



T4005 - Ing/Rus  
Technical handbook/Техническое руководство  
PE-X

# **UNIDELTA**

*Since 1973*



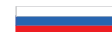
**UNITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**TRITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**MULTITERM**  
SISTEMA UNIDELTA



	Definitions and symbols	3	8.	The Unidelta PE-X pipe in pipe	49
	Formula	4	8.1	Introduction	49
	Unidelta quality at the service of life	5	8.2	The range	50
1.	Introduction: the unidelta PE-X pipe	6	9.	Hydraulic design: head losses due to water conveyance	51
2.	Application fields	7	9.1	Head losses due to water conveyance	51
3.	Quality control	14	9.2	Examples	53
3.1	Quality certifications	15	10.	Installation: compensation for thermal length variations	56
4.	Crosslinked polyethylene	16	10.1	Introduction	56
4.1	Introduction	16	10.2	Flexible arm compensation	59
4.1.1	The silane method in detail	18	10.3	Omega compensation	61
4.2	Characteristics and advantages	21	10.4	Distance between the supports	62
5.	Unidelta PE-X pipes with EVOH barrier	23	10.5	Examples	64
5.1	The EVOH barrier	23	11.	Efficiency of Unidelta PE-X pipes in underfloor heating systems	66
5.1.1	Molecular structure	23	11.1	Introduction	66
5.1.2	Physical and mechanical properties	24	11.2	Specific heat requirement	66
5.1.3	Impermeability to gas	25	11.3	The floor's structure	70
5.2	The range	27	11.4	Average floor temperature	72
5.2.1	Triterm	27	11.5	Water flow in the circuit	74
5.2.2	Multiterm Plus	28	11.6	Downwards thermal flow	77
6.	Unidelta PE-X pipes according to EN ISO 15875	29	11.7	Length of the circuit	77
6.1	Introduction	29	11.8	Examples	78
6.2	Conditions of use	29	12.	Appendix A nominal diameter	83
6.3	Quality controls	32	13.	Appendix B chemical resistance	84
6.4	Dimensional features	33	14.	Conversion equivalents	92
6.5	Marking	35			
6.6	Head losses	38			
7.	Unidelta PE-X pipes according to DIN 16892 / din 16893	41			
7.1	Introduction	41			
7.2	Conditions of use	41			
7.3	Quality controls	43			
7.4	Dimensional features	44			
7.5	Marking	45			
7.6	Head losses	46			



Определения и символы	3	8.	Съемная труба Unidelta PE-X	49
Формула	4	8.1	Введение	49
Качество Unidelta на службе жизни	5	8.2	Ассортимент	50
1. Введение: труба из сшитого полиэтилена Unidelta	6	9.	Определение гидравлических параметров: потеря напора при транспортировке воды	51
2. Области применения	7	9.1	Потеря напора при транспортировке воды	51
3. Контроль качества	14	9.2	Примеры	53
3.1 Сертификаты качества	15	10.	Установка: компенсация тепловых изменений длины	56
4. Сшитый полиэтилен	16	10.1	Введение	56
4.1 Введение	16	10.2	Компенсация гибким кронштейном	59
4.1.1 Детальное описание силанового метода	18	10.3	Омега компенсация	61
4.2 Характеристики и преимущества	21	10.4	Расстояние между опорами	62
5. Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta с барьером EVOH	23	10.5	Примеры	64
5.1 Барьер EVOH	23	11.	Отдача труб из сшитого полиэтилена Unidelta в установках с напольным отоплением	66
5.1.1 Молекулярная структура	23	11.1	Введение	66
5.1.2 Физико-механические характеристики	24	11.2	Потребность в удельной теплоёмкости	66
5.1.3 Газонепроницаемость	25	11.3	Структура пола	70
5.2 Ассортимент	27	11.4	Средняя температура пола	72
5.2.1 TriTerm	27	11.5	Расход воды в змеевике	74
5.2.2 Multiterm Plus	28	11.6	Тепловой поток в нижнем направлении	77
6. Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta в соответствии с EN ISO 15875	29	11.7	Длина змеевика	77
6.1 Введение	29	11.8	Примеры	78
6.2 Условия применения	29	12.	Приложение А номинальный диаметр	83
6.3 Проверки качества	32	13.	Приложение В химическая устойчивость	84
6.4 Характеристики размеров	33	14.	Перевод единиц измерения	92
6.5 Маркировка	35			
6.6 Потери нагрузки	38			
7. Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893	41			
7.1 Введение	41			
7.2 Условия применения	41			
7.3 Проверки качества	43			
7.4 Характеристики размеров	44			
7.5 Маркировка	45			
7.6 Потери нагрузки	46			

## DEFINITIONS AND SYMBOLS



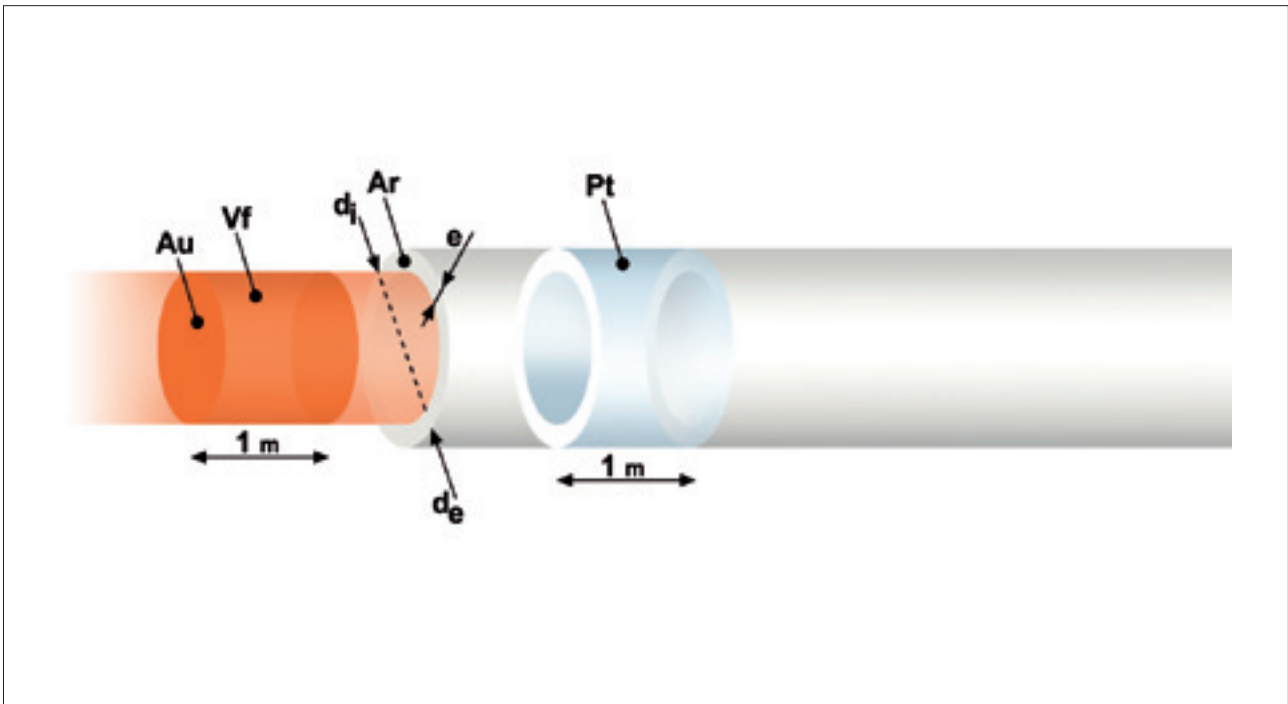
CODE	Code
DIM	Dimension
Ø	Diameter
$d_e$	External diameter
$d_{e\text{guaina}}$	External sheat diameter
$d_i$	Internal diameter
e	Thickness
Ar	Cross-sectional area of the pipe
Au	Cross-sectional area of the flow
J	Inertia geometrical moment respect to a diametrical axis
Pt	Pipe weight per metre
Vf	Volume of contained fluid per meter
mm	Millimeters
cm	Centimeters
	Suitable for hot water
	Multilayer pipe for water
	Indoor solutions
	Technical catalogue

