

Неразъемные соединения

Неразъемные соединения ПЭ труб получают сваркой. Хорошая свариваемость является одним из важнейших факторов, определивших широкое применение ПЭ труб.

При строительстве напорных полиэтиленовых трубопроводов в основном используется **сварка нагретым инструментом встык**.

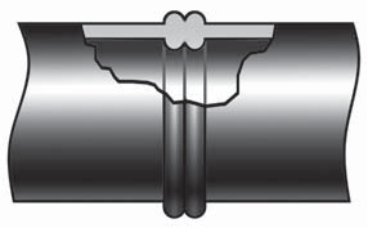


Рис. 9.2.3. Соединение труб сваркой встык

Качественная сварка нагретым инструментом встык обеспечивает равнопрочность сварных швов труб из ПЭ и характеризуется следующими показателями: при сварке встык (в отличие от сварки враструб) соединение труб между собой не требует дополнительных деталей (муфт) и выполняется одним швом; выделение вредных газообразных продуктов разложения полимерного материала при сварке встык незначительно. Сварка встык производится с помощью специального оборудования. Сварка труб между собой и с фасонными деталями может выполняться в полевых условиях.

Отводы, тройники и другие соединительные детали заранее изготавливаются на более сложном оборудовании в заводских условиях.



Фото 9.2.2. Производство соединительных деталей ИКАПЛАСТ в заводских условиях

В стесненных условиях, когда применение стыковой сварки невозможно, применяется сварка деталями с закладным нагревательным элементом (деталями с ЭН).

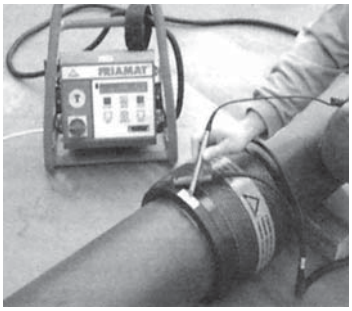


Фото 9.2.3. Сварка муфтой с ЭН

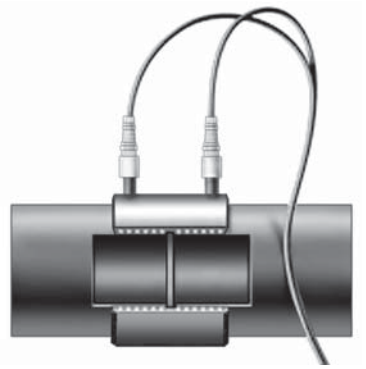


Рис. 9.2.4. Соединение труб муфтой с ЭН

Использование муфт с ЗН позволяет сваривать трубы с различной толщиной стенки, в то время как при стыковой сварке могут соединяться трубы только с одинаковой толщиной стенки.

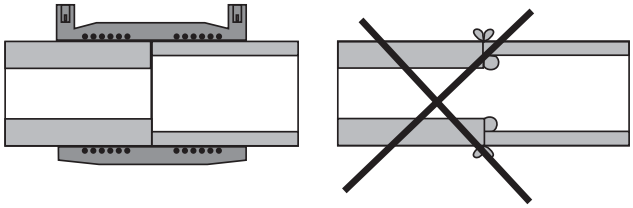


Рис. 9.2.4. Использование муфты с ЗН позволяет сваривать трубы с различным SDR

Сварка деталями с закладным нагревательным элементом так же является основным видом сварки для ПЭ труб малых диаметров (менее 50 мм)*. При этом способе соединения увеличивается площадь сварного шва, а также обеспечивается определенная самоцентровка трубы.

Таблица 9.2.1

Типы неразъемных соединений напорных труб из ПЭ

Тип неразъемного соединения	Диаметр труб, мм
Торцевая сварка	63–1200
Электросварная муфта (муфта с ЗН)	16–800

Технология получения сварных соединений полиэтиленовых труб

При **сварке нагретым инструментом встык** трубы соединяются между собой оплавленными торцами (контактная тепловая сварка).

Этот способ сварки является доминирующим при соединении труб с толщиной стенки более 4 мм. Для нагрева инструмента используется электрический ток.

Важное место вслед за сваркой нагретым инструментом занимает сварка труб деталями с закладными нагревателями, которая показала наибольшую эффективность при соединении труб малого диаметра и при выполнении соединений в труднодоступных местах. При **сварке деталями с закладными электронагревателями** трубы соединяются между собой при помощи специальных полиэтиленовых соединительных деталей, имеющих на внутренней поверхности встроенную электрическую спираль из металлической проволоки. Получение сварного соединения происходит в результате расплавления полиэтилена на соединяемых поверхностях труб и деталей за счет тепла, выделяемого при протекании электрического тока по проволоке спирали.

Давление в зоне сварки создается за счет теплового расширения трубы. Цифрами «1» и «2» (рис. 9.2.6) показаны «холодные» зоны, препятствующие вытеканию расплава из зоны сварки.

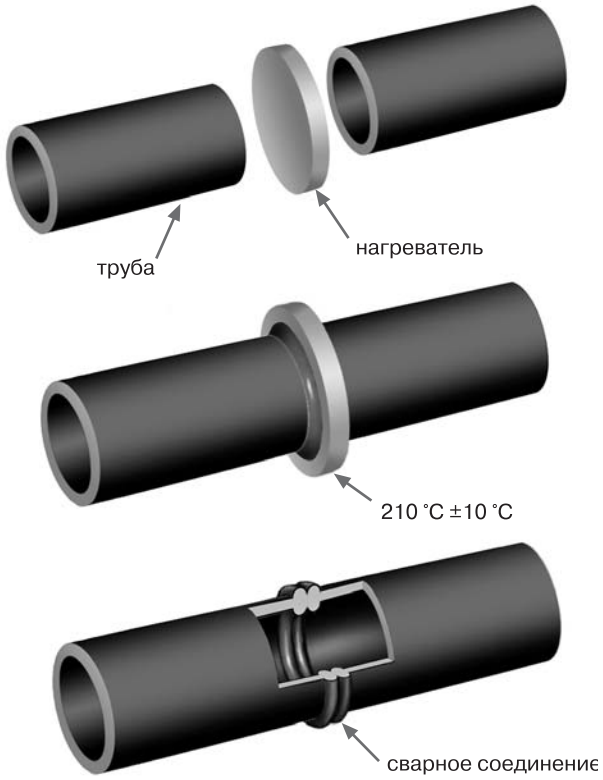


Рис. 9.2.5.
Принцип получения стыкового сварного соединения

** При сварке встык малых (50 мм и менее) диаметров валик шва существенно влияет на площадь проходного сечения. Для тонкостенных труб (с учетом допусков на наружные диаметры и толщины стенок) смещение кромок может быть сравнимым с толщиной стенки. В связи с этим стыковая сварка малых диаметров заменяется на сварку с помощью электромуфты или разъемное соединение компрессионным фитингом.*

Поскольку полиэтилен по своим реологическим свойствам относится к группе хорошо свариваемых материалов (температурный интервал вязкотекучего состояния ΔT более 70 °С, минимальная вязкость расплава менее 10^3 Па·с), вышеописанные способы показали свое преимущество перед другими в силу своей технической простоты и достаточной надежности.

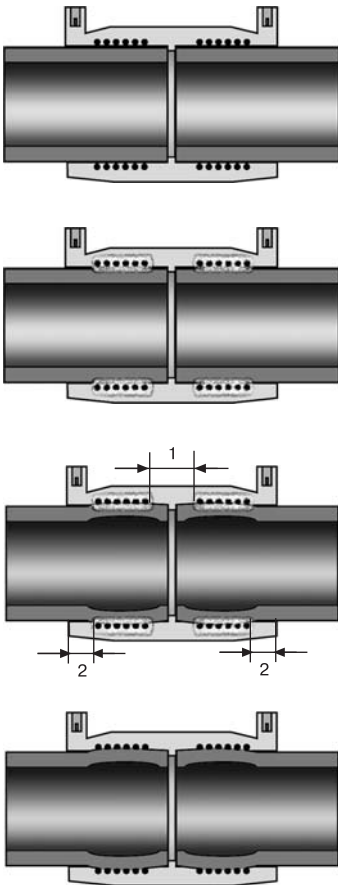


Рис. 9.2.6.
Процесс сварки муфтой с ЗН

Организация проведения сварочных работ

Сварочно-монтажные работы обычно начинаются после того, как определена трасса и составлен акт разбивки и передачи трассы для подземного трубопровода.

В период монтажа трубопроводов трубы периодически вывозят на объект строительства, где для них устраивают временную площадку для хранения (до постепенного использования всех труб). Рекомендуется вывозить то количество труб, которое соответствует сменной выработке. В качестве временной площадки выбирают возвышенный ровный участок, который оборудуют непрозрачным навесом или тентом для защиты труб от прямых солнечных лучей.

