ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении исследований по этапу 3. «Проработка конструкций и испытание соединений канализационных ВПСТ труб между собой и их присоединение к железобетонным колодцам» были проанализированы используемые в мировой практике соединения для сборки полимерных труб большего диаметра между собой и со смотровыми колодцами. Среди них рассматривались:

- экструзионная сварка;
- раструбные с резиновыми уплотнителями;
- бандажные (на термоусаживаемых манжетах и на хомутах из нержавеющей стали с тангенциальными стенками);
- резьбовые.

На основании анализа выбраны способы соединения:

- экструзионной сваркой;
- теремоусаживаемыми манжетами с предварительной прихваткой стыкуемых торцов труб прутковой (экструзионной) сваркой;
- муфтовые с резиновыми уплотнителями,
- муфтами с мастичной заделкой;
- винтовые и замковые с уплотнением нетвердеющим герметиком;

Для отдельных соединений разработана методика расчета, выбраны параметры для изготовления пилотных образцов муфтовых соединений с резиновыми уплотнителями, а также предложена технология изготовления и сборки соединений труб между собой.

Намечена перспектива введения в дело рассмотренных соединений, что будет реализовываться по согласованию с заказчиком в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Переводные материалы с корейского языка «Двуслойные полиэтиленовые трубы PE YI» (переданы ООО «Бородино-Пласт»).
2. Технические условия «Трубы из полиэтилена витые с полой стенкой», ТУ 2248-004-45726757-02 (ООО «Бородино-Пласт»).
3. Свод правил «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов». Общие требования. СП 40-102-2000.
4. Добромыслов А.Я. Таблицы для гидравлических расчетов напорных и безнапорных трубопроводов из полимерных материалов. Под ред. В.С. Ромейко. Пособие к СНиП 40-03-99; СП 40-102-98; СП 41-102-98; СП 40-103-98; СН 478-80. М., ТОО «Изд-во ВНИИКМП», 2000, 321 с.

Приложение 1

Способы прохода ВПСТ труб из ПНД сквозь стенки колодцев

На канализационном самотечном трубопроводе из ВПСТ труб ПНД могут устраиваться смотровые колодцы круглые и прямоугольные в плане.

При диаметре ВПСТ труб 600 мм следует устраивать круглый типовой колодец диаметром 1000 мм. При диаметре ВПСТ труб 700 и 800 мм диаметр круглого типового колодца следует принимать 1250 мм.

При диаметре ВПСТ 900 и 1000 мм диаметр круглого типового колодца следует принимать 1500 мм.

При большем диаметре ВПСТ труб следует устраивать прямоугольный колодец.

Длина всех прямоугольных колодцев по оси трубопровода должна быть не менее 1 м. Ширина таких колодцев должна приниматься с учетом диаметров труб ВПСТ и составлять не менее 1600 мм (при d=1500мм), 1900 мм (при d=1500мм) и 2200 мм (при d=1800мм).

Так как сцепление цементного раствора с полиэтиленом не способно обеспечить герметичного соединения, то между ними необходимо устанавливать резиновые кольца.

Внутренний диаметр колец следует принимать равным 0,8-0,85 от наружного диаметра труб, а сечение колец 25-35мм.

Располагать резиновые кольца следует на концах ВПСТ труб, входящих в колодцы таким образом, чтобы они попадали в стенку (рис. 1).

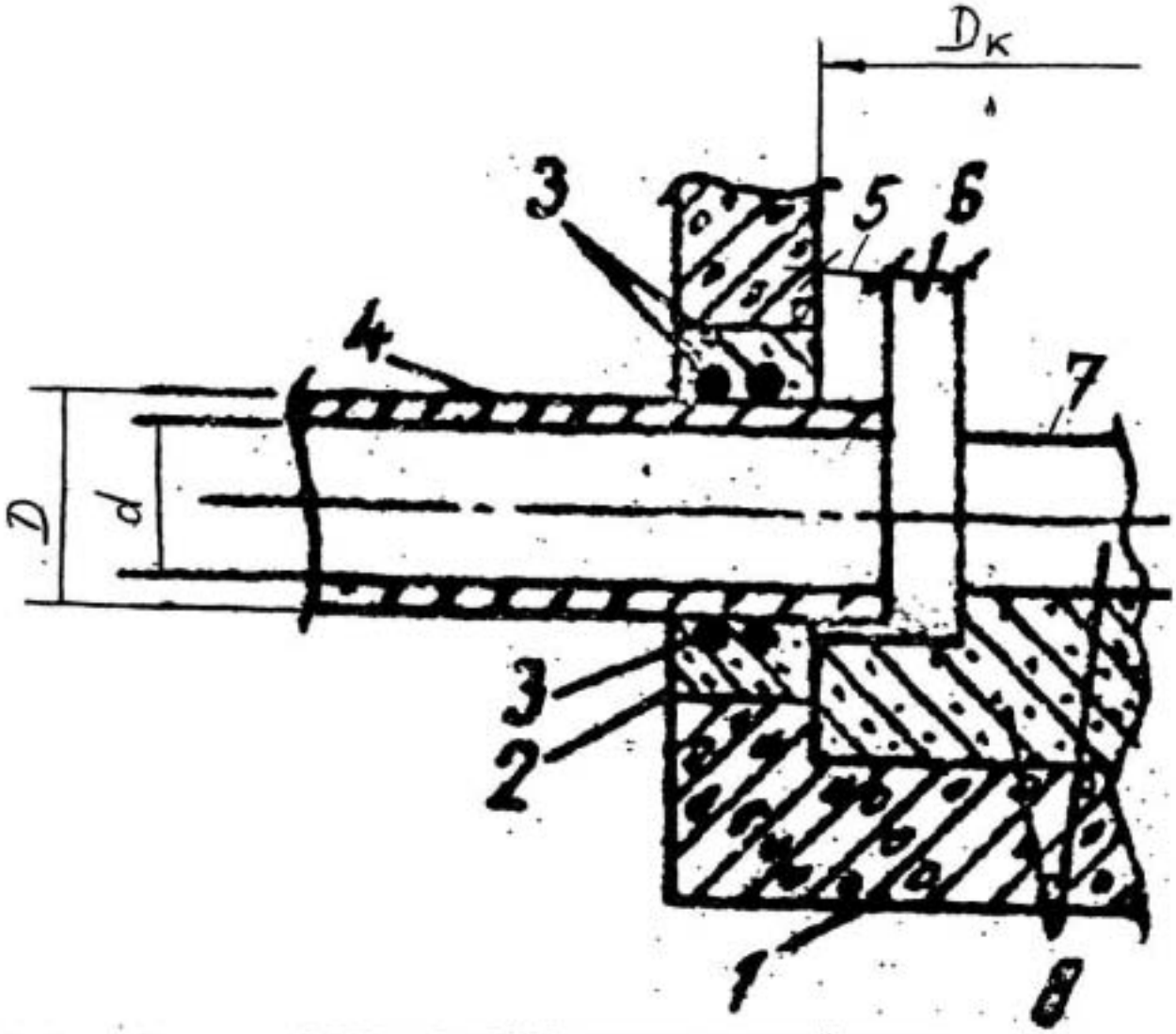

Рис.1. Схема входа ВПСТ труб из ЛНД в колодец с заделкой в стенке
1- основание, 2- заделка, 3- резиновые кольца, 4- труба, 5- выступающая часто трубы (~ 50мм), 6- зазор между трубой и лотком (~ 10мм), 7- берма, 8- цементный лоток.