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СИМВОЛЫ



CODE	Код
DIM	Размеры
Ø	Диаметр
$d_e$	Внешний диаметр
$d_{e\text{guaina}}$	Внешний диаметр оболочки
$d_i$	Внутренний диаметр
e	Толщина
Ar	Участок сечения трубы
Au	Участок полезного сечения прохода
J	Геометрический момент инерции по отношению к диаметральной оси
Pt	Вес трубы на метр
Vf	Объём содержащейся жидкости на метр
mm	Миллиметры
cm	Сантиметры
	Подходит для горячей воды
	Многослойная труба для воды
	Решения для внутренних помещений
	Техническое руководство

FORMULA - ФОРМУЛА



Symbol Символ	Formula Формула	Definition Определение
$d_e$	-	External diameter of the pipe [mm] Внешний диаметр трубы [мм]
$e$	-	Thickness of the pipe [mm] Толщина стенки трубы [мм]
$d_i$	$d_i = d_e - (2 \cdot e)$	Internal diameter of the pipe [mm] Внутренний диаметр трубы [мм]
$\rho$	-	Polyethylene specific weight [kg/m <sup>3</sup> ] Удельный вес полиэтилена [кг/м <sup>3</sup> ]
$Ar$	$Ar = \frac{\pi \cdot e \cdot (d_e - e)}{100}$	Cross-sectional area of the pipe [cm <sup>2</sup> ] Участок сечения трубы [см <sup>2</sup> ]
$Au$	$Au = \frac{\pi \cdot d_i^2}{400}$	Cross-sectional area of the flow [cm <sup>2</sup> ] Участок полезного сечения прохода [см <sup>2</sup> ]
$Pt$	-	Pipe weight per metre [kg/m] Вес трубы на метр [кг/м]
$Vf$	$Vf = \frac{Au}{10}$	Volume of contained fluid per metre [l/m] Объём содержащейся жидкости на метр [л/м]
$J$	$J = \frac{\pi \cdot (d_e^4 - d_i^4)}{640000}$	Inertia geometrical moment respect to a diametrical axis [cm <sup>4</sup> ] Геометрический момент инерции по отношению к диаметральной оси [см <sup>4</sup> ]



## UNIDELTA QUALITY AT THE SERVICE OF LIFE

Since 1973 Unidelta has searched, tested and developed innovative systemic solutions for quality plumbing: technological items made of high-tech plastic materials enabling the business to grow while safeguarding the environment.

This is why Unidelta PIPES and FITTINGS have always been considered products that simplify and improve the standard of living.

## КАЧЕСТВО UNIDELTA НА СЛУЖБЕ ЖИЗНИ

С 1973 Unidelta обдумывает-пробует-осуществляет передовые системные решения для качественной гидравлики: самые настоящие технологии, реализованные из передовых пластических материалов, которые гарантируют развитие при бережном отношении к окружающей среде.

Поэтому ТРУБЫ и ФИТИНГИ Unidelta всегда считались изделиями, которые упрощают и улучшают жизнь.





## 1. INTRODUCTION: THE UNIDELTA PE-X PIPE

Unidelta manufactures cross-linked polyethylene (PE-X) pipes which, thanks to their excellent mechanical properties at high temperatures, are ideal for hot and cold water distribution in sanitary and heating systems.

PE-X gives Unidelta piping countless qualities, in particular resistance to chemicals, corrosion and abrasion, light weight and ease of installation, non-toxicity, low noise, and a smooth and polished surface ensuring highly contained load losses.

In order to meet the various needs of its customers, Unidelta offers different types of cross-linked polyethylene pipes:

- **UniTerm:** cross-linked single layer polyethylene pipe used mainly in sanitary applications;
- **TriTerm:** cross-linked three layer polyethylene pipe with an external EVOH oxygen barrier mainly used in heating systems;
- **MultiTerm Plus:** cross-linked five layer polyethylene pipe with an internal EVOH oxygen barrier mainly used in heating systems.

Unidelta's Uniterm, Triterm and Multiterm Plus pipes are also available in an extractable version with the pipe inserted into a corrugated sheath.

## 1. ВВЕДЕНИЕ: ТРУБА ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА UNIDELTA

Компания Unidelta производит трубы из сшитого полиэтилена (PE-X), которые благодаря своим прекрасным механическим свойствам при высоких температурах идеально подходят для горячего и холодного водоснабжения для санитарного использования и для создания отопительных установок.

Сшитый полиэтилен обеспечивает трубам Unidelta многочисленные качества, среди которых выделяется химическая устойчивость, устойчивость к абразивному износу, лёгкость и простота установки, нетоксичность, низкий уровень шума, гладкая и полированная поверхность, которая позволяет достичь очень низких потерь напора.

Для удовлетворения разнообразных требований клиентов компания Unidelta предлагает разные типы труб из сшитого полиэтилена:

- **UniTerm:** труба из однослойного сшитого полиэтилена, которая используется, главным образом, в сантехнической сфере;
- **TriTerm:** труба из сшитого полиэтилена, состоящего из трёх слоёв с внешним кислородным барьером EVOH, используемая, главным образом, в сфере отопления;
- **MultiTerm Plus:** труба из сшитого полиэтилена, состоящего из пяти слоёв с внутренним кислородным барьером EVOH, используемая, главным образом, в сфере отопления.

Имеется также в наличии съёмная версия труб Unidelta Uniterm, Triterm и Multiterm Plus, в данной версии труба вставляется в гофрированную оболочку.

**UNITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**TRITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**MULTITERM** *Plus*  
SISTEMA UNIDELTA



## 2. APPLICATION FIELDS

The Unidelta PE-X pipe has been specifically developed for the following applications:

- distribution of both hot and cold water in sanitary applications;
- low temperature heating systems (with radiant panels);
- high temperature heating systems (radiator systems);
- cooling systems with radiant panels;
- anti-freeze and anti-snow plants.

Moreover, given the numerous exceptional properties of the pipe and the respective fittings, the Unidelta PE-X pipe can also be used for transporting compressed air, gaseous liquids, and a variety of chemical substances (in this regard see Chapter 13 on chemical compatibility). Unidelta PE-X pipes are also ideal for relining operations, thanks to their high resistance to abrasion.

### Sanitary distribution systems

The Unidelta PE-X pipe is ideal for systems intended for drinking water convey (hot and cold). In fact, the Unidelta PE-X pipes comply with several rules for drinking water convey. They are non-corrodible and have a high coefficient of sound insulation.

Moreover, the light weight and the particular flexibility make installation quick and easy. Bends can be made by hand: the minimum bending radius is 8 times the diameter of the pipe, which means that the quantity of fittings used in installing the system is considerably reduced. In order to implement tighter curvatures, branch-offs, or connections, it is required to use mechanical fittings, as PE-X pipes can be neither welded nor glued.

## 2. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Труба из сшитого полиэтилена (PE-X) компании Unidelta была разработана для следующих применений:

- горячее и холодное водоснабжение для сантехнических нужд;
- низкотемпературные отопительные системы (с отопительными панелями);
- высокотемпературные отопительные системы (с радиаторными системами);
- охладительные системы с отопительными панелями;
- противоморозные и снегозащитные установки.

Труба PE-X Unidelta может применяться для подачи сжатого воздуха, газообразных жидкостей и различных химических веществ (см. главу 13, в которой описывается химическая совместимость). Кроме того, рекомендуется использовать трубы PE-X Unidelta, когда возникает необходимость выполнить операции по смене футеровки, из-за их высокой устойчивости к абразивному износу.

### Установки водоснабжения для сантехнических нужд

Труба из сшитого полиэтилена (PE-X) компании Unidelta идеально подходит для производства установок питьевого водоснабжения (горячей и холодной водой). Трубы PE-X компании Unidelta совершенно нетоксичные, они не подвергаются коррозии и отличаются высоким коэффициентом акустической изоляции. Значительная гибкость трубы вместе с её лёгкостью делают установку трубы быстрой и незатруднительной. Можно выполнять сгибы вручную радиусом кривизны до восьми диаметров трубы: благодаря этой способности значительно сокращается количество соединительных муфт, используемых для создания установки.