Перед размещением сварочного оборудования должны быть полностью закончены работы по разбивке трассы. Рекомендуется провести предварительную расчистку трассы, для того чтобы образовалась спланированная полоса шириной 1,5 м для размещения сварочного оборудования. Сварочное оборудование размещают на участках, куда невозможен приток дождевых или талых вод. В случаях проведения сварочных работ вдоль автодорог вокруг места их проведения выставляются предупредительные знаки. Должно быть предусмотрено обеспечение безопасности работающих от заноса транспортных средств и воздействия выхлопов двигателей.

При размещении сварочного оборудования для стыковой сварки торцовочное устройство и нагреватель располагают в непосредственной близости от центратора со стороны, свободной от складированных труб. Во избежание загрязнений и повреждений торцеватель и нагреватель должны находиться в транспортном контейнере. Автономный источник электроснабжения располагают на расстоянии в несколько метров с подветренной стороны. Перед началом работ принимаются необходимые меры по защите людей от поражения электрическим током (защитное заземление, разделительные трансформаторы и другие мероприятия, предусмотренные Правилами устройства электроустановок). В случае проведения сварочных работ в темное время суток организуется местное освещение. Потребность в защитных палатках, защищающих место сварки от влаги и ветра, определяется в зависимости от климатических условий (во время дождя, снегопада, тумана и при ветре свыше 10 м/с).

К производству работ по сварке и контролю за ее проведением допускаются аттестованные сварщики и специалисты сварочного производства, прошедшие специальную подготовку и аттестацию с проверкой теоретических и практических навыков и имеющие удостоверение установленной формы. Желательно, чтобы срок действия их квалификационных удостоверений перекрывал планируемый срок выполнения работ. Сведения о сварщиках и выполняемых ими работах должны ежедневно фиксироваться в журнале сварочных работ. **Журнал сварочных работ** является основным первичным производственным документом, отражающим технологическую последовательность, сроки, качество выполнения сварочных работ.

Сварка встык: порядок выполнения операций

Сваркой нагретым инструментом встык соединяются полиэтиленовые трубы диаметром от 50* до 1200 мм.

** С толщиной стенки не менее 4 мм.*

Работы по стыковой сварке должны производиться при температуре воздуха от –10 до + 30 °С. На приведенные температурные интервалы, как правило, рассчитаны стандартные технологические режимы сварки. При более широком интервале температур сварочные работы следует выполнять в помещениях (укрытиях), обеспечивающих соблюдение заданного температурного интервала.*

Производство сварочных работ заключается в подготовительных операциях и собственно сварке труб. Подготовительные операции включают:

- подготовку и проверку работоспособности сварочного оборудования;
- подготовку места сварки и размещение сварочного оборудования;
- выбор необходимых параметров сварки;
- закрепление и центровку труб и деталей в зажимах центратора сварочной машины;
- механическую обработку свариваемых поверхностей труб и деталей.

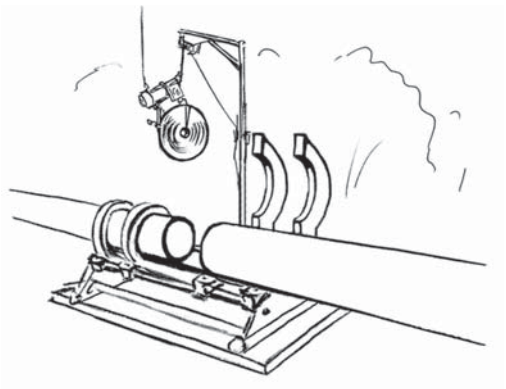


Рис. 9.2.7. Закрепление и центровка труб в зажимах центратора сварочной машины

При подготовке сварочного оборудования подбираются зажимы и вкладыши, соответствующие диаметру свариваемых труб. Вкладыши зажимов должны быть чистыми, без сколов и заусенцев, которые могли бы повредить поверхность труб. Трущиеся поверхности металлических деталей покрываются смазками по рекомендациям изготовителя. Рабочие поверхности нагревателя и инструмента для обработки полиэтиленовых труб очищаются от пыли и остатков полиэтилена при помощи чистых и сухих хлопчатобумажных или льняных тканей (или деревянных лопаточек), а при необходимости протираются растворителями. Очистку нагревателя от остатков налипшего полиэтилена производят в горячем состоянии. Электрические кабели полностью разматывают и присоединяют к автономным источникам питания или электрической сети.

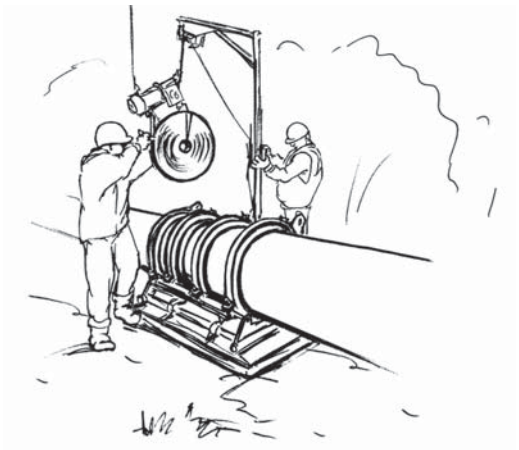


Рис. 9.2.8. Введение торцевателя для механической обработки торцов свариваемых поверхностей труб

Работоспособность оборудования определяется при визуальной проверке комплектующих узлов сварочных машин, аппаратов, приспособлений и их контрольном включении. У сварочных машин стыковой сварки проверяют плавность перемещения подвижного зажима центратора и работу торцевателя. Особое внимание уделяется визуальной проверке изоляции электрических кабелей и заземлителей. Электроагрегаты автономного электропитания должны быть заправлены топливом и проверены на исправность контрольным запуском.

Размещение сварочного оборудования должно производиться на заранее расчищенной и спланированной площадке или трассе трубопровода после складирования на ней полиэтиленовых труб. При необходимости место сварки защищают от атмосферных осадков, пыли и песка при помощи тентов или палаток.

В сырую и дождливую погоду можно рекомендовать устанавливать сварочное оборудование на деревянные щиты. При сварке встык свободный конец трубы или плети закрывают инвентарными заглушками для предотвращения сквозняков внутри свариваемых труб.



Рис. 9.2.9. Палатка для защиты от неблагоприятных погодных условий

** Сварка труб при температурах ниже –10 °С также нежелательна, т. к. возможно переохлаждение расплава в технологической паузе. Кроме того, слишком быстрое охлаждение вызывает в зоне сварки значительные внутренние напряжения, которые не успевают сглаживаться (за счет перехода части деформаций в высокоэластичные) до того, как к швам прикладываются дополнительные монтажные нагрузки (от выемки труб из зажимов сварочной машины, перемещения плетей вдоль траншеи и пр.). Таким образом, установленный для сварки интервал температур окружающего воздуха (от –10 до + 30 °С) является максимально допустимым с точки зрения обеспечения надежности сварных соединений. Если в технических условиях, стандартах или сертификатах на материалы определена возможность особого технологического режима сварки при более широком диапазоне температур окружающего воздуха, чем указано выше, то создание укрытий не требуется.*

Основными параметрами при сварке нагретым инструментом встык являются температура нагретого инструмента ($T_н$) и величины давления ($P_{оп}$, $P_н$ и $P_{ос}$) и времени ($t_{оп}$, $t_н$, $t_п$, $t_д$ и $t_{охл}$). Для машин с ручным управлением технологический параметр $t_д$ (время нарастания давления осадки) может не нормироваться из-за сложности его реализации. Значение параметров принимается в соответствии с рекомендациями завода – изготовителя сварочного оборудования. Для автоматизированных машин значения параметров, как правило, занесены в блок памяти управляющего устройства или считываются при помощи фотооптического карандаша с пластиковой карточки. Как правило, в этом случае изменение параметров или невозможно, или может производиться только после считывания блоком автоматики кода со специальной управляющей карточки («мастер-карты»).