Если кольца выходят из стенки, тогда концы труб следует омоноличивать (рис. 2).

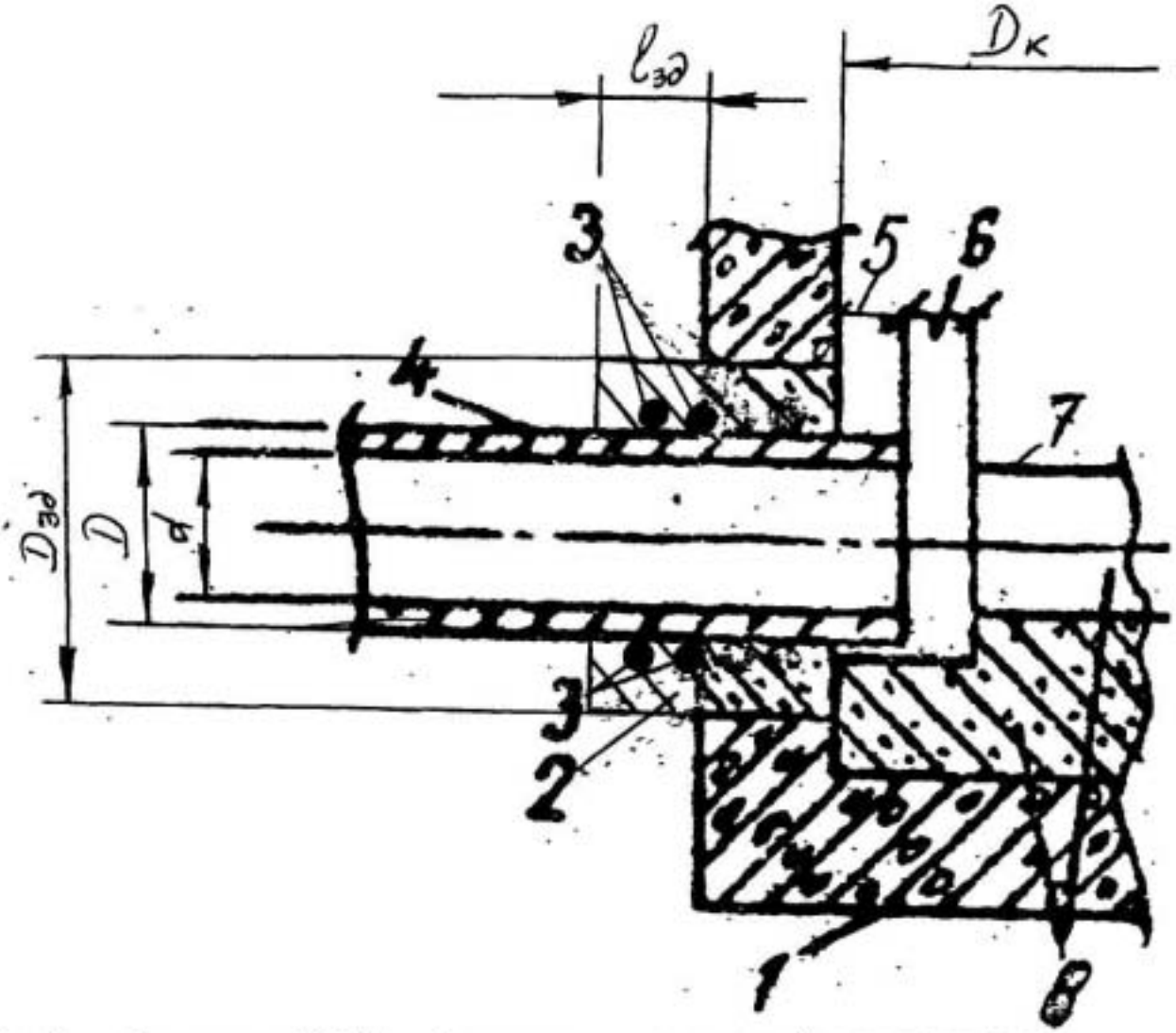

Рис 2 Схема входа ВПСТ трубы в колодец с выступающей за пределы кольца заделкой

1- основание, 2- заделка, 3- резиновые кольца, 4- труба, 5- выступающая часть трубы (~ 50мм), 6- зазор между трубой и лотком (~ 10мм), 7- берма, 8- цементный лоток.

Лотки в колодцах, как правило, следует набивать цементным раствором.

Возможно, обустраивать лотки, путем пропускания ВПСТ трубы через колодец с последующим удалением ее верхней части до уровня горизонтального диаметра (рис 3)