Для более крутых изгибов, ответвлений или соединений необходимо использовать механические муфты, поскольку сшитый полиэтилен нельзя сваривать или склеивать.



The most popular mechanical fittings to joint cross-linked polyethylene pipes can be either compression fittings or press-fittings.

Either brass or steel compression fittings are made in three components: the fitting body, the cut olive, the screw nut.

While tightening, the screw nut operates on the olive deforming and pressing it onto the fitting body as well as onto the pipe.

The sealing is assured by the compression of the O-rings or by the pipe itself on the insert of the body (figure 2.1).

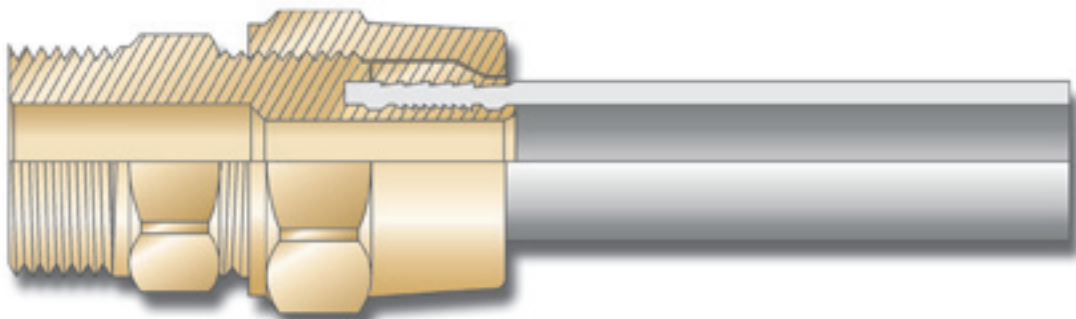
Существуют два типа механических муфт для труб из сшитого полиэтилена: винтовые или нажимные.

Винтовые муфты делаются из латуни или нержавеющей стали и характеризуются тремя элементами: корпус муфты, втулка и крепёжная гайка.

Во время затяжки гайка надавливает на втулку, деформируя её и вдавливая её, как в корпус муфты, так и в трубу.

Гидроизоляция обеспечивается либо уплотнениями, либо путем сжатия самой трубы к корпусу фитинга (рисунок 2.1).

Figure 2.1 - Compression fitting  
Рисунок 2.1 - Винтовая соединительная муфта



Press-fittings are made of a fitting body - which can be made of either brass, steel or even a synthetic material (technopolymers) - and from a steel seal sleeve.

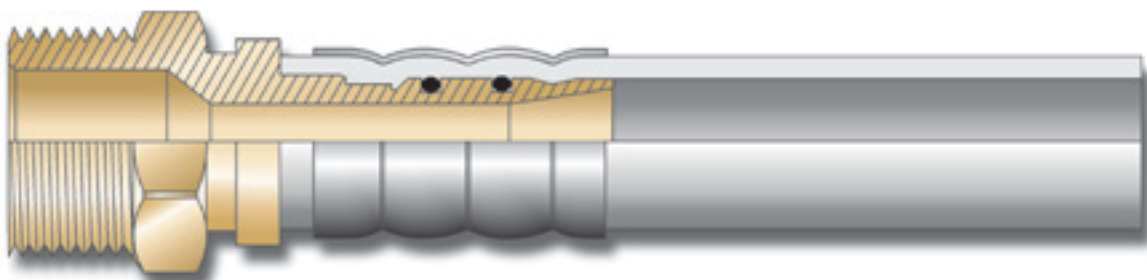
Tightening results from the sleeve which is deformed by an electric-pneumatic tool that presses it on the external surface of the pipe.

The pressure the pipe exerts on the O-rings placed on the fitting body makes the hydraulic seal possible.

Нажимные муфты (пресс-фитинги) состоят из корпуса муфты, сделанного из латуни, нержавеющей стали, а в наше время они могут быть также сделаны из синтетического материала (технополимеров), и из уплотнительной втулки из нержавеющей стали.

Операция затяжки состоит в деформации втулки с помощью электропневматического инструмента, путём её сжатия на внешней поверхности трубы. Гидроизоляция обеспечивается давлением, которое в данном случае оказывает труба на уплотнения, расположенные на корпусе муфты.

Figure 2.2 - Press-fitting  
Рисунок 2.2 - Нажимная муфта



Two different system solutions are generally used: with manifold (figure 2.3) or in series (figure 2.4). The manifold distribution allows to have reduced pressure losses on every utility and to use a contained number of connections, whilst the series distribution allows a saving on the quantity of pipe used.

Обычно используемые проектировочные решения могут быть двух типов: коллекторные (рисунок 2.3) или последовательные (рисунок 2.4). Коллекторное распределение позволяет добиться малых потерь давления на каждом пользователе и использовать небольшое количество соединительных муфт, а последовательное распределение позволяет сократить используемое количество трубы.

Figure 2.3 - Distribution by manifold  
Рисунок 2.3 - Коллекторное распределение

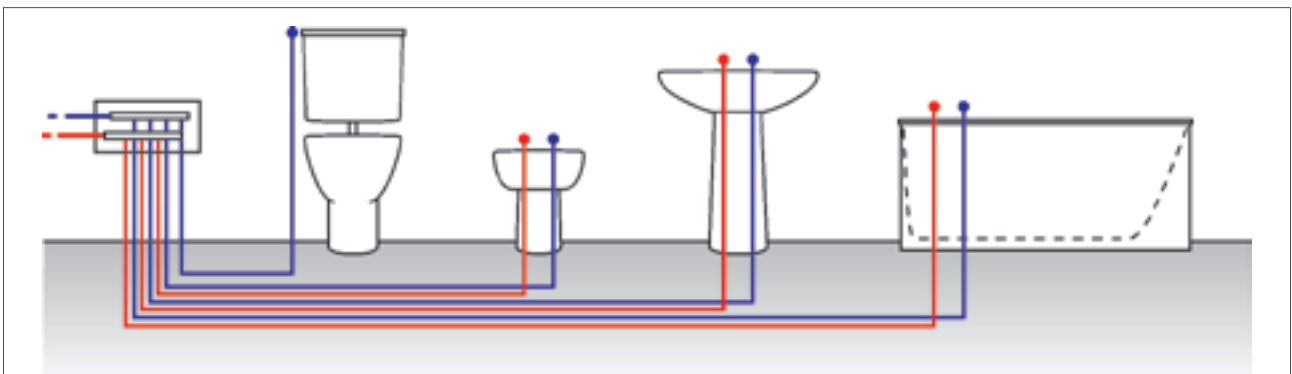
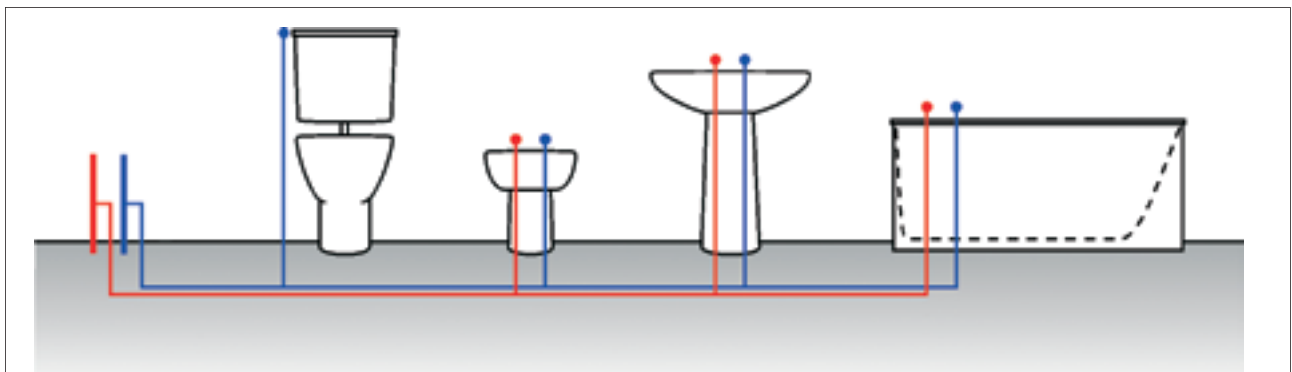


Figure 2.4 - Distribution in series  
Рисунок 2.4 - Последовательное распределение





### Radiant panel heating systems

Another area of application for the Unidelta PE-X pipe is in radiant panel heating systems. The system of heating with radiant panels was introduced in Italy in 1960 but initially had little success.