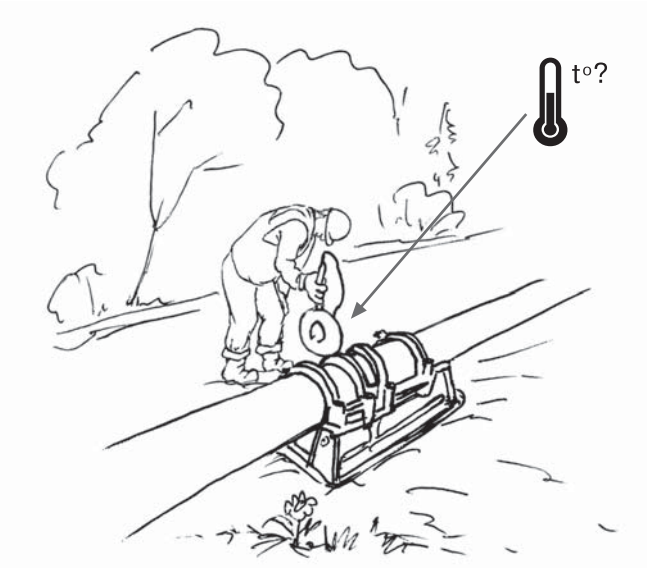


Рис. 9.2.10. Контроль температуры на поверхности нагревателя

Настройка температуры нагревателя производится с помощью поворотной кнопки на панели управления регулятора температуры. О температуре на поверхности зеркала нагревателя судят по индикаторным светодиодам, имеющим, как правило, красный и зеленый цвета. Постоянное свечение красного светодиода и мигание зеленого обозначают, что фактическая температура ниже установленной. Достижение необходимой температуры индицируется постоянным свечением зеленого светодиода. Отключение зеленого светодиода обозначает перегрев рабочих поверхностей. Прочность шва снижается как при понижении, так и при повышении температуры расплава, поэтому большинство опасных дефектов возникает именно при перегреве или недогреве торцов свариваемых труб.

Значения температуры нагрева, указанные на панели управления регулятора температуры, имеют информационный характер. Поэтому перед началом сварочных работ рекомендуется **проконтролировать достигнутую температуру на поверхности зеркала нагревателя при помощи контактного цифрового термометра**.

При невозможности постоянного контроля температуры зеркала нагревателя с помощью контактного цифрового термометра необходимо проводить такой контроль периодически (не реже одного раза в неделю).

Сборку свариваемых труб и деталей, включающую установку, центровку и закрепление свариваемых концов, производят в зажимах центратора сварочной машины. Рекомендуемый вылет концов труб из центратора при стыковой сварке составляет 30–50 мм (деталей с короткими хвостовиками – не менее 5 мм). Зажимы стягивают так, чтобы предотвратить проскальзывание труб при приложении к ним усилия сварки и устранить (насколько это возможно) овальность на торцах. **Под свободные концы труб устанавливают опоры, чтобы выровнять их в горизонтальной плоскости.** Опоры должны быть устойчивыми и предусматривать возможность необходимого перемещения трубы в горизонтальной плоскости.

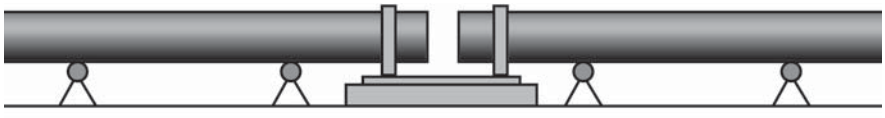


Рис. 9.2.11. Правильное положение труб при сварке достигается с помощью специальных опор

Для труб больших диаметров это является крайне важным, так как обладающая достаточным собственным весом труба может повлиять на положение свариваемого конца и сместить его под углом к вертикали. Это является прямым нарушением технологии и качество сварки не может быть гарантировано. **Особое внимание расположению опор уделяется при использовании сварочных машин, имеющих только по одному зажиму для каждой трубы** (двухзажимные сварочные машины).

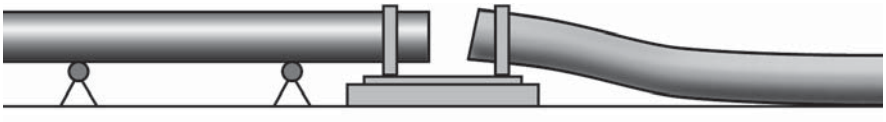


Рис. 9.2.12. Без применения опор труба большого диаметра может сместить свариваемый конец под углом к вертикали, что делает качественную сварку невозможной

Требование по установке опор действует и при сварке трубы с соединительными деталями. Концы труб и деталей при сварке нагретым инструментом встык центрируют по наружной поверхности таким образом, чтобы максимальная величина смещения кромок не превышала 10% номинальной толщины стенки свариваемых труб. Необходимость точной подгонки объясняется тем, что чрезмерное смещение кромок труб отрицательно сказывается на качестве стыков. Подгонку труб при центровке осуществляют поворотом одной или обеих труб вокруг оси, перестановкой опор под трубами на различном расстоянии, использованием прокладок и другими способами. При разнице в толщине стенок свариваемых труб или деталей на трубе (детали), имеющей большую толщину, делают скос по углом 15 ± 3 ˚ к оси трубы до толщины стенки тонкой трубы (детали). Скос выполняют острым ножом или резцом в специальном приспособлении.

Закрепленные и сцентрированные концы труб и деталей перед сваркой подвергают механической обработке. Обязательно удалите внутренний износостойкий слой с торца на глубину 5–30 мм (в зависимости от диаметра), чтобы в шве контактировал только несущий слой. У труб с наружным покрытием или слоем снимите его на длину захвата в центраторе (обычно 50–100 мм). Зачистку поверхностного слоя выполняйте только специальным скребками (глубина 0,2–0,5 мм). УШМ, напильники, наждачка – запрещены.

Контролируйте грат: ширина и высота – не хуже ±20% от эталонного образца.Обработка концов труб под стыковую сварку производится при помощи специального торцевателя из комплекта сварочной машины. При обработке толщина снимаемой стружки должна составлять 0,1–0,3 мм.

После торцевания труб проверяется наличие зазоров между ними. Между торцами, приведенными в соприкосновение, не должно быть зазоров, превышающих: 0,3 мм – для труб диаметром до 110 мм; 0,5 мм – для труб диаметром свыше 110 мм до 225 мм; 0,7 мм – для труб диаметром свыше 225 мм до 400 мм; 1,0 мм – для труб диаметром более 400 мм.

После механической обработки загрязнение поверхности торцов не допускается. Удаление стружки изнутри трубы или детали производят с помощью кисти, а снятие заусенцев с острых кромок торцов – с помощью ножа. Перед сваркой труб нагретым инструментом встык производят измерение потери давления холостого хода ($P_х$).

Сварка труб нагретым инструментом встык ведется в следующей последовательности:

- замеряют давление (или усилие), необходимое на перемещение подвижного зажима с установленной в нем трубой ($P_х$);
- устанавливают между торцами труб нагретый инструмент (нагреватель), имеющий заданную температуру;
- проводят процесс оплавления, для чего прижимают торцы труб к нагревателю и создают требуемое давление $P_{оп}$ с учетом давления холостого хода ($P_{оп} + P_х$);
- выдерживают $P_{оп}$ в течение времени $t_{оп}$, необходимого для появления по всему периметру оплавляемых торцов первичного грата высотой от 0,5 до 2,0 мм;
- после появления первичного грата снижают давление до величины, соответствующей $P_н$ с учетом давления холостого хода ($P_н + P_х$), и выдерживают его в течение времени, необходимого для прогрева торцов труб ($t_н$);
- по окончании процесса прогрева отводят подвижный зажим центратора на 5–6 см назад и удаляют нагреватель из зоны сварки ($t_{тп}$);
- сводят торцы труб до соприкосновения и создают требуемое давление при осадке $P_{ос}$ с учетом давления холостого хода ($P_{ос} + P_х$);
- выдерживают давление осадки в течение времени $t_{охл}$, необходимого для остывания стыка, и визуально контролируют полученное сварное соединение по размерам и конфигурации грата;
- извлекают трубы из зажимов центратора и проставляют на сварном соединении его порядковый номер краской или маркерным карандашом.