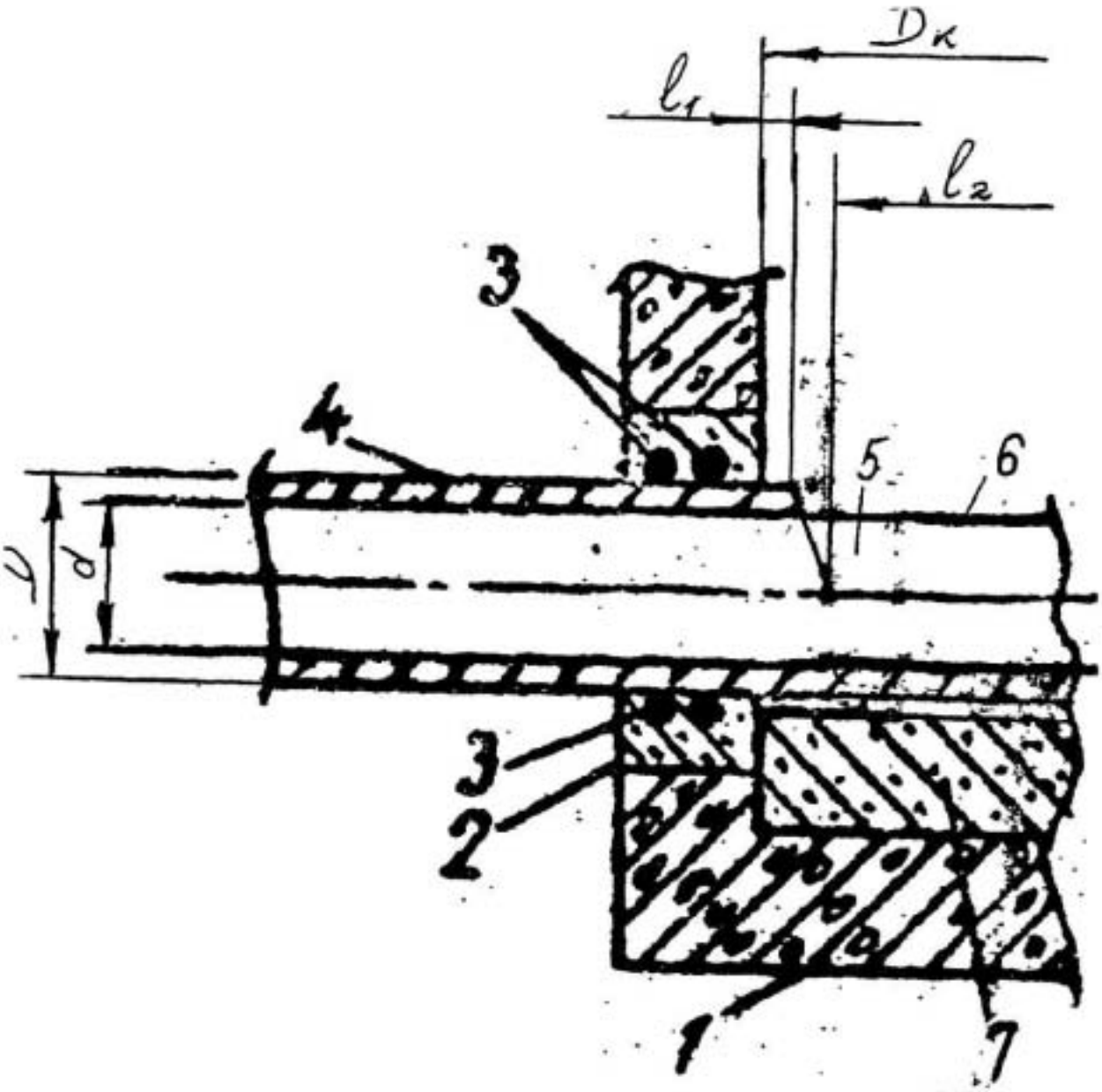

Рис 3 Схема входа ВПСТ трубы в колодец с заделкой в стене и лотком «ВПСТ труба – цементный раствор»

1- основание, 2- заделка, 3- резиновые кольца, 4- труба, 5- цементная часть лотка, 6- берма, 7- дно колодца

Вертикальную часть лотка и бермы следует набивать также цементным раствором.

Данные предложения могут быть внесены в рекомендации по монтажу трубопроводу из ВПСТ труб – после опытной проверки на реальных объектах.

Проход ВПСТ труб из ПНД через смотровые канализационные колодцы следует осуществлять с использованием следующих технологических процессов:

1. надевание резиновых колец на трубы с расстоянием от торца в соответствии с рис.1 и 2.;
2. введение трубы в проем стенки колодца так, чтобы было выдержано расстояние между торцом трубы и стенкой, указанное на рис. 1 и 2;
3. обустройство опалубки вокруг проема с трубой, с учетом размеров труб и стенок колодцев (см. рис. 1, 2 и 3);
4. закладка цементно-песчаного раствора (обетонирование проема с трубой) в опалубку (отверстие в трубе должно быть закрыто);
5. обустройство грунтовых зон вокруг трубы и колодца;
6. разборка опалубки после набирания требуемой прочности бетонной заделкой;
7. набивка цементно-песчаного лотка в колодце с устройством берм с учетом его разветвленности (все трубы, входящие и выходящие из колодца должны быть заделаны в стенках колодца не зависимо от того, из какого материала они изготовлены).

При использовании схемы, согласно которой частью лотка является нижняя половина трубы(см. рис.3), перед выполнением п.7 необходимо вырезать верхнюю половину трубы по шаблону.

Приложение 2

ВИНТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ВПСТ ТРУБ ИЗ ПНД ПРОИЗВОДСТВА ООО «БОРОДИНО-ПЛАСТ»

При устройстве трубопроводов спиральновитые трубы с полыми стенками (табл.1, выборка из ТУ) могут быть соединены между собой с использованием винтовых выступов на концах труб.

Таблица 1 Характеристики ВПСТ труб из ПНД производства ООО «Бородино-Пласт» (рис. 1)

D, мм	d, мм		e, мм		Овализация*, % / мм
	номинал.	пред. откл.	номинал.	пред. откл., %/мм	
678	600	5,1	39	8/3,12	1 / 7
788	700	6,4	44	8/3,52	1 / 8
900	800	6,4	50	8/4,00	1 / 9
1012	900	6,4	56	8/4,42	1 / 10
1124	1000	6,4	62	8/4,96	1 / 11
1340	1200	6,4	70	8/5,60	1 / 13
1690	1500	6,4	95	8/7,60	1 / 17
1990	1800	6,4	95	8/7,60	1 / 20

* - величины овализации приняты условно и подлежат корректировки по результатам замеров на реальных образцах труб

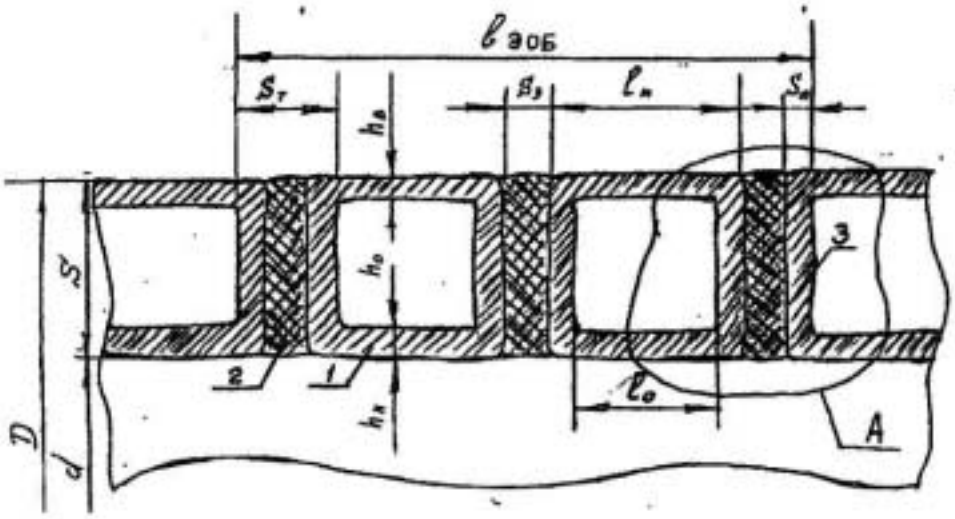

Рис. 1. Фрагмент ВПСТ трубы из ПНД производства ООО «Бородино-Пласт»
1 – профиль; 2 – сварной шов; 3 – стенка профиля
А – вырыв из продольного сечения стенки трубы (рис. 2)