The lack of regulations governing sizing and the poor quality of the products used made it difficult to engineer efficient systems that could guarantee the required comfort level. The most common problem was that the surface temperature of the floors was too high.

The introduction of new materials, reliable and safe, the birth of normatives for plant sizing and the growing attention on systems which allow energy savings, have enabled the re-introduction of the radiating panels system, which is today growingly affirming itself.

Radiant panels can be used on the ceiling, floor, or wall. The thermal carrier liquid inside the coil is water at a relatively low temperature (maximum 50°C).

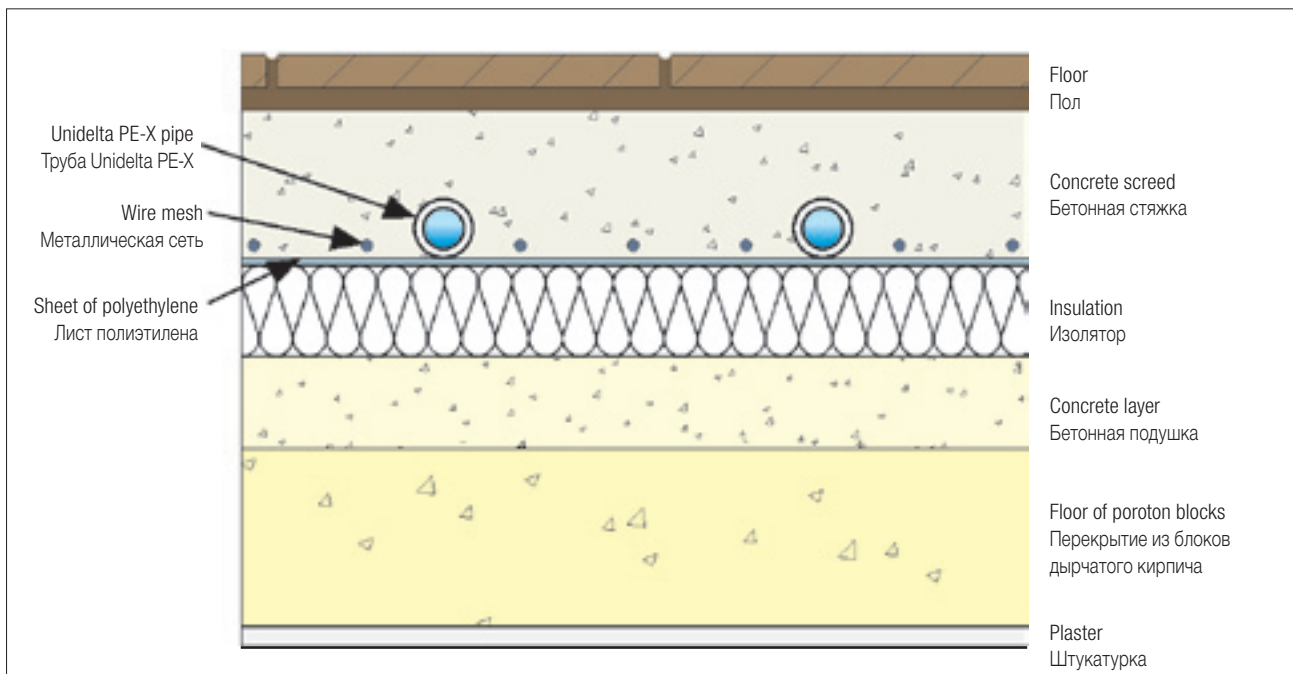
### Отопительные установки с отопительными панелями

Отопительные установки с отопительными панелями являются ещё одной сферой применения трубы из сшитого полиэтилена Unidelta. Отопительные установки с отопительными панелями начали использоваться в Италии в 1960 году, но сначала без особого успеха. Отсутствие нормативных постановлений, которые бы определяли их размеры, и низкое качество используемых продуктов не позволяли выпускать эффективные установки, которые бы могли гарантировать необходимый комфорт. Самая распространённая проблема заключалась в слишком высокой поверхностной температуре полов.

Введение новых, надёжных и безопасных материалов, создание нормативных постановлений для регулировки размеров установок и растущий интерес к системам, которые позволяют добиться экономии электроэнергии, привели к возобновлению использования системы с отопительными панелями, которая сегодня начинает быстро завоёвывать признание.

Отопительные панели могут быть потолочными, напольными или настенными. Тепловая жидкость в змеевиках - это вода с относительно низкой температурой (не выше 50°C).

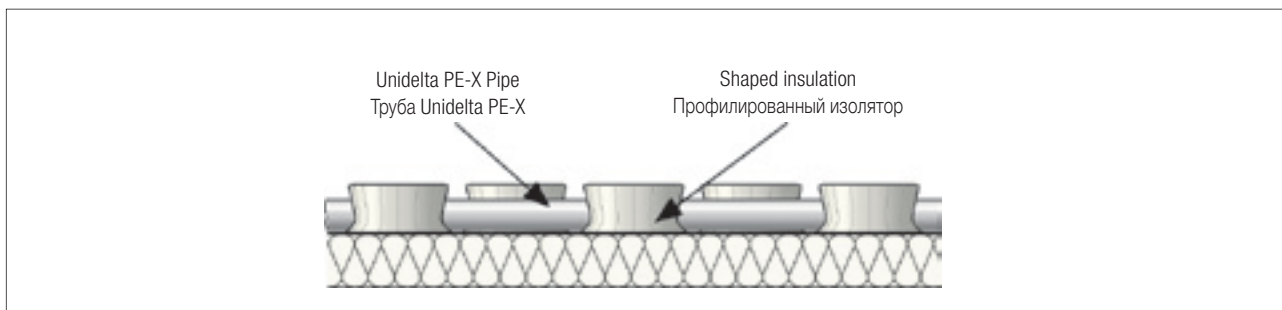
Figure 2.5 - Diagram of an underfloor radiant panel  
Рисунок 2.5 - Схема напольной отопительной панели



The pipe is laid on a panel of polystyrene foam for thermal insulation, reducing the downward flow of heat. The panel may have a sheet of polyethylene that acts as a vapour barrier, thereby protecting the insulation from the moisture of the concrete screed. In some cases, a welded wire mesh is installed to distribute the loads on the floor evenly, and it can also serve as a fastening structure for the tubing using clips. In most cases, the polystyrene panel is appropriately shaped for quick and easy pipe fastening (figure 2.6).

Трубы кладутся на панель из полистирольного пенопласта, выступающую в качестве изолятора, который сокращает тепловой поток в нижнем направлении. На панели может лежать полиэтиленовый лист, который играет роль пароизоляционного барьера для защиты изолятора от влажности бетонной стяжки. В некоторых случаях устанавливается электрически сваренная металлическая сеть, которая равномерно распределяет нагрузки, оказываемые на пол, и может служить в качестве крепежной структуры для труб с помощью зажимов. В большинстве случаев панель из полистирола имеет соответствующий профиль для лёгкого и быстрого крепления труб (рисунок 2.6).