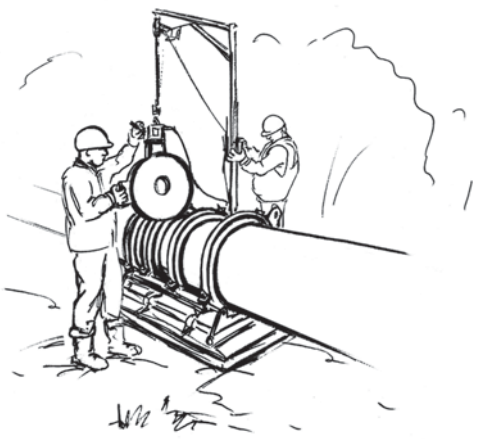
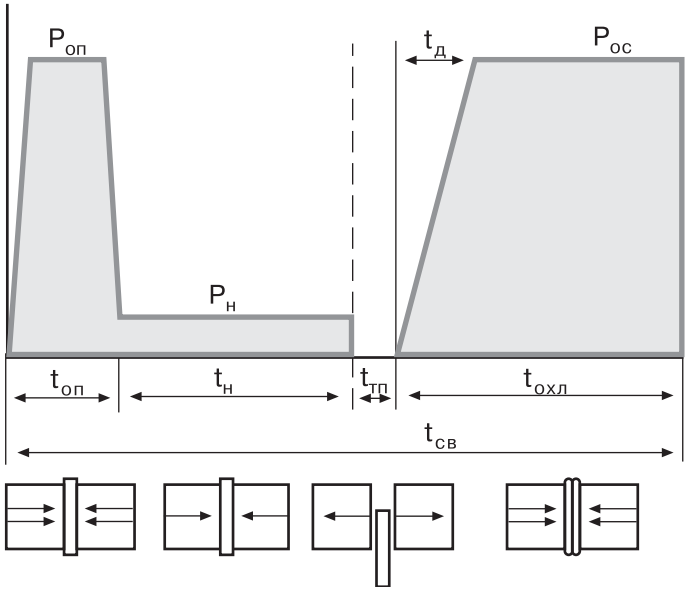


Рис. 9.2.13. Введение нагревателя между торцами труб

Контроль давления при сварке ведут при помощи манометра гидравлического насоса (насосной станции), контроль за временем – по секундомеру. Изменение величины давления в процессе сварки производят по циклограмме.



$t_{оп}$ – время оплавления торцов;
$t_{н}$ – время нагревания (прогрева);
$t_{тп}$ – время технологической паузы на удаление нагревателя;
$t_{д}$ – время подъема давления осадки;
$t_{охл}$ – время охлаждения сварного соединения под давлением;
$t_{св}$ – общее время сварки;

$P_{оп}$ – давление нагревательного инструмента на торцы труб при оплавлении;
$P_{н}$ – давление нагревательного; инструмента на торцы труб при нагревании (прогреве);
$P_{ос}$ – давление на торцы труб при осадке.

Рис. 9.2.14. Циклограмма сварочного процесса

Время нагрева и охлаждения, а в некоторых случаях и температуру нагревателя, корректируют в зависимости от температуры окружающего воздуха.

Технологическая пауза на удаление нагревателя не должна затягиваться. Если задержка все-таки возникла и температура свариваемых поверхностей упала ниже допустимой (особенно в случае неблагоприятных погодных условий), то качественная сварка станет невозможной. В этом случае необходимо повторно произвести механическую обработку и сварку.

У каждого сварного соединения должно быть нанесено обозначение (номер, клеймо) сварщика, выполнившего это соединение. Нанесение необходимой маркировки производится на сварочный грат через 20–40 секунд после начала операции осадки, когда полученное соединение находится в зажимах центратора сварочной машины. Маркировка (шифр или номер) ставится сварщиком клеймом на горячем расплаве грата в двух диаметральных точках. В случае остывшего сварочного грата возможна маркировка стыков горячим клеймом. Клеймо с определенным цифровым или буквенным шифром присваивается каждому сварщику и регистрируется в журнале производства работ.

При использовании машин с высокой и средней степенями автоматизации указанный порядок выполнения технологических операций, кроме установки (иногда выемки) нагревателя и извлечения труб из зажимов, производится автоматически по командам системы управления сварочной машины. В этом случае в задачи оператора входит ввод необходимой информации, который обычно производится при помощи фотооптического карандаша и карточки штрихового кода, и визуальный контроль за выполнением сварочных операций. Распечатка параметров сварки должна сопровождать каждый сваренный стык.

Сварка деталями с закладными нагревателями: порядок выполнения операций

Сваркой деталями с закладными нагревателями (ЗН) соединяются трубы диаметром от 20 мм и выше, независимо от толщины стенки. При этом способе сварки работы должны производиться при температуре воздуха от –10 до +30 °С. На приведенные температурные интервалы, как правило, рассчитаны стандартные технологические режимы сварки. При более широком интервале температур сварочные работы следует выполнять в помещениях (укрытиях), обеспечивающих соблюдение заданного температурного интервала*.

** Если в технических условиях, стандартах или сертификатах на материалы определена возможность особого технологического режима сварки при более широком диапазоне температур окружающего воздуха, чем указано выше, то создание укрытий не требуется.*

Производство сварочных работ заключается в подготовительных операциях и собственно сварке труб и соединительных деталей. Подготовительные операции для сварки деталями с ЗН включают:

- подготовку и проверку работоспособности сварочного оборудования;
- подготовку места сварки и размещение сварочного оборудования;
- выбор необходимых параметров сварки;
- удаление оксидного слоя или удаление наружного слоя повышенной жесткости;
- закрепление и центровку труб и деталей в зажимах позиционера;
- протирку свариваемых поверхностей деталей с ЗН и труб.

Основными параметрами при сварке труб деталями с закладными электронагревателями являются напряжение, подаваемое на спираль детали ($U_п$), и временные параметры ($t_{св}$ и $t_{охл}$). Значения технологических параметров зависят от вида, сортамента и изготовителя детали с ЗН и внесены в паспорт, сопровождающий деталь, выбиты на корпусе детали или записаны в виде штрихкода на этикетке, приклеенной к ее наружной поверхности.

Перед сборкой и сваркой концы труб и присоединительные части соединительных деталей тщательно очищают и протирают внутри и снаружи от всех загрязнений. Очистку производят сухими или увлажненными полотенцами (ветошью) с дальнейшей протиркой насухо. Если концы труб или деталей окажутся загрязненными смазкой, маслом или какими-либо другими жирами, их обезжиривают с помощью спирта, уайт-спирита, ацетона.

Детали с закладными электронагревателями извлекают из упаковки таким образом, чтобы пыль и грязь с упаковки не попала внутрь детали. Концы труб, подготавливаемых под сварку деталями с ЗН, проверяют, чтобы они были обрезаны ровно. Разрез трубы не под прямым углом к продольной оси может привести к тому, что нагревательный элемент частично не будет соприкасаться с трубой.

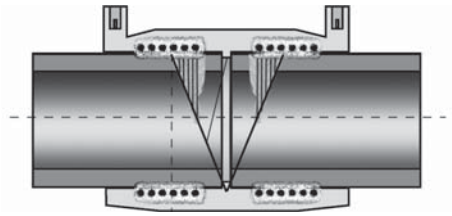


Рис. 9.2.15. Разрез трубы не под прямым углом к продольной оси может привести к тому, что нагревательный элемент частично не будет соприкасаться с трубой и произойдет вытекание расплава внутрь трубы

Концы труб, деформированные или имеющие глубокие (более 4–5 мм) забоины, обрезают. После отрезки концов труб производится их механическая обработка (зачистка) при помощи зачистных оправок или скребков на длину, зависящую от глубины посадки детали с целью удаления наружного слоя повышенной жёсткости, наружного слоя с загрязнениями и окисной плёнки.

Толщина снимаемого слоя зависит от допуска по диаметру трубы и не должна приводить к появлению недопустимых зазоров между трубой и деталью. Как правило, снимается стружка на глубину 0,1–0,2 мм. Сами детали с закладными нагревателями механической обработке не подвергаются из-за возможности повредить спираль.

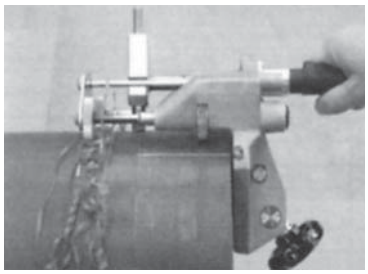


Фото 9.2.5.
Снятие оксидного слоя с трубы

Для седловых отводов зачищается место на трубе, где они будут установлены.

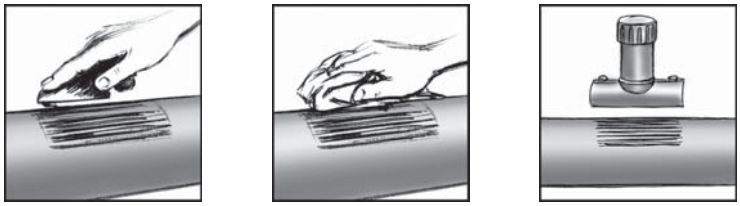


Рис. 9.2.16. Снятие наружного слоя повышенной жёсткости или оксидного слоя для установки седлового отвода

Неполное удаление наружного слоя повышенной жесткости или оксидного слоя может привести к неоднородному и негерметичному сварному соединению.

Для облегчения надевания муфты на трубу после удаления оксидного слоя требуется снять фаску на внешнем ребре трубы. Свариваемые трубы и детали должны быть соосны, без перекосов во избежание непровара. Закрепление труб в позиционере является необходимой операцией. Он позволяет сцентрировать и устранить овальность свариваемых труб, помешать любому движению соединения во время сварки и остывания, предотвратить провисание трубы, защитить соединение от случайных ударов, соблюсти необходимую соосность свариваемых труб и детали в процессе сварки.