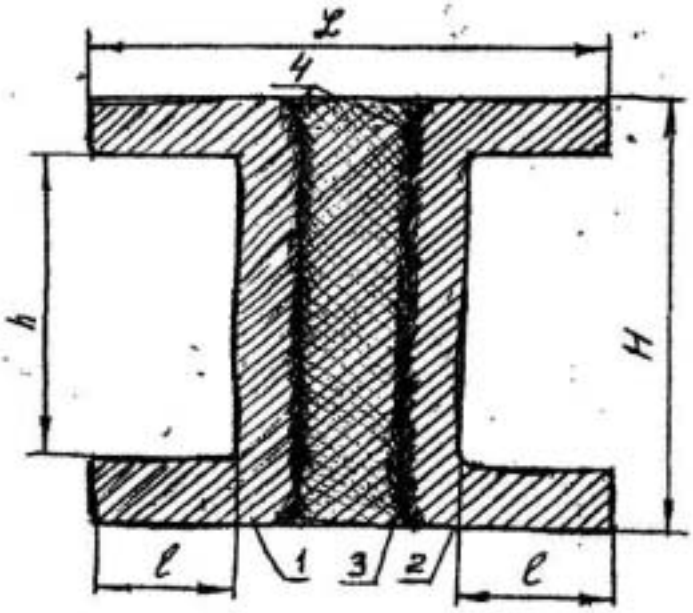

Рис. 2. Схема расчетного элемента стенки ВПСТ труб из ПНД (А из рис. 1)
1 – половина одного профиля; 2 – половина смежного профиля; 3 – сварной шов; 4 – околошовная зона (может иметь непровары; инородные включения; пустоты и, как следствие этого, полиэтилен во всем элементе не будет являться однородным материалом, то есть модуль упругости Е не будет правильно отражать его свойства)

Теоретические размеры профилей, из которых изготовляются ООО «Бородино-Пласт» витые с полой стенкой (ВПСТ) трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД), в процессе намотки претерпевают изменения. Толщины стенок труб отличаются, поэтому, от высоты профилей (ср. данные табл.1 и 2).

Таблица 2 Геометрические характеристики профилей для изготовления ООО «Бородино-Пласт» ВПСТ труб из ПНД

размеры в мм

d	Высота	Толщина полки	
		нижней	верхней
600	41,0	5,1	5,1
700	47,5	6,6	6,6
800	54,1	7,5	7,5
900	60,5	8,5	8,5
1000	67,7	9,1	9,1
1200	75,0	9,6	9,6
1500	100,0	10,0	10,0
1800	100,0	10,0	10,0

Это указывается в ТУ на трубы. Нижние и верхние полки профилей (см.табл.2) также имеют существенное отличие от теоретических значений. Толщина нижних, как показывают измерения, порой в 1,1 –1,5 раза меньше толщины верхних полок. ?

Не смотря на это, ВПСТ трубы из ПНД между собой можно собирать с помощью внутренних и наружных винтовых выступов на концах труб. Для этого концы труб необходимо оснастить такими выступами. Произвести это возможно только в заводских условиях путем обтачивания части стенок труб с одного конца изнутри, а с другого – снаружи. Обтачивание может производиться как параллельно продольной оси трубы, так и под некоторым углом к ней. Наличие на концах труб винтовых выступов позволит, размещая наружные выступы одной трубы между внутренними выступами другой посредством их свинчивания, сопрягать трубы между собой (рис. 3-6).

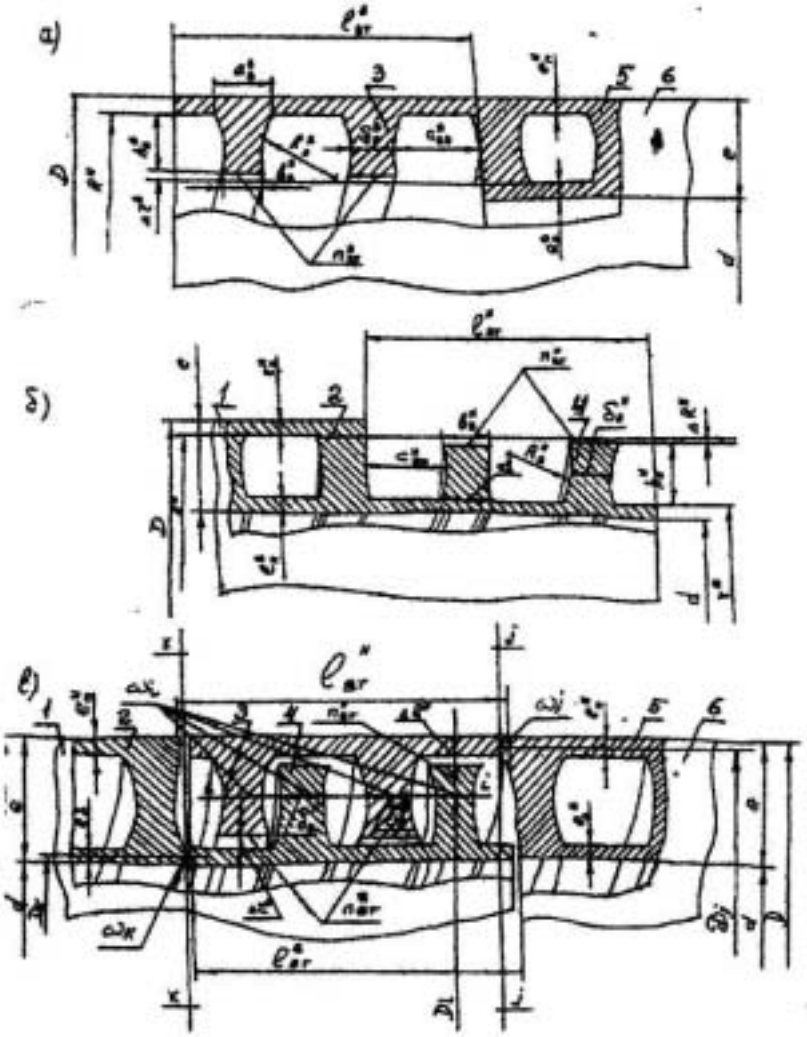

Рис.3. Винтовое соединение ВПСТ труб из ПНД между собой по схеме «цилиндр в цилиндр»
а) конец трубы с внутренними винтовыми выступами одинаковой высоты, б) конец трубы с наружными винтовыми выступами одинаковой высоты, в) свинченные концы труб
1, 6 – трубы, 2, 5 – стенки труб, 3, 4 – винтовые выступы, внутренний и наружный,
i - i, j - j, k - k – плоскости равновероятного разрушения соединения при растяжении