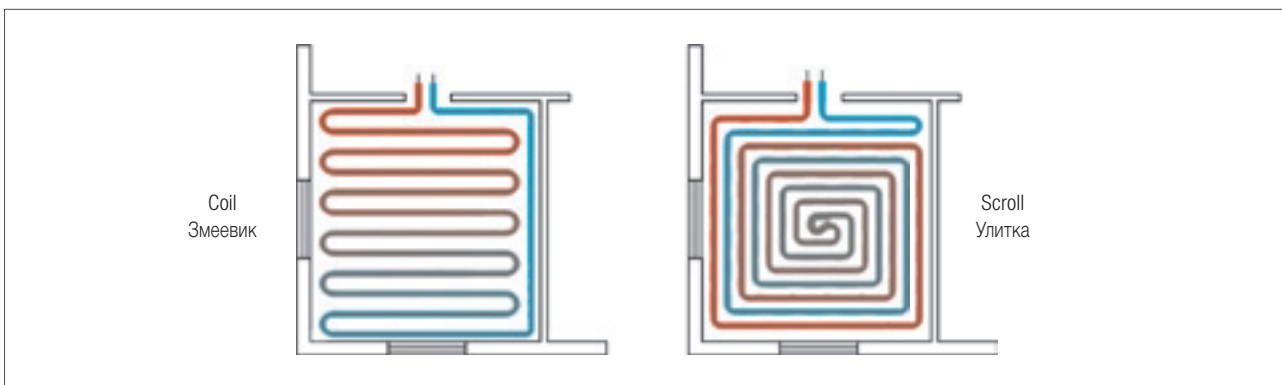
Figure 2.6 - Shaped polystyrene panel  
Рисунок 2.6 - Панель из профилированного полистирола



The circuit can be created with various types of configurations (figure 2.7): the most common are coil and scroll. The scroll configuration is preferable as it allows greater uniformity of the floor temperature due to the alternation of the delivery pipe with the return pipe. Generally, in the vicinity of the coldest walls, the pitch of the pipes is reduced in order to compensate for the greater heat dispersion. A correctly designed radiant panel must create a floor surface temperature of 29°C in rooms with permanent occupation, 32°C in bathrooms, and a temperature of 35°C is allowed for rooms with occasional occupation such as the perimeter zones with higher heat dispersion.

Контур может быть сделан в соответствии с разными типами конфигурации (рисунок 2.7), наиболее общие типы: змеевиковые и улиткообразные. Рекомендуется использовать улиткообразную конфигурацию, поскольку она гарантирует большую однородность температуры пола из-за чередования нагнетательной трубы с обратной трубой. Обычно рядом с наиболее холодными стенами сокращается шаг труб, чтобы компенсировать большее тепловое рассеивание. Правильно спроектированная отопительная панель должна создавать поверхностную температуру пола равную 29°C в постоянно занятых помещениях, 32°C - в ванных комнатах; температура 35°C допускается в изредка используемых помещениях, таких как периметральные участки с большим тепловым рассеиванием.

Figure 2.7 - Distribution of the circuit  
Рисунок 2.7 - Распределение контура

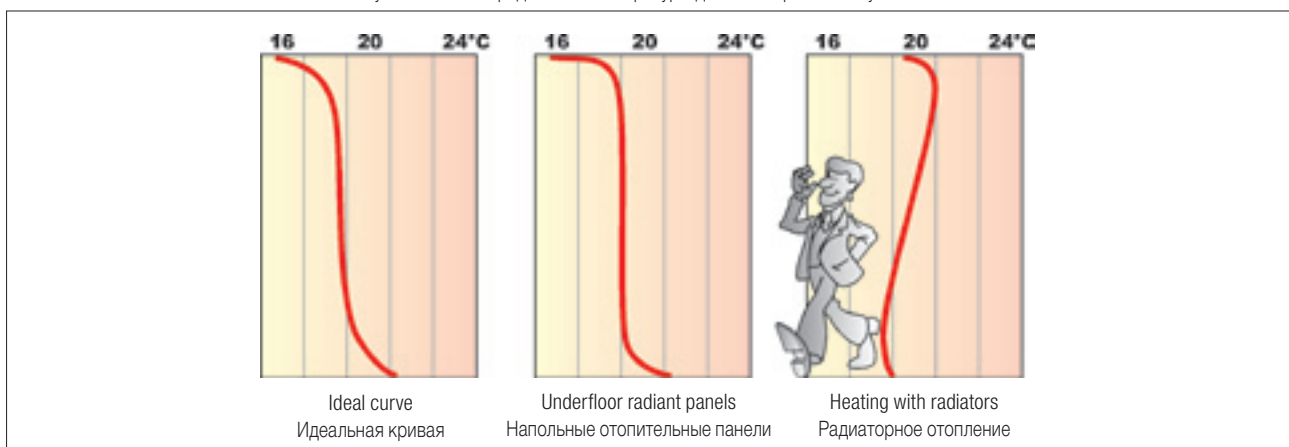




This type of system offers innumerable advantages, first of all the energy savings that can be obtained, a minimum of 10% compared to radiator systems. The heating takes place primarily by irradiation, providing uniform distribution of the air temperature in the vertical direction, a condition that is very close to the ideal one for the optimal physiological state of the human body.

Этот проектировочный тип имеет многочисленные преимущества, среди которых первое место занимает достигаемая экономия электроэнергии, не менее 10% по сравнению с радиаторными установками. Главным образом, отопление осуществляется благодаря теплоизлучению, делая распределение температуры воздуха в вертикальном направлении однородным. Данное условие очень близко к идеальному для физиологического состояния человеческого тела.

Figure 2.8 - Temperature distribution for different types of systems  
Рисунок 2.8 - Распределение температуры для некоторых типов установки



Decreasing the room temperature by 1°C provides the same level of comfort as traditional systems and at the same time a reduction in energy consumption of approximately 6%. Heating with radiant panels does not create convective movement of warm air, impeding the movement of dust with the consequent absence of dark smudges on the walls in the vicinity of the heat source (radiators). The broad radiant surface at low temperature, in fact, prevents the formation of convective movements of air and considerably reduces the vertical thermal stratification.

The heating of the air in contact with surfaces at low temperature reduces the need for humidifying the air, thus contributing to increase the level of well-being in the space. This type of system is particularly desirable for spaces with large volume or particular ceiling height such as industrial buildings, convention centres, churches, gyms, etc. The use of a low temperature heat source (water, on average at 35°C-45°C) also reduces heat dispersion along the distribution ducts. The absence of outer heating bodies makes it possible to increase the availability of space in the rooms and avoid the need for radiator niches. Radiant panels can also be used in special applications such as the heating of large outdoor areas (viaducts, bridges, yards, airport runways) for antifreeze, snow-melt, or defrosting functions.

При уменьшении температуры окружающей среды на 1°C, получается такая же степень комфорта, как и в традиционных установках и одновременно с этим расходы сокращаются, примерно, на 6%. Отопление с помощью отопительных панелей не создаёт много конвекций горячего воздуха, предотвращая движение пыли, которое могло бы привести к образованию тёмных разводов на стенах рядом с источниками тепла (радиаторами). Дело в том, что большая низкотемпературная отопительная площадь предотвращает образование множества конвекций воздуха и значительно сокращает вертикальное тепловое расслоение. Отопление воздуха в контакте с низкотемпературными поверхностями сокращает необходимость увлажнения воздуха улучшая, таким образом, климат помещения. Этот тип установки особенно подходит для помещений больших размеров или с большой высотой, таких как: промышленные здания, салоны, церкви, спортивные залы и т.д. Кроме того, использование низкотемпературного источника тепла (средняя температура воды 35°C-45°C) сокращает тепловое рассеивание вдоль распределительных трубопроводов. Отсутствие внешних нагревательных элементов позволяет увеличить свободное пространство помещений и избежать создания ниш для размещения радиаторов. Отопительные панели могут использоваться также и для особых применений, таких как: отопление больших внешних участков (виадуки, мосты, площадки, взлётно-посадочные полосы), с противоморозными, снегозащитными или размораживающими функциями.

### Radiator heating systems

Thanks to its excellent resistance to high temperatures, the Unidelta PE-X pipe can also be used for installing traditional heating systems with radiators. In creating both series and manifold systems, similarly to the installation of sanitary systems, simplicity and speed of installation play a fundamental role.