Фото 4.2.6.
Снятие фаски для облегчения надевания муфты

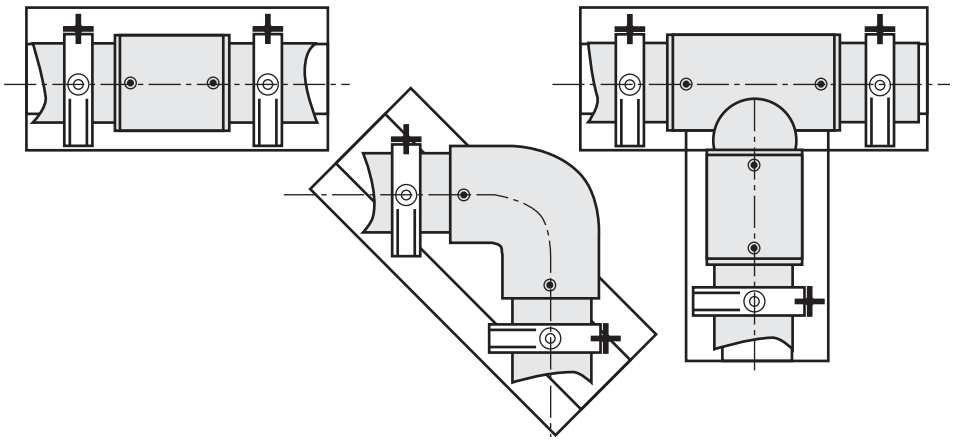


Рис. 9.2.16. Закрепление труб в позиционере является необходимой операцией

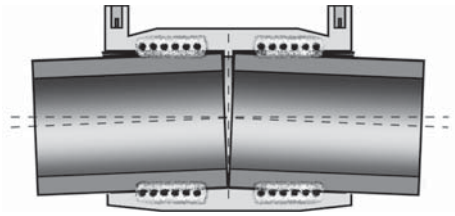


Рис. 9.2.17. Установка труб с перекосом является одной из причин некачественной сварки. Сварка труб с чрезмерным скосом может привести к смещению и замыканию витков спирали, вытеканию расплава из зоны сварки и пр.

При сварке труб большого диаметра также необходимо обеспечить ненапряженное положение сопрягаемых деталей, т. е. концы труб, входящие в муфту, не должны находиться под воздействием изгибающих напряжений и под действием усилий от собственного веса. При необходимости применять подставки, упоры или подходящие удерживающие приспособления. Следует соблюдать ненапряженную фиксацию сварных соединений до истечения времени остывания стыка. Напряженное положение вставленных в муфту концов труб может привести к некачественному соединению. Центрация труб при сварке муфтами с ЗН производится до величины, позволяющей без чрезмерного усилия надеть муфту на конец трубы. Монтаж может осуществляться посредством равномерных по периметру торцевой части ударов пластиковым молотком. Если надвижение муфты на трубу происходит с чрезмерным усилием, то смещение, замыкание или обрыв витков спирали с большой вероятностью могут иметь место.

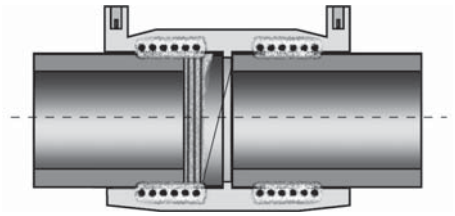


Рис. 9.2.18. Недостаточное введение трубы в муфту является одной из причин некачественной сварки. Полноту введения трубы в муфту контролируется по отметке заранее сделанной маркером на поверхности трубы.

На качество сварки труб оказывает влияние и их овальность, которая может появиться от длительного хранения труб в штабелях или при их поставке в бухтах. **Максимально допустимый просвет между трубой и муфтой по всему диаметру не должен превышать 3 мм.** Если из-за овальности трубы зазор между отцентрованной трубой и муфтой составляет более 3 мм (разница в диаметрах > 6 мм), то таким трубам в пределах зоны сварки необходимо придать круглую форму. Калибровка (устранение овальности) концов труб осуществляется сжатием труб в зажимах центратора или позиционера. Если используемые позиционеры не могут обеспечить выправление концов труб за счет их обжатия, используются специальные скругляющие (калибрующие) зажимы, устанавливаемые на расстоянии 15–30 мм от торцов деталей или меток на трубе. Для предварительного выправления труб особенно эффективны ручные гидравлические выравнивающие машины.

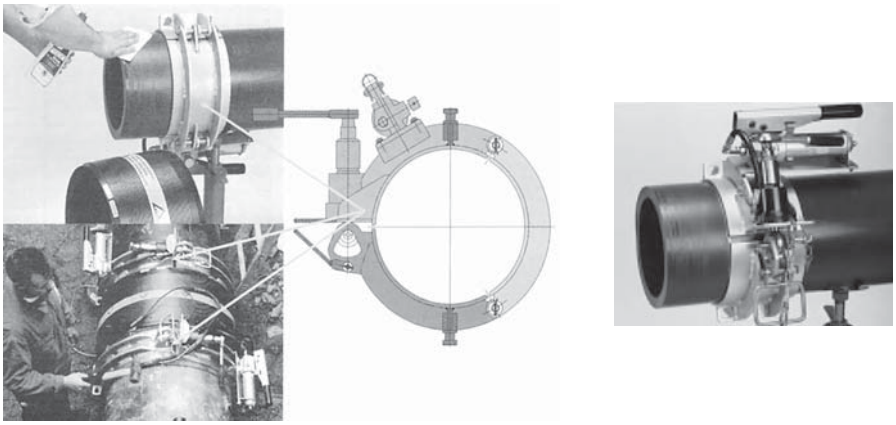


Фото 9.2.7. Гидравлические выравнивающие машины позволяют устранить овальность труб для качественной сварки в муфте с ЗН

Непосредственно перед сваркой (предварительным прогревом и сваркой) труб и деталей подвергают протирке свариваемые наружные поверхности труб и внутренние поверхности деталей растворителями (спиртом или ацетоном) с целью удаления жировых пятен и поверхностных загрязнений, появившихся за период их крепления. Для обезжиривания используют бесцветные одноразовые впитывающие и не ворсистые бумажные салфетки. **Обезжиривающая жидкость перед началом сварки должна полностью испариться.**

Внимание! В муфтах с ЗН диаметром 280–710 мм предусмотрен **режим предварительного прогрева**. Это режим может быть использован непосредственно перед началом сварки для уменьшения зазора между муфтой и трубой до требуемой величины. В режиме предварительного прогрева муфта разогревает введенную в нее трубу до температуры ~ 90°С. При указанной температуре происходит максимальное тепловое расширение трубы без ее плавления. Расширения самой муфты при этом не происходит за счет имеющихся у нее «ребер жесткости». Если после использования нескольких циклов предварительного прогрева не удалось за счет расширения трубы свести зазор к требуемому минимуму, то качественная сварка данной трубы невозможна и необходимо применение специальных приспособлений, исправляющих геометрию трубы. Для муфт диаметром 280–450 мм режим предварительного прогрева применяется исходя из условий проведения работ. Для муфт диаметром 500–710 мм использование режима предварительного прогрева является обязательным. После окончания процесса предварительного прогрева (~12 мин) необходимо дать время для равномерного распределения тепла. В это время можно, при необходимости, производить процесс прогрева второй половины муфты (муфты диаметром 280 мм и более имеют раздельные спирали, и каждая сторона сваривается раздельно)*.

Поскольку режим предварительного прогрева непосредственно предшествует режиму сварки, то соединение должно быть полностью подготовлено к сварке.

Несмотря на возможные стесненные условия, необходимо обеспечить полную защиту сварного соединения от попадания влаги, песка и пр. Для этого после сборки соединения зазор между муфтой и трубой закрывают с помощью клейкой ленты. Перекрытие зазора во время сварки (предварительного прогрева) необходимо, так же, во избежание тепловых потерь. Для избежания потерь тепла заглушаются и открытые концы свариваемых труб.