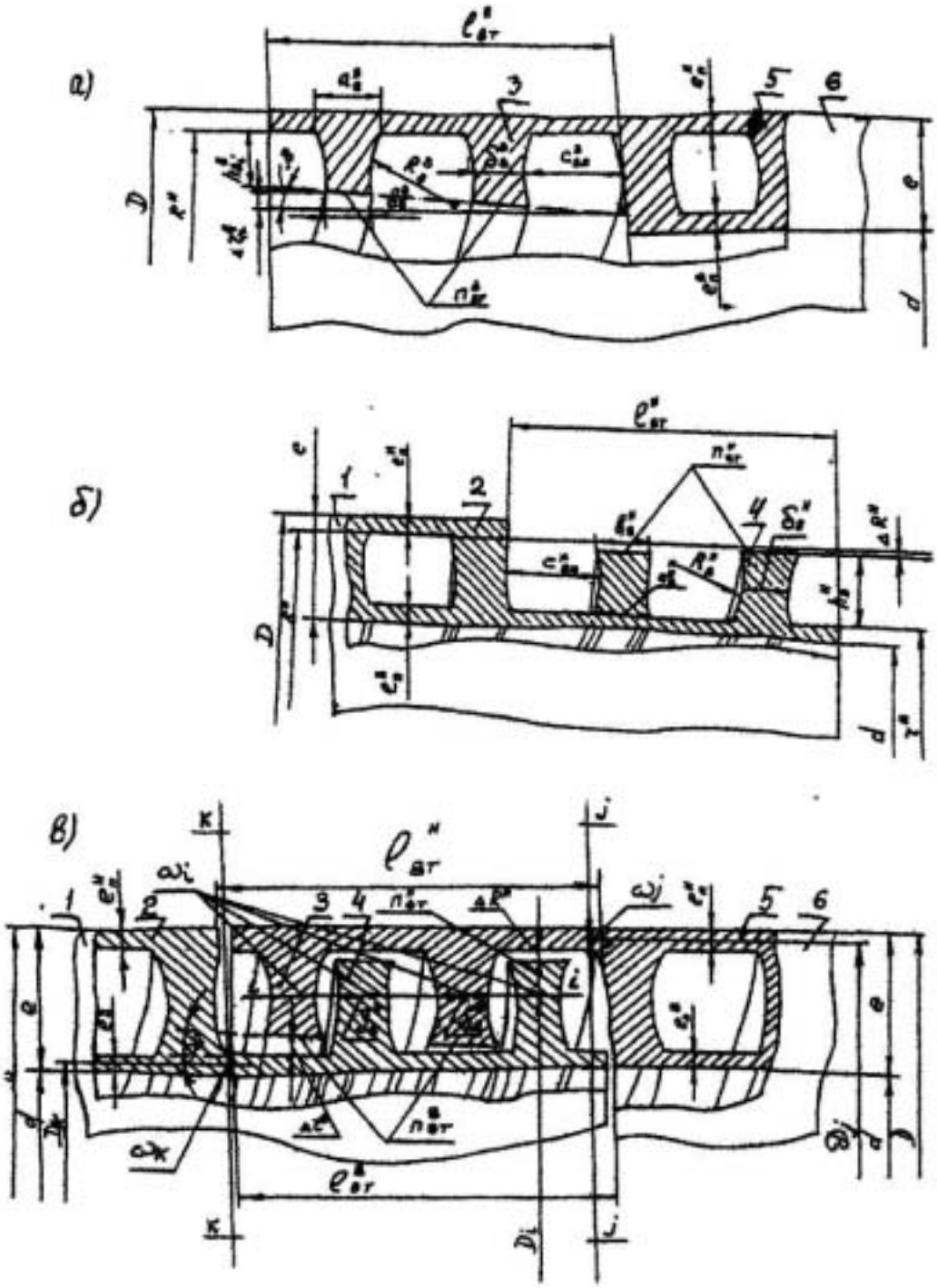

Рис.4. Винтовое соединение ВПСТ труб из ПНД между собой по схеме «цилиндр в конус»

а) конец трубы с внутренними винтовыми выступами разной высоты, б) конец трубы с наружными винтовыми выступами одинаковой высоты, в) свинченные концы труб

1, 6 – трубы, 2, 5 – стенки труб, 3, 4 – винтовые выступы, внутренний и наружный,

i - i, j - j, k - k – плоскости равновероятного разрушения соединения при растяжении