### Cooling system with radiant panels

Radiant panel systems can also be used for summertime cooling of buildings. Ceiling panels are the most suitable for this application due to their position that favours the subtraction of heat from the room. Generally, these types of systems are integrated with air-conditioning systems so that the panel eliminates the majority of the sensitive thermal load and the air-conditioning system the latent thermal load. The result is greater energy efficiency and a level of comfort that cannot be achieved with either of the two systems used independently. In the case of cooling with radiant panels without the aid of an air-conditioning system, it is important to establish the minimum temperature of the water inside the coils in order to prevent the formation of condensate on the floor or on the ceiling. For this reason, the surface temperature of the panel must not be less than the dew point temperature of the ambient air. With ambient air at 30°C and relative humidity of 50%, the temperature at which condensate forms (dew point temperature) is about 18.5°C. On the contrary, if the radiant panel system is combined with an air-conditioning system, and thus a system of dehumidification, the danger of condensation is lessened and the temperature of the water in the coils of the ceiling system can be further reduced.

### Радиаторные отопительные установки

Благодаря прекрасной устойчивости к высоким температурам труба из сшитого полиэтилена Unidelta может использоваться также и для создания традиционных отопительных установок, работающих на радиаторах. Дело в том, что, как уже было сказано в отношении выпуска санитарно-технических установок, простота и быстрота инсталляции играют очень важную роль, как для осуществления установки последовательного типа, так и для осуществления коллекторной установки.

### Охладительная система с отопительными панелями

Установки с отопительными панелями могут использоваться также и для летнего охлаждения зданий, потолочные версии лучше подходят для выполнения данной функции именно благодаря их положению, которое благоприятствует теплоотводу в помещении. Обычно эти типы установки дополняются системами кондиционирования воздуха так, чтобы панель выполняла большую часть ощутимой тепловой нагрузки, а система кондиционирования воздуха отводила скрытую тепловую нагрузку. Результат: большая энергетическая эффективность и высокий уровень комфорта, который невозможно достичь при отдельном применении одной из двух упомянутых систем. При охлаждении с помощью отопительных панелей без применения системы кондиционирования воздуха важно устанавливать минимальную температуру в змеевике, чтобы избежать образования конденсата на полу или на потолке. По этой причине поверхностная температура панели не должна быть ниже точки росы в помещении: при температуре окружающей среды равной 30°C и относительной влажности 50% температура, при которой образуется конденсат (точка росы), равняется, примерно, 18.5°C. И наоборот, если установка с отопительными панелями сочетается с системой кондиционирования воздуха и, следовательно, с системой удаления влаги из воздуха, то опасность образования конденсата меньше и температура воды в змеевиках потолочной установки может быть значительно ниже.



### 3. QUALITY CONTROL

To guarantee optimal quality and reliability of the product, Unidelta submits PE-X pipe to strict and rigorous controls. Moreover, the entire production process is constantly monitored by means of sophisticated electronic sensors and systems. Some controls carried out on both the final product and the production process are described below.

#### Dimensional control

During production, the dimensional characteristics of the Unidelta PE-X pipe are constantly checked using special optical and ultrasound instruments. Additionally, at regular intervals of time the operator checks that the dimensions of the pipe are within the tolerances defined by the standards.

#### Control of the process parameters

On the production line, a meticulous control of all the process parameters is carried out using sophisticated electronic instruments. All data is saved on the database for historical tracing.

#### Pressure tests

Pipe samples undergo tests of seal under pressure at different temperatures. They are considered suitable for use if they satisfy the test conditions defined by rigorous standards.

#### Longitudinal reversion

The pipe samples are kept at 120° for 1 hour. After cooling the residual expansion/contraction must be less than or equal to 3%.

#### Determination of the degree of PE-X crosslinking

The degree of crosslinking of the PE-X is determined by means of the procedure of extraction with solvent. For polyethylene crosslinked with the silane method (PE-X-b), a degree of crosslinking greater than 65% is guaranteed so that the PE-X possesses the required mechanical characteristics.

#### Control of raw materials

The physical characteristics of the polymer materials are controlled upon reception and are certified by the supplier.

### 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Для гарантии высокого качества и надёжности продукции компания Unidelta выполняет строгие проверки трубы из сшитого полиэтилена. Каждый метр трубы постоянно контролируется с помощью датчиков и электронных систем. Ниже приводятся некоторые проверки, которым подвергается конечная продукция и производственный процесс.

#### Проверка размеров

Во время производства постоянно контролируются характеристики размеров труб из сшитого полиэтилена Unidelta, используя специальные оптические и ультразвуковые инструменты. Кроме того, оператор периодически выполняет проверку, чтобы размеры трубы соответствовали допускам, которые были определены в нормативных постановлениях.

#### Проверка параметров процесса

На производственной линии выполняется тщательная проверка всех параметров процесса с помощью сверхсовременных электронных приборов. Все данные сохраняются в базе данных, чтобы при желании их можно было найти.

#### Проверки под давлением

Образцы труб проходят проверки на герметичность под давлением при различных температурах. Трубы считаются пригодными к использованию, если они успешно прошли испытательные условия, установленные в строгих нормативных постановлениях.

#### Определение продольной усадки

Свойства трубы определяются посредством нагрева образцов в печи при 120° в течение одного часа. Образец считается пригодной к эксплуатации, если отклонения размеров не превышают 3%.

#### Определение степени сшивания сшитого полиэтилена

Степень сшивания сшитого полиэтилена определяется с помощью процедуры вытяжки растворителем. Для сшитого полиэтилена с силанами (PE-X-b) гарантируется степень сшивания более 65%, таким образом, чтобы сшитый полиэтилен имел требуемые механические характеристики.

#### Проверка сырья

Физические характеристики полимерных материалов проверяются при поступлении и имеют сертификат поставщика.



### 3.1 QUALITY CERTIFICATIONS

Unidelta PE-X pipe are tested and approved by major certification agencies.

Unidelta's own quality system is certified to UNI EN ISO 9001:2015.

### 3.1 СЕРТИФИКАТЫ КАЧЕСТВА

Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta были испытаны и получили одобрение важных международных институтов сертификации.

Система качества Unidelta имеет сертификат UNI EN ISO 9001:2015.



Uniterm - Certificate  
no. 90241 (holder no. 031)

### 4.1 INTRODUCTION

A polymer is a macromolecule composed of a high number of basic structural units, which are called monomers. The technically important polymers are classified according to their physical characteristics: thermoplastic (plastomers), elastomers, and thermosetting (duromers). Polyethylene is a thermoplastic material composed of numerous long-chain molecules. Even at moderately high temperatures (though below the melting point), the material begins to have a significant degree of fluidity. The excellent qualities of this material are therefore limited by the working temperature.

With the process of crosslinking, the molecules of polyethylene bind together to form a more complex three-dimensional structure: in fact, the chemical reaction of crosslinking transforms the product from thermoplastic into thermosetting. The material undergoes a structural modification that improves its characteristics, such as resistance to abrasion, chemical resistance, and mechanical resistance over time.

With crosslinking, the degree of fluidity is considerably reduced and the performance features of the material are significantly increased. In addition to this increased performance at high temperatures, crosslinked polyethylene maintains the excellent properties of thermoplastic materials.

Polyethylene is never crosslinked completely because this would make it too fragile and subject to stress cracking. Insufficient crosslinking, on the other hand, may not provide the increased performance desired with respect to the base polyethylene. The objective is therefore to find the degree of crosslinking that produces the best compromise between mechanical resistance and the flexibility necessary for using the product, while eliminating stress cracking. In relation to the type of crosslinking process adopted, the degree of crosslinking can vary between 60% and 89%.

There are various technologies for obtaining polyethylene crosslinking, but, as polyethylene does not have functional groups that have crosslinking capacity, it is necessary to add another component to the material.

### 4.1 ВВЕДЕНИЕ

Полимер - это макромолекула, состоящая из большого количества базовых единиц мономеров. Важные с технической точки зрения полимеры были классифицированы на основании их физических характеристик: существуют термопластические полимеры (пластомеры), эластомеры и термореактивные полимеры (реактопласты). Полиэтилен - это термопластический материал, состоящий из множества чрезвычайно длинных молекул. Даже при не очень высоких температурах (ещё ниже точки плавления) материал начинает обладать значительной степенью текучести. Следовательно, прекрасные качества этого материала ограничиваются рабочей температурой.