Технологический процесс сварки труб с помощью соединительных деталей с закладными нагревателями ведется в следующей последовательности:

• обработанные концы труб вводят внутрь соединительной детали до упора (для седловых отводов – надевают отвод на трубу);

** Данные приводятся для муфт FRIATEC.*

- закрепляют трубы вместе с соединительной деталью в специальном центрирующем и фиксирующем приспособлении (позиционере);
- подсоединяют аппарат к электрической сети или автономному электрогенератору, обеспечивающему необходимое напряжение и мощность;
- присоединяют сварочный кабель к выводам закладного нагревателя детали;
- вводят в память аппарата требуемый режим сварки (предпрогрева) и контролируют по его дисплею заданное напряжение и время;
- запускают процесс сварки (предпрогрева) нажатием кнопки «пуск» (после запуска цикла весь необходимый технологический процесс проходит в автоматическом режиме);
- контролируют визуально прохождение процесса сварки (по дисплею аппарата) и образование сварного соединения (по выдвижению индикаторов сварки);
- после окончания сварки и естественного остывания* полученного соединения извлекают трубы из зажимов позиционера и проставляют на сварном соединении его порядковый номер краской или маркерным карандашом.

Аналогичным способом сварное соединение маркируют, проставляя на нем номер клейма сварщика. Параметры режимов сварки вводят в память сварочного аппарата в соответствии с принятыми для используемого типа детали принципами и возможностями самого сварочного аппарата (штриховой код, система обратной связи или ручной ввод).

Основным способом ввода информации является штриховой код, информация с которого с помощью фотооптического карандаша вводится в систему управления сварочного аппарата. Считывание производят с главного штрихового кода, расположенного в верхней части этикетки-наклейки. После считывания штрих-кода данные детали с ЗН должны соответствовать данным, появившимся на дисплее аппарата. Штриховой код, находящийся под главным штрихкодом, содержит данные для обратного отслеживания изделий и при сварке изделий не используется. Штрихкод сварки нанесен на этикетке белого цвета, штрихкод предпрогрева (для муфт, имеющих этот режим) на этикетке желтого цвета**.

В случае ввода параметров сварки вручную необходимо пользоваться прилагаемой к деталям с ЗН информационной карточкой, содержащей информацию о величине корректировки времени сварки в зависимости от окружающей температуры.

Информация о процессе сварки регистрируется в памяти аппарата. Распечатка протокола сварки может производиться как по окончании сварки каждого стыка, так и через определенные промежутки времени, в зависимости от объема памяти аппарата. Нагружать сваренный трубопровод внутренним давлением можно через 10–30 мин после охлаждения соединения.

Внимание! Муфты с ЗН могут предусматривать возможность повторной сварки*. Повторная сварка производится в том случае, когда есть сомнения в качестве полученного соединения.**

При сварке с трубами седловых отводов сначала рекомендуется приварить отвод к магистральной трубе трубопровода, а затем к его патрубку подгоняется и приваривается отводная труба. В случае обнаружения брака при сварке отвода эта сварка бракуется и рядом на трубе приваривается новый отвод.

Для седловых отводов и других изделий аналогичного типа после сварки и охлаждения соединения производят сверловку (фрезерование) стенки трубы для соединения внутренних полостей отвода и магистральной трубы. Перед началом фрезерования рекомендуется выдержать седловой отвод еще в течение 15–20 мин (в дополнение ко времени его охлаждения при сварке).

Как было уже отмечено, сдавливание контактирующих поверхностей трубы и детали обеспечивается за счет теплового расширения трубы. Поэтому, подготавливая трубы к сварке, важно не только **обеспечить качественную зачистку конца трубы для удаления поверхностного окисленного и загрязненного слоя, но и обеспечить минимальный зазор между наружной поверхностью трубы и внутренней поверхностью детали. Иначе, из-за отсутствия сдавливания и необходимого течения расплава, получение качественного сварного соединения будет невозможным.**

Неточность подгонки свариваемых поверхностей приводит к появлению зазоров и, как следствие, к снижению прочностных характеристик соединения. На величину зазора влияет характер механической обработки (зачистки) труб, их овальность, изгиб образующей трубы и другие аналогичные факторы.

В силу этих причин точности подгонки свариваемых изделий должно уделяться не меньше внимания, чем контролю за соблюдением параметров сварки.

** Извлекать полученное сварное соединение из зажимов центрирующего приспособления (позиционера) следует только после его полного естественного охлаждения, т. е. когда температура на поверхности детали составит не более 50 °С.*

*** Данные приводятся для муфт FRIATEC.*

**** Данные приводятся для муфт FRIATEC.*

9.4. Контроль качества монтажных работ

По завершении монтажа рекомендуется выполнить контроль качества выполненных работ.

Таблица 9.3.1

Контролируемый параметр	Требование
Соответствие проекту	Полное
Качество сварных соединений	В соответствии с нормативной документацией
Соосность труб	Соответствует требованиям технологии
Отсутствие механических повреждений	Обязательно
Правильность установки опор	В соответствии с проектом
Возможность температурных перемещений	Обеспечена
Готовность к гидравлическим испытаниям	Подтверждена

Раздел 10.
Испытания трубопроводов TITAN

10.1. Общие положения

После завершения монтажа трубопровод должен пройти гидравлические испытания, подтверждающие герметичность соединений, прочность трубопровода и соответствие выполненных работ требованиям проектной документации.

Испытания следует проводить после завершения всех сварочных работ, установки арматуры, опор и креплений, а также после окончания предусмотренных проектом строительно-монтажных работ.

Проведение испытаний допускается только после достижения сварными соединениями необходимой степени охлаждения.

10.2. Подготовка к испытаниям

Перед проведением гидравлических испытаний необходимо выполнить следующие мероприятия:

- завершить монтаж трубопровода;
- проверить качество сварных соединений;
- установить временные заглушки и испытательное оборудование;
- обеспечить надёжное закрепление трубопровода;
- удалить из трубопровода посторонние предметы;
- заполнить трубопровод водой;
- полностью удалить воздух из системы.

Особое внимание следует уделять удалению воздушных пробок, поскольку наличие сжатого воздуха может существенно исказить результаты испытаний и повысить их опасность.

10.3. Проведение гидравлических испытаний

Испытания должны выполняться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и проектной документации.

Испытательное давление принимается в соответствии с требованиями нормативной документации для конкретного вида трубопровода.

Во время испытаний необходимо контролировать:

- величину испытательного давления;
- продолжительность выдержки;
- отсутствие видимых утечек;
- герметичность сварных соединений;
- герметичность фланцевых соединений;
- отсутствие остаточных деформаций трубопровода.

Во время испытаний запрещается устранять выявленные дефекты до полного снятия давления.

10.4. Испытание трубопроводов

Согласно СНиП 3.05.04 полиэтиленовые трубопроводы испытывают на прочность и плотность (герметичность) гидравлическим или пневматическим способом дважды (предварительное и окончательное).

Предварительное испытательное (избыточное) гидравлическое давление при испытании на прочность, выполняемое до засыпки траншеи и установки арматуры (гидрантов, предохранительных клапанов, вантузов), должно быть равно расчетному рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,5.

Окончательное испытательное гидравлическое давление при испытаниях на плотность, выполняемых после засыпки траншеи и завершения всех работ на данном участке трубопровода, но до установки гидрантов, предохранительных клапанов и вантузов, вместо которых на время испытания устанавливают заглушки, должно быть равно расчетному рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,3.

Гидравлические испытания на герметичность ПЭ трубопровода проводятся только после его пребывания под давлением в течении определенного времени. Причина этого объясняется тем, что под давлением полиэтиленовые трубы увеличиваются в диаметре, что проявляется только в течение первых суток функционирования трубопровода. Падение давления, вызванное расширением труб, может быть неправильно истолковано как утечка, если испытание на герметичность будет проведено слишком рано. Обычно трубопроводы испытывают гидравлическим способом.

Пневматические испытания трубопроводов при их наземной и надземной прокладках

Пневматические испытания трубопроводов при их наземной и надземной прокладках производят в следующих случаях: температура окружающего воздуха ниже 0 °С; применение воды недопустимо по техническим причинам; вода в необходимом количестве отсутствует. Порядок пневматических испытаний трубопроводов и требования безопасности при испытаниях устанавливаются проектом.

Более подробная информация по проведению испытаний содержится в СНиП 3.05.04 и СП 40-102-2000.

Внимание!!! Если трубопровод было решено испытывать пневматическим способом, то значение опрессовочного давления рассчитывается как для газопровода.

Пример расчета опрессовочного давления:

1. Рассчитываем максимальное рабочее давление: $MOP = \frac{2 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)}$,

где MRS – минимальная длительная прочность, МПа;

C – коэффициент запаса прочности (для полиэтиленовых газопроводов = 2,5);

SDR – стандартное размерное отношение.

2. Рассчитываем значение опрессовочного давления: $P_{исп} = 1{,}3\ MOP$.

Если при пневматических испытаниях расчет опрессовочного давления проводить как для гидравлических испытаний (где коэффициент запаса прочности для водопровода = 1,25), то данная ситуация может привести к разрушению трубопровода, т. к. значение опрессовочного давления будет превышать в 2 раза от допустимого для пневматических испытаний.