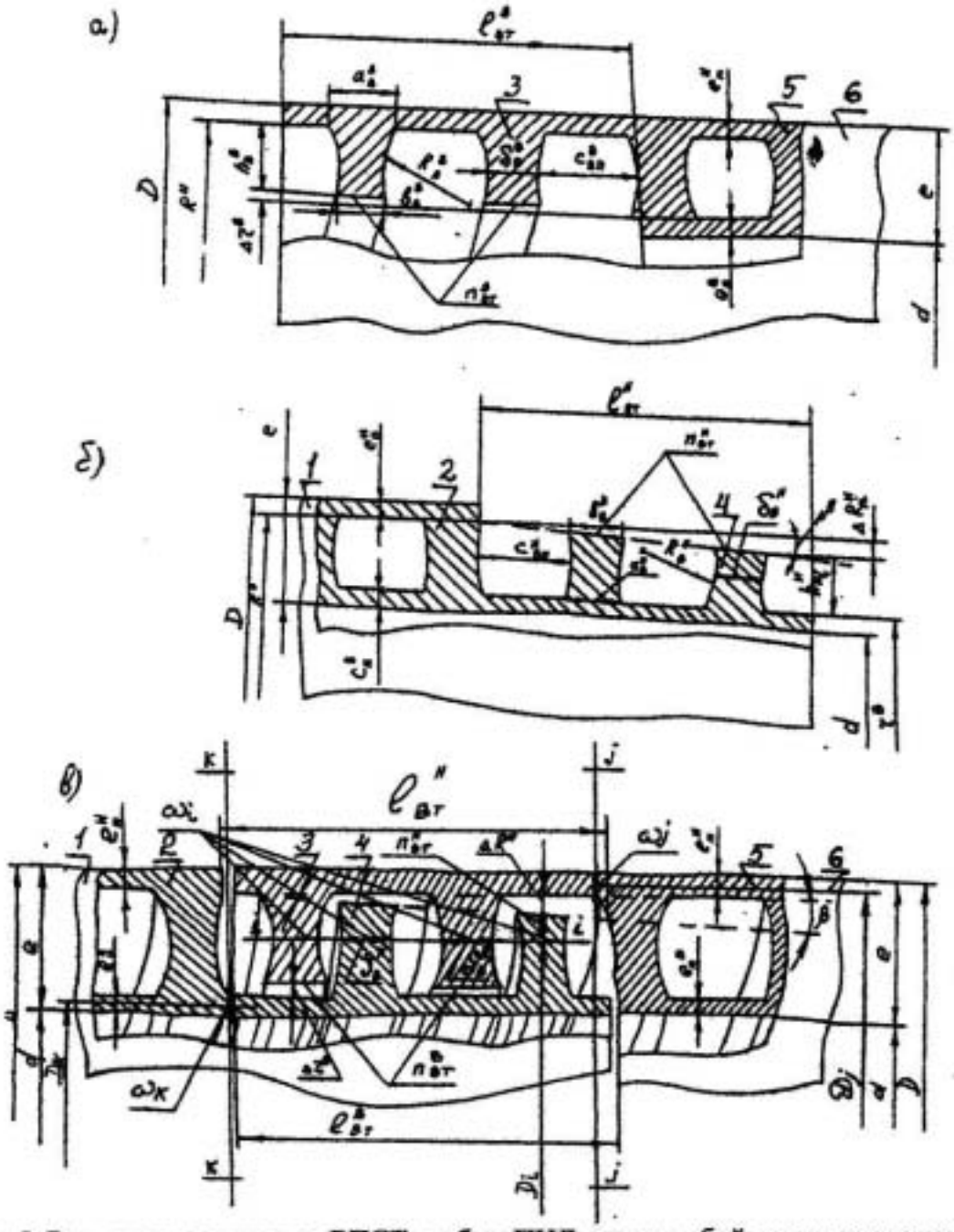

Рис.5. Винтовое соединение ВПСТ труб из ПНД между собой по схеме «конус в цилиндр»

а) конец трубы с внутренними винтовыми выступами одинаковой высоты, б) конец трубы с наружными винтовыми выступами разной высоты, в) свинченные концы труб

1, 6 – трубы, 2, 5 – стенки труб, 3, 4 – винтовые выступы, внутренний и наружный,

i - i, j - j, k - k – плоскости равновероятного разрушения соединения при растяжении

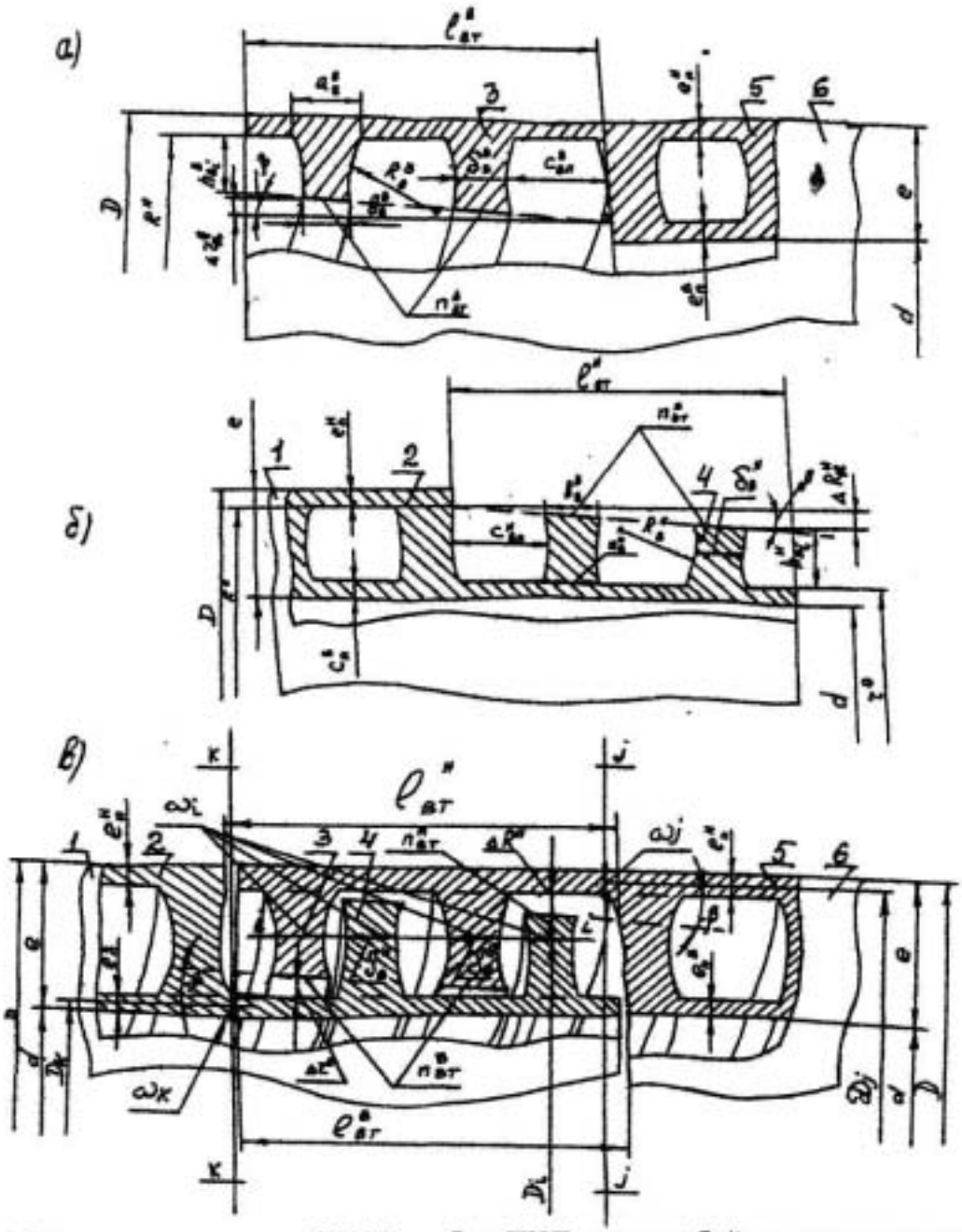

Рис.6. Винтовое соединение ВПСТ труб из ПНД между собой по схеме «конус в конус» а) конец трубы с внутренними винтовыми выступами разной высоты, б) конец трубы с наружными винтовыми выступами разной высоты, в) свинченные концы труб
1, 6 – трубы, 2, 5 – стенки труб, 3, 4 – винтовые выступы, внутренний и наружный,
i - i, j - j, k - k – плоскости равновероятного разрушения соединения при растяжении

В результате получаются соединения труб, которые могут воспринимать осевое нагружение трубопровода растягивающими усилиями, N_p.