В процессе сшивания молекулы полиэтилена соединяются вместе для образования более сложной трёхмерной структуры: химическая реакция сшивания превращает продукт из термопластического в термореактивный. Материал подвергается структурному изменению, которое улучшает такие характеристики, как: устойчивость к абразивному износу, химическая устойчивость и механическая устойчивость во времени.

При сшивании степень текучести значительно снижается и эксплуатационные характеристики материала значительно улучшаются. Кроме этого улучшения эксплуатационных качеств при высоких температурах, сшитый полиэтилен сохраняет прекрасные характеристики термопластических материалов.

Полиэтилен никогда полностью не сшивается, потому что это может сделать его слишком хрупким и подверженным растрескиванию под действием напряжения. Недостаточное сшивание, наоборот, может не привести к необходимому улучшению эксплуатационных характеристик по сравнению с базовым полиэтиленом. Следовательно, задача заключается в нахождении степени сшивания, которая бы являлась правильным компромиссом между механической прочностью и гибкостью, необходимой для применения продукта, наряду с этим предотвращая растрескивание под действием напряжения. В зависимости от выполняемого типа процесса сшивания степень сшивания может меняться от 60% до 89%.

Существуют различные технологии для сшивания полиэтилена, но ввиду того, что полиэтилен не имеет функциональных групп, которые способны к сшиванию, необходимо добавить еще один компонент.

### A. Peroxide method

The extrusion takes place at temperatures lower than 160-170°C to prevent the peroxides mixed with the polyethylene from decomposing and starting the crosslinking prematurely; this means low production speeds and very high melting pressures. The crosslinking occurs, still in line but after the phase of pipe calibration, by passing the extrusion through chambers at temperatures of 220-230°C, temperatures at which the chemical process of crosslinking begins. The minimum requirement for the degree of crosslinking with this method is 70%. Polyethylene crosslinked with the peroxide method is known as PE-Xa.

### B. Silane method

The crosslinking takes place with the creation of chemical bonds due to the presence of silanes. This process takes place in part during the extrusion stage but mainly during a second stage which consists in placing the pipe bars or rolls in a water/steam tank at temperatures between 70°C and 110°C. The crosslinking process is activated by the humidity and temperature and is accelerated by the addition to the mixture of a suitable catalyst. In this case the minimum requirement for the degree of crosslinking is 65%. Polyethylene crosslinked with the silane method is known as PE-Xb.

### C. Radiation method

This is a physical type crosslinking process due to the presence of sources that irradiate electromagnetic waves,  $\gamma$  rays ("nuclear" process) or at high-energy electrons,  $\beta$  rays ("electron bombardment" process). The minimum requirement for the degree of crosslinking 60%. The polyethylene crosslinked with the silane method is known as PE-Xc.

### Which is the best method?

A lot of discussions have been held on which cross-linking process produces the best pipe.

The quality of the pipe does not depend on the cross-linking process but on its ability to pass standard physical and mechanical tests. The principal discussion should be focused on the ability to manufacture a PE-X pipe according to standard requirements for each cross-linking method described above. Pipes can be manufactured according to various standards; however, regardless of the cross-linking method, the pipes must pass several demanding tests with requirements covering also materials, production, dimensions, tolerances, pressure resistance test, etc. This is the best way to evaluate the quality and performance of a pipe.

### A. Пероксидный метод

Экструзия происходит при температурах ниже 160-170°C, чтобы пероксиды, смешанные с полиэтиленом, не стали разлагаться и не начали преждевременное сшивание; это приводит к низкой скорости производства и очень высокому давлению плавления. Сшивание всегда происходит на линии, но после этапа калибровки трубы, пропуская экструдированное изделие через камеры с температурой 220-230°C, при этих температурах начинается химический процесс сшивания. Минимальное допустимое значение степени сшивания при данном методе составляет 70%. Сшитый полиэтилен, выполненный с использованием пероксидного метода, называется PE-Xa.

### B. Силановый метод сшивки

Сшивание происходит за счет создания химических связей, обусловленных присутствием силанов. Настоящий процесс частично проходит на фазе экструзии, но в основном, на втором этапе, который заключается в размещении штанг или рулонов труб в бак с водой/паром при температуре от 70°C и до 110°C. Процесс сшивания активизируется от влажности и температуры и ускоряется добавлением в смесь подходящего катализатора. В данном случае, минимально допустимое значение степени сшивания составляет 65%. Сшитый методом силанов полиэтилен называется PE-Xb.

### C. Радиационный метод

Это процесс сшивания физического типа, являющийся результатом присутствия источников, которые излучают электромагнитные волны, радиации  $\gamma$  ("ядерный" процесс), или жестких электронов, радиации  $\beta$  (процесс облучения электронами). Минимальное допустимое значение степени сшивания составляет 60%. Сшитый полиэтилен, выполненный с использованием радиационного метода, называется PE-Xc.

### Какой метод лучше?

Существует много мнений о том, какой процесс сшивания производит лучшие трубы.

Качество трубы не зависит от метода сшивания, а от способности пройти физические и механические испытания, установленные в нормативных постановлениях. Главный аргумент должен концентрироваться на возможности делать трубы из сшитого полиэтилена в соответствии с требованиями нормативных постановлений, относящихся к каждому описанному выше методу. Трубы могут выпускаться в соответствии с разными нормативными постановлениями, но независимо от метода сшивания они все должны успешно пройти серию многочисленных и ответственных испытаний, чьи требования включают в себя материалы, производство, размеры, допуски, испытания на прочность под давлением и т.д. Это лучший способ для определения качества и эксплуатационных характеристик трубы.



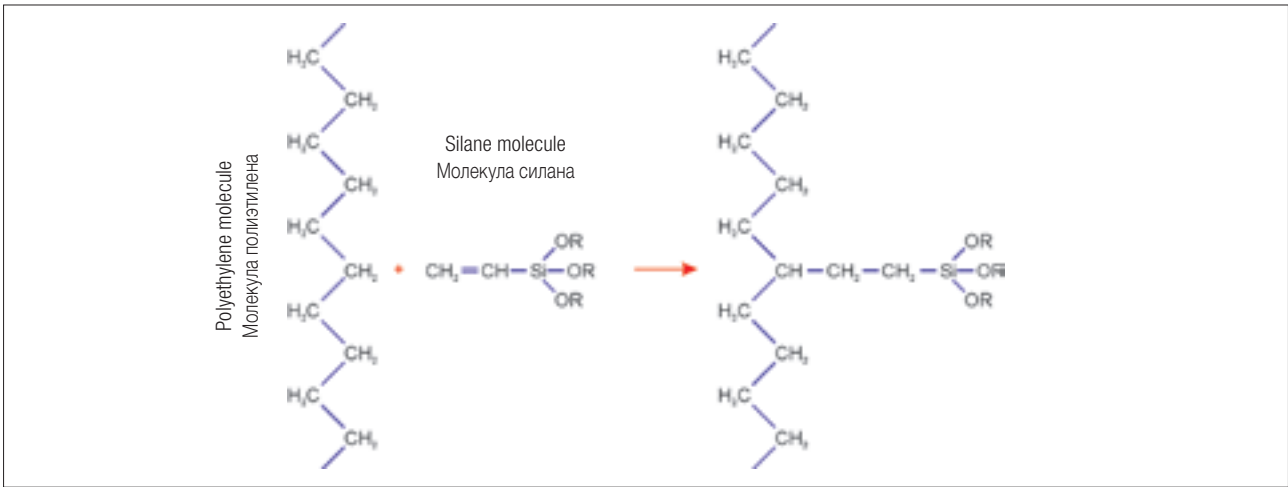
### 4.1.1 THE SILANE METHOD IN DETAIL

The Unidelta PE-X pipes are made of polyethylene crosslinked using the silane method (PE-Xb). The polyethylene used is a copolymer that is crosslinkable by grafting silane onto the polyethylene. A suitable catalyst is added to accelerate the phase of crosslinking on the chains of polyethylene.