10.5. Устранение выявленных дефектов

При обнаружении дефектов испытания должны быть прекращены.

После сброса давления необходимо:

- определить место возникновения дефекта;
- установить причину его появления;
- выполнить ремонт или замену дефектного участка;
- повторно провести гидравлические испытания.

Эксплуатация трубопровода до устранения выявленных дефектов не допускается.

10.6. Ввод трубопровода в эксплуатацию

После успешного завершения гидравлических испытаний оформляется исполнительная документация, предусмотренная проектом и действующими нормативными требованиями.

До ввода трубопровода в эксплуатацию рекомендуется проверить:

Таблица 10.1

Контрольный перечень перед вводом в эксплуатацию

Проверяемый параметр	Требование
Гидравлические испытания	Выполнены успешно
Исполнительная документация	Оформлена
Запорная арматура	Проверена и работоспособна
Контрольно-измерительные приборы	Установлены и готовы к эксплуатации
Опоры и крепления	Смонтированы в соответствии с проектом
Защитные устройства	Смонтированы
Доступ для обслуживания	Обеспечен

После завершения указанных мероприятий трубопровод может быть передан эксплуатирующей организации.

10.7. Ремонт трубопроводов

Ремонт может выполняться:

- заменой повреждённого участка;
- установкой ремонтной вставки;
- с применением электромуфтовых соединений;
- заменой фасонных деталей.

Способ ремонта определяется характером повреждения и требованиями проектной документации.

10.8. Причины сокращения срока службы

Наиболее распространёнными причинами преждевременного выхода трубопровода из строя являются:

Таблица 10.8

Причина	Возможные последствия
Превышение рабочего давления	Повреждение трубопровода
Увеличение скорости транспортируемой среды	Ускорение гидроабразивного износа
Изменение состава гидросмеси	Сокращение срока службы
Нарушение технологии монтажа	Разрушение сварных соединений
Неравномерная работа опор	Дополнительные механические напряжения
Нарушение условий эксплуатации	Снижение надёжности трубопровода

Приложение А

Химическая стойкость полиэтиленовых труб

Таблица 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Адипиновая кислота	Насыщенный водный раствор	60	С
Азотная кислота	6,13%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	40%-ный водный раствор	20	О
		40	-
		60	Н
Аммиак	Газообразный, сухой, 100%-ный, чистый	20	С
		40	С
		60	С
	Водный, насыщенный на холоде	40	С
		60	С
Аммония карбонат	50%-ный водный раствор	40	С
		60	С
Аммония нитрат	Водный насыщенный раствор	40	С
		60	О
Аммония сульфат	Насыщенный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Аммония сульфид	Водный раствор любой концентрации	20	С
		40	С
		60	С
Аммония фосфат	Водный раствор любой концентрации	40	С
		60	С
Аммония хлорид	Насыщенный водный раствор	40	С
		60	С
Анилина хлоргидрат	То же	20	С
		40	С
		60	О
Ацетальдегид	Технически чистый	20	С
		40	О
		60	О
Ацетон	То же	20	С
		40	С
		60	С
Бария соли	Водные растворы любой концентрации	60	С
Бензин	Технически чистый	20	С
		40	С
		60	О
Бензойная кислота	Водный раствор любой концентрации	20	С
		40	С
		60	С
Борная кислота	Водный раствор любой концентрации	40	С
		60	С
Бром	Насыщенный водный раствор	20	Н
		40	Н
		60	Н

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Бромистоводородная кислота	50%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Бутан	Технический	20	С
		60	С
Бутадиен	То же	20	С
Бутанол	То же	20	С
		40	С
		60	С
Бутилацетат	То же	20	С
		60	О
Винилацетат	То же	20	С
Винная кислота	Любая водная	20	С
		40	С
		60	С
Вино любое	Торговая	20	С
		40	С
		60	С
Вискознопрядильный раствор	-	20	С
		40	С
		60	С
Вода дистиллированная, деминерализованная, обессоленная	-	60	С
Вода минеральная	-	60	С
Вода морская	-	60	С
Водород	Технический	20	С
		40	С
		60	С
Водород хлористый	Технический газообразный 100%-ный	20	С
		40	С
		60	С
Водорода перекись	30%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	90%-ный водный раствор	20	С
		40	Н
Воздух сжатый, содержащий масло	-	20	С
		40	С
Гексан	100%-ный, технический	20	С
		60	О
Этиленгликоль	100%-ный	20	С
		60	С
Гликолевая (уксусная) кислота	37%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Глицерин	Технический	40	С
		60	С
Глюкоза	Водный раствор любой концентрации	20	С
		40	С
		60	С
Декалин	Технический	20	С
		60	О

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Дибутилфталат	То же	20	С
		40	О
		60	О
Дигликолевая кислота	30%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Диметилформамид	Технический чистый	20	С
		40	С
		60	О
Диэтиловый эфир	То же	120	О
Диметиламин	Технический	20	С
Диметилформамид	То же	20	С
		40	С
		60	О
Диоксан	То же	20	С
		40	С
		60	С
Дихлорбензол	То же	20	О
		60	Н
Дихлорэтан	То же	20	Н
Диэтиламин	То же	20	Н
Диэтиловый эфир	То же	20	О
Дубильная кислота	Любая водная	20	С
		40	С
		60	С
Желатин	Любой водный	40	С
		60	С
Изопропанол	Технический	20	С
		40	С
		60	С
Изопропиловый эфир	То же	20	О
		60	Н
Йод	6,5%-ный раствор в этаноле	20	С
Калия алюмосульфат	50%-ный водный	20	С
		40	С
		60	С
Калия бихромат	Насыщенный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Калия йодит	Насыщенный	20	С
		40	С
		60	С
Калия карбонат	Насыщенный водный раствор	40	С
		60	С
Калия нитрат	50%-ный водный раствор	40	С
		60	С
Калия перманганат	Насыщенный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Калия перхлорат	То же	20	С
		40	С
		60	С

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Калия персульфат	Водные растворы любой концентрации	20	С
		40	С
		60	С
Калия сульфат	То же	20	С
		40	С
		60	С
Калия цианид	Насыщенный водный раствор	40	С
		60	С
Кальция гипохлорит	Насыщенный водный раствор, содержащий 12,5% активного хлора	20	С
		40	С
		60	С
Кальция хлорид	Насыщенный водный раствор	40	С
		60	С
Камфора	-	20	С
		60	О
Кислород	Любой концентрации	20	С
		40	С
		60	О
Кремниевая кислота	То же	60	С
Кремнефтористоводородная кислота	32%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	90%-ный водный раствор	20	С
		60	С
Лимонная кислота	10%-ная	20	С
		40	С
		60	С
Магния соли	Любые водные растворы	40	С
		60	С
Мазут	-	20	О
		40	Н
Малеиновая кислота	Насыщенный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Масла и жиры растительные	-	20	С
		40	О
Масло веретенное	-	20	О
		40	О
		60	О
Масло камфорное	-	20	Н
Масло минеральное, не содержащее ароматических веществ	-	20	С
		40	С
		60	О
Масло моторное	-	20	С
		60	О
Меди соли	Водные растворы любой концентрации	20	С
		40	С
		60	О
Ментол	100%-ный	20	С
		60	О
Метан	Технический	20	С
		60	О
Метанол	Любой	20	С
		40	С
		60	С
Метиламин	32%-ный водный	20	С

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Метилэтилкетон	Технический	20	С
		40	О
		60	Н
Молоко	-	20	С
		40	С
		60	С
Молочная кислота	90%-ная водная	20	С
		40	С
		60	С
Морфолин	Технический	20	С
		40	С
		60	С
Мочевина	Водные растворы до 30%	40	С
		60	С
Муравьиная кислота	Водный раствор до 50%	20	С
		40	С
		60	С
	Техническая	20	С
		40	С
		60	С
Мыльный раствор	Любой водный	60	С
Мышьяковая кислота	80%-ная водная	40	С
		60	С
Натрия ацетат	Любой водный	20	С
		40	С
		60	С
Натрия бромат	То же	20	С
		40	О
Натрия гидрооксид	До 10% водный раствор	40	С
		60	С
	До 30% водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	50%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	Насыщенный раствор	20	С
		60	С
Натрия гидросульфит	До 10% водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Натрия йодит	Любой водный раствор	20	С
Натрия карбонат	Насыщенный водный	60	С
Натрия нитрат	То же	40	С
		60	С
Натрия бикарбонат	Насыщенный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Натрия сульфат	Насыщенный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Натрия сульфит	То же	20	С
		40	С
		60	С
Натрия нитрит	Насыщенный водный	20	С