Допустимая величина указанных усилий, N_p, устанавливается из условия равнопрочности основных элементов винтовых соединений. Условиям равнопрочности будут отвечать соединения, разрушение которых под действием растягивающих нагрузок может произойти с одинаковой вероятностью по любой плоскости (см. рис. 3-6): i - i, j – j или k - k.

Усилие, под действием которого может произойти разрушение соединения по плоскости i – i (см. рис. 3-6 в), можно представить формулой

$$N_{p\,i-i} = n\,3{,}14\,\omega_i\,\sigma_{сд} = n\,3{,}14\,(d+e)\,\delta_в\,\sigma_{сд}\,, \qquad (1)$$

где n - количество винтовых выступов (внутренних либо наружных), находящихся в зацеплении, ω_i – площадь плоскости, проходящей по наименьшей толщине выступа, параллельно оси трубы, $\sigma_{сд}$ – прочность полиэтилена на сдвиг, d и e – внутренний диаметр и толщина трубы, $\delta_в$ - минимальная ширина выступа.

Усилие, под действием которого может произойти разрушение соединения по плоскости j – j (см. рис. 3-6 в), можно представить формулой

$$N_{p\,j-j} = 3{,}14\,\omega_j\,\sigma_p = 3{,}14\,(d+e''_н)\,\sigma_p\,, \qquad (2)$$

где ω_i – площадь плоскости, проходящей по поперечному сечению нижней полки профиля, $e''_н$ - толщина внутренний полки профиля, σ_p – прочность полиэтилена на растяжение.

Усилие, под действием которого может произойти разрушение соединения по плоскости k - k (см. рис. 3-6 в), можно представить формулой

$$N_{p\,k-k} = 3{,}14\,\omega_k\,\sigma_p = 3{,}14\,(d+e''_н)\,\sigma_p\,, \qquad (3)$$

где ω_k – площадь плоскости, проходящей по поперечному сечению наружной полки профиля, $e''_н$ - толщина наружной полки профиля.

Как показывает анализ, уже при одном витке винтовых выступов в соединении наименьшей прочностью будет обладать сечение k – k. То есть, будет справедливо выражение

$$N_{p\,k-k} < N_{p\,j-j} < N_{p\,i-i}\,. \qquad (4)$$

Проведенные расчеты позволили принять допустимые величины растягивающих (сжимающих) усилий для труб, собранных на винтовых соединениях (табл.3).

Таблица 3. Допустимые осевые растягивающие усилия для винтовых соединений ВПСТ труб из ПНД производства ООО «Бородино-Пласт»

D, мм	d, мм	e, мм	$e^{н}_{п}$, мм	$d + e^{н}_{п}$	$3,14(d + e_{п})$	ω_{k}, м^2	$\sigma_{р}$, МПа	$N_{р}$, кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9
678	600	39	5,1	0,6051	1,90	0,0097	12	116,4
788	700	44	6,6	0,7066	2,22	0,0147		176,4
900	800	50	7,5	0,8075	2,54	0,0191		229,2
1012	900	56	8,5	0,9085	2,85	0,0242		290,4
1124	1000	62	9,1	1,0091	3,17	0,0289		346,8
1340	1200	70	9,6	1,2096	3,80	0,0365		438,0
1690	1500	95	10,0	1,5100	4,71	0,0471		565,2
1990	1800	95	10,0	1,8100	5,68	0,0568		681,6

Для обеспечения гидравлической плотности трубопроводу из ВПСТ труб из ПНД винтовые соединения (рис.3-6) следует герметизировать.

Герметизацию винтового соединения ВПСТ труб из ПНД можно обеспечить путем тщательного заполнения специальным эластомерным уплотнителем межвитковых промежутков (см. поз 2, рис.7) в процессе сборки трубопровода при свинчивании винтовых частей (см. поз. 1 и 3 рис. 7).

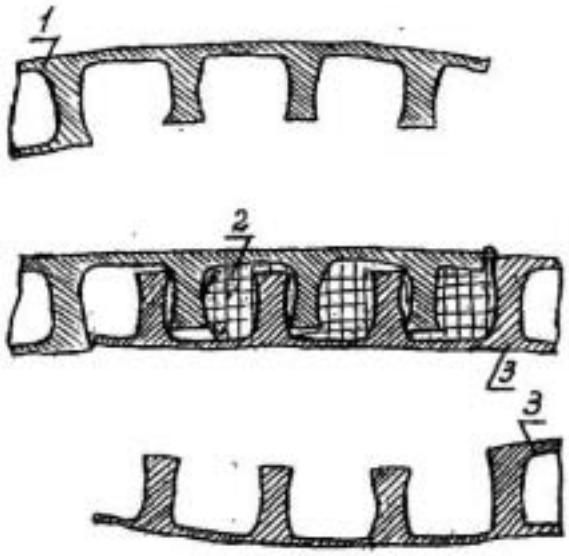

Рис.7. Фрагменты винтового соединения ВПСТ труб из ПНД диаметром 900 мм между собой с герметизированием специальным эластомерным уплотнителем межвитковых промежутков в процессе сборки трубопровода при свинчивании винтовых частей
1, 3 – концы труб с внутренними и наружными винтовыми выступами, 2 – эластомерный уплотнитель

Герметично уплотнить винтовые соединения можно, и после сборки трубопровода, путем заполнения межвитковых промежутков мастикой (герметиком) в каждом соединении (см. поз. 2, рис.8.).