### 4.1.1 ДЕТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ СИЛАНОВОГО МЕТОДА

Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta сделаны с использованием силанового метода (PE-Xb). Используемый полиэтилен - это сшиваемый с полиэтиленом графтсополимер силана. Для ускорения этапа сшивания между цепочками полиэтилена добавляется соответствующий катализатор.

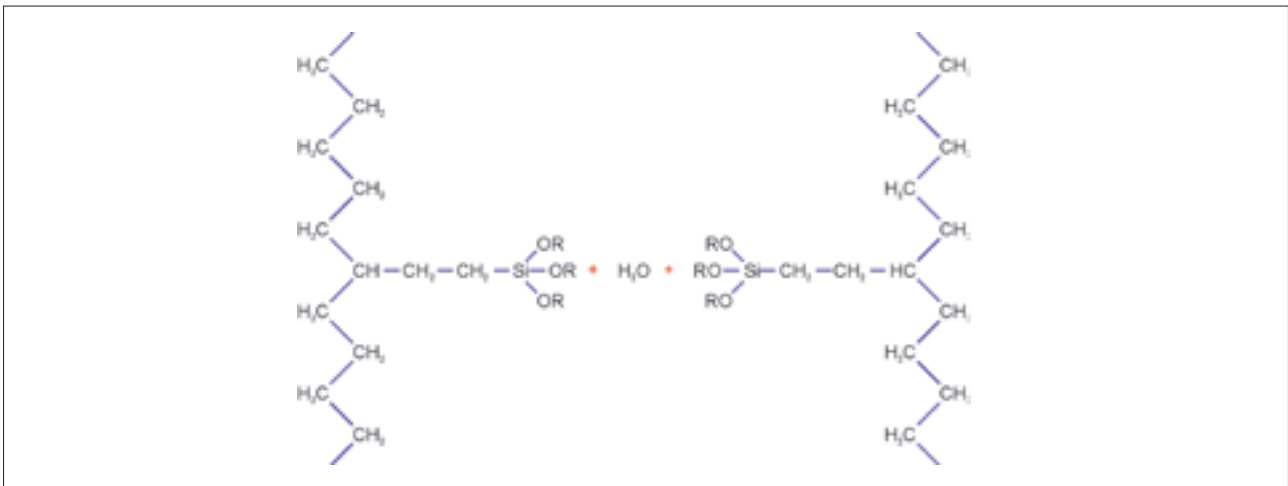
Figure 4.1 - Silane molecule grafted onto the polyethylene molecule  
Рисунок 4.1 - Молекула силана, соединённая с молекулой полиэтилена



Cross-linking occurs when the pipes produced in rolls or bars are placed in a tank containing water/steam at high temperature. The water molecules diffuse inside the wall of the pipe and, reacting with the copolymer, form hydroxylic groups on the lateral chains of silane (hydrolysis).

Сшивание полимера происходит, когда трубы в рулонах или в штангах вводятся в бак с водой/паром при высокой температуре. Молекулы воды проникают внутрь стенки трубы и вступают в реакцию с сополимером, образуя гидроксильные группы на боковых звеньях силана (гидролиз).

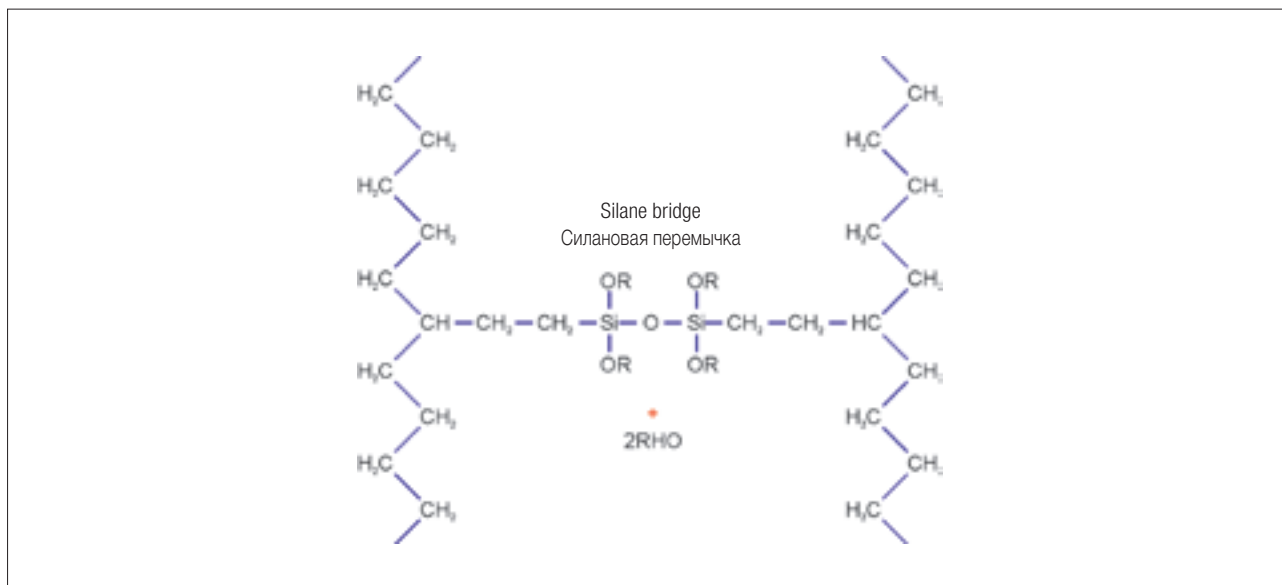
Figura 4.2 - Crosslinking reaction  
Рисунок 4.2 - Реакция сшивания



Subsequently, the hydroxylic groups react among themselves, forming silane bridges between the lateral chains and thus between the molecules of polyethylene (crosslinking).

Далее гидроксильные группы вступают в реакцию между собой, образуя силиановые перемишки между боковыми цепочками и, следовательно, между молекулами полиэтилена (сшивание).

Figura 4.3 - Polyethylene molecules bound by means of silane bridge  
Рисунок 4.3 - Молекулы полиэтилена, связанные силиановой перемишкой



Given that at each lateral chain of silane there are three terminal groups  $-OR$ , each of them can join with other lateral chains attached to further polyethylene molecules, forming a three-dimensional structure. The final product is crosslinked polyethylene by means of  $-Si-O-Si-$  bonds that by nature have an extremely high bond strength.

Since the crosslinking takes place subsequent to the diffusion of the molecules of water in the wall of the pipe, the time necessary to accomplish the process is linked to the diffusion time. The higher the temperature of the water in the crosslinking process, the higher the mean temperature reached by the immersed pipe. As the polyethylene expands with the increasing temperature, its density is reduced and the level of diffusion of the water inside it increases. Therefore, the higher the temperature of crosslinking, the less time necessary for completion of the crosslinking process. The greater the thickness of the pipe, the greater the time of diffusion must be, and therefore the time necessary for crosslinking. Following this chemical transformation, the crosslinked polyethylene becomes a thermosetting material and presents certain particular characteristics compared to traditional thermoplastic materials (normal polyethylene, polypropylene, polybutylene): greater resistance to aging in the long term and greater performance at high temperatures.

Поскольку для каждой боковой цепочки силана имеются три конечные группы  $-OR$ , каждая из них может соединяться с другими боковыми цепочками, соединёнными с таким же количеством молекул полиэтилена, образуя трёхмерную структуру. Конечный продукт - это сшитый полиэтилен с помощью связей  $-Si-O-Si-$ , которые по своей природе имеют чрезвычайно большую силу связи.

Поскольку сшивание осуществляется вследствие диффузии молекул воды в стенке трубы, время, необходимое для завершения процесса, зависит от времени диффузии. Чем выше температура воды процесса сшивания, тем выше средняя температура погружённых труб. Поскольку при увеличении температуры полиэтилен расширяется, сокращается его плотность и увеличивается уровень диффузии внутри