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Озон	100%-ный	20	О
		60	Н
Олеиновая кислота	Техническая чистая	20	С
		40	С
		60	О
Олеум	10%-ный, SO_3	20	Н
		60	Н
Отходящие газы, содержащие двуокись углерода	Любая	60	С
Перхлорэтилен, тетрахлорэтилен	Технические	20	О
		60	Н
Пикриновая кислота	1%-ный водный раствор	20	С
		60	О
Пропан	Технический жидкий	20	С
	Технический газообразный	20	С
		60	С
Пропилена окись	Техническая	20	С
Ртуть	Чистая	20	С
		40	С
		60	С
Сахарный сироп	Любой	40	С
		60	С
Светильный газ	-	20	С
Свинца ацетат	Насыщенный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Серебра соли	Насыщенный раствор	40	С
		60	С
Серная кислота	До 40% водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	До 60% водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	До 80% водный раствор	20	С
	90%-ный водный раствор	20	С
		60	С
Серная кислота	96%-ный водный раствор	20	Н
		60	О
Сероводород	Технический газообразный	20	С
		40	С
		60	О
	Насыщенный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Сера	Техническая чистая	20	С
		40	С
		60	С
Сероуглерод	Технический	20	О

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Серы двуокись	Ангидрид	20	С
		40	С
		60	С
	Любой концентрации	20	С
		40	С
		60	С
	Техническая жидкая	20	Н
Силиконовые масла	-	20	С
		40	С
Синильная кислота	Техническая	20	С
		40	С
		60	С
Соляная кислота	5%-ный водный раствор	20	С
		40	О
		60	С
	10%-ная водная	20	С
		40	С
		60	С
	До 30% водная	20	С
		40	С
		60	С
	36%-ная водная	20	С
		40	С
		60	С
Смесь кислот: Серная Азотная Вода	48% 49% 3%	20	Н
Смесь кислот: Серная Азотная Вода	10% 20% 70%	20	О
Смесь кислот: Азотная (15%-ная) Фтористоводородная (5%-ная)	3 части 1 часть 2 части	20	О
Смесь кислот: Серная Азотная Вода	30% 60% 10%	20	С
		40	О
Спиртные напитки	40%-ные	20	С
Стеариновая кислота	Техническая	20	С
		60	О
Сурьмы хлорид	90%-ный водный	20	С
		40	С
		60	С
Тетрагидрофуран	Технический	20	О
Тетрахлорэтан	То же	20	О
		60	Н
Толуол	То же	20	О
		60	Н
Трихлоруксусная кислота	50%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	Техническая чистая	20	С
		40	О
		60	Н

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Трихлорэтилен	Технический	20	Н
Триэтаноламин	То же	20	С
Углерода двуокись	Техническая сухая	20	С
		40	С
		60	С
Уксусная кислота	10%-ный водный раствор	20	С
		40	С
	50%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	Техническая чистая	20	С
		40	С
		60	О
Уксусной кислоты ангидрид	Технический	20	С
		40	О
Фенол	До 10% водный	20	С
		40	С
		60	О
	До 90% водный	20	С
		40	С
		60	О
Формальдегид (формалин)	40%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Фосфора хлорид	Технический	20	С
Фосфорная кислота	До 30% водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
	До 50% водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
		20	С
		40	С
		60	О
Фосфорный ангидрит (2 кл. оп)	Технический	20	С
		40	С
Фотографическая эмульсия	Любая	20	С
		40	С
Фотографический закрепитель	Торговый	20	С
		40	С
Фруктовые соки	-	20	С
		40	С
		60	С
Фтористоводородная (плавиковая) кислота	До 40% водный раствор	20	С
		40	С
		60	О
	50%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	О
	70%-ный водный раствор	20	С
		60	О
Хлор газообразный	100%-ный	20	Н
		60	Н
Хлор жидкий	100%-ный	20	Н
		60	Н

Продолжение табл. 1

Вещество	Концентрация	Температура, °С	Химическая стойкость
Хлорбензол	Технический	20	О
		60	Н
Хлорметан	То же	20	Н
Хлорная вода	Насыщенный раствор	20	О
		40	О
Хлороформ	Технический	20	Н
		60	Н
Хлорсульфоновая кислота	Техническая	20	Н
		60	Н
Хлоруксусная кислота	50%-ная водная	20	С
		40	С
		60	С
	Техническая	20	С
		40	С
		60	С
Хромовая кислота	До 50% водная	20	О
		40	Н
Смесь кислот: Хромовая Серная Вода	 5 ч 2 ч 3 ч	20	Н
Царская водка	Концентрированая	20	Н
Циклогексан	Технический	20	С
		40	С
		60	С
Циклогексанон	То же	20	С
		40	О
		60	О
Соли цинка	Любые водные растворы	40	С
		60	С
Щавелевая кислота	Разбавленная водная	20	С
		40	С
		60	С
Этиленгликоль	То же	20	С
		40	С
		60	С
Этилендиамин	То же	20	С
		40	С
		60	С
Этиловый спирт (этанол)	Технический, 96%-ный	40	С
		60	С
Этиловый эфир акриловой кислоты	Технический	20	С
Этил хлористый	То же	20	О
Яблочная кислота	1%-ный водный раствор	20	С
		40	С
		60	С
Янтарная кислота	Любой концентрации	20	С
		40	С
		60	С

Примечание. С – стоек: в среде данной концентрации при данной температуре не происходит химического разрушения полимера; О – относительно стоек: в среде данной концентрации при данной температуре происходит частичная потеря несущей способности полимера. Трубы должны применяться с повышенным запасом прочности; Н – не стоек: в среде данной концентрации при данной температуре применение труб недопустимо.

Таблица .2

Оценка химической стойкости полиэтилена

Условное обозначение стойкости материала	Изменение, %	
	массы	прочности
С	± 3–5	до 10
О	до +15 или –10	10,1–15
Н	более +15 или –10	более 15

Примечание. Условное обозначение химической стойкости материала означает:

С – стоек:

в среде данной концентрации при данной температуре не происходит химического разрушения полимера;

О – относительно стоек:

в среде данной концентрации при данной температуре происходит частичная потеря несущей способности полимера. Трубы должны применяться с повышенным запасом прочности;

Н – не стоек:

в среде данной концентрации при данной температуре применение труб недопустимо;

– не испытан.

Примеры заполнения спецификаций

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Завод-изготовитель/ поставщик	Масса единицы, кг/м. п.
1	Труба TITAN ПЭ 100 SDR 11 315×28,6 (4) ТУ 22.21.21-045-50049230-2026 ($D_{ном}$ = 315 мм, SDR 11, PN 16, толщина несущего слоя — 28,6 мм, толщина внутреннего износостойкого слоя — 4 мм, расчётный внутренний диаметр — 249,8 мм)	ТУ 22.21.21-045-50049230-2026	ИКАПЛАСТ	м
2	Труба TITAN ПЭ 100-RC SDR 11 315×28,6 (4) ТУ 22.21.21-045-50049230-2026 ($D_{ном}$ = 315 мм, SDR 11, PN 16, толщина несущего слоя — 28,6 мм, толщина внутреннего износостойкого слоя — 4 мм, расчётный внутренний диаметр — 249,8 мм)	ТУ 22.21.21-045-50049230-2026	ИКАПЛАСТ	м
3	Труба TITAN PE-RT тип II SDR 11 315×28,6 (4) ТУ 22.21.21-045-50049230-2026 ($D_{ном}$ = 315 мм, SDR 11, S 5, толщина несущего слоя — 28,6 мм, толщина внутреннего износостойкого слоя — 4 мм, расчётный внутренний диаметр — 249,8 мм)	ТУ 22.21.21-045-50049230-2026	ИКАПЛАСТ	м
4	Труба TITAN PS UV ПЭ 100-RC SDR 11 315×28,6 (4) ТУ 22.21.21-045-50049230-2026 ($D_{ном}$ = 315 мм, SDR 11, PN 16, толщина несущего слоя — 28,6 мм, толщина внутреннего износостойкого слоя — 4 мм, с наружной защитной оболочкой PS UV)	ТУ 22.21.21-045-50049230-2026	ИКАПЛАСТ	м

Для записей

ИКАПЛАСТ®
ТРУБНЫЙ ЗАВОД

ООО «ИКАПЛАСТ»
Производство:
Россия, Санкт-Петербург, 193079,
Октябрьская набережная, д. 104, корп. 29, лит. Ж
Отдел продаж:
Россия, Санкт-Петербург, 193318,
БЦ «Морская столица», ул. Зольная, д. 15, корп. 1,
офис 204
тел.: 8 (812) 240-48-88,
8 (800) 775-64-19, звонок по России бесплатный

www.icaplast.ru
e-mail: icaplast@icaplast.ru