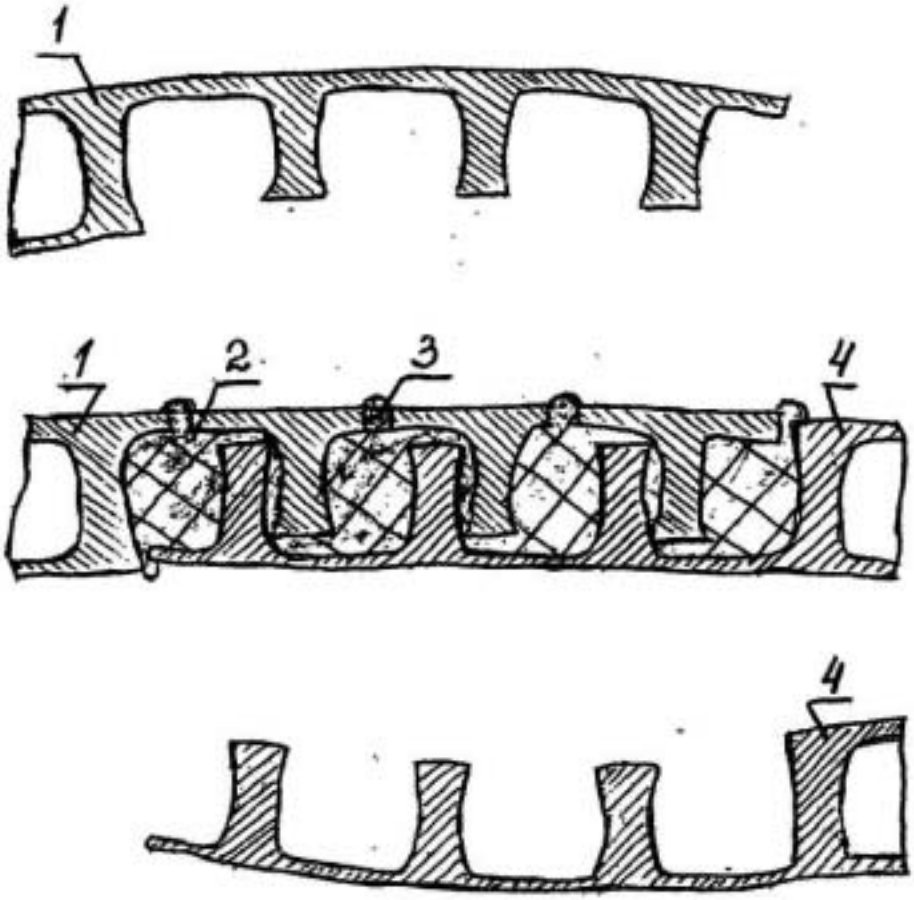

Рис.8. Фрагменты винтового соединения ВПСТ труб из ПНД диаметром 900 мм между собой с уплотнением путем заполнения межвитковых промежутков мастикой (герметиком) после сборки
1, 4 – концы труб с внутренними и наружными винтовыми выступами, 2 – уплотнительная мастика, 3 – отверстие для нагнетания мастики

Для этого стенки труб как вдоль, так и по окружности в местах, где располагаются внутренние витки, должна быть просверлены для получения отверстий (см. поз. 3 рис.8). Через них после свинчивания винтовых частей следует нагнетать в соединения мастики (герметика). Размеры и количество отверстий должны подбираться с учетом показателей используемых уплотнительных мастик (герметиков).

Герметизацию винтовых соединений можно обеспечить путем установки между поверхностями сопряженных частей труб резиновых уплотнительных манжет (колец). Для этого последние от торцов труб витки выступов должны быть частично срезаны таким образом, чтобы между телом труб и витками образовались кольцевые пазы с параллельными вертикальными стенками. В этих пазах и следует располагать уплотнительные манжеты (кольца).

При использовании одной манжеты (кольца) ее следует надевать на конец трубы так, чтобы она оказалась в пазе (см. поз. 2, рис.9).

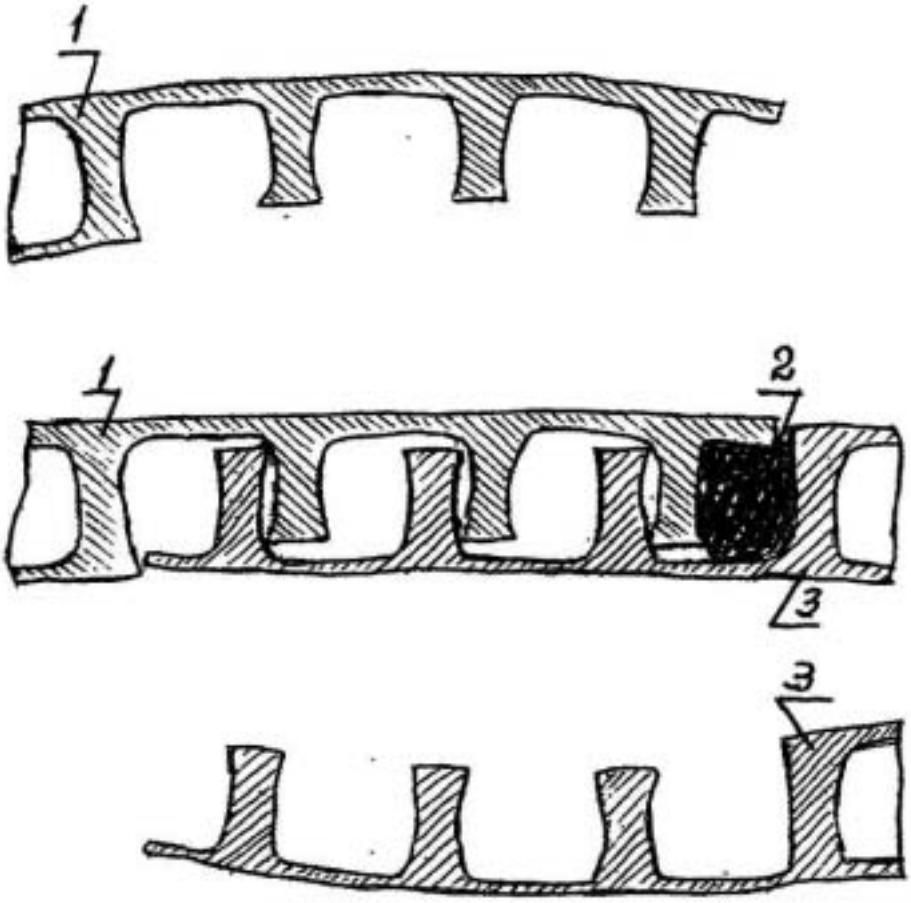

Рис.9. Фрагменты винтового соединения ВПСТ труб из ПНД диаметром 900 мм между собой с уплотнением одной резиновой манжетой
1 – конец трубы с внутренними винтовыми выступами, 2 – уплотнительная манжета, 3 - конец трубы с наружными винтовыми выступами

При использовании двух манжет (колец) вторую манжету (кольцо) следует вставлять в пазе рядом с внутренним винтовым выступом (см. поз. 2^1, рис.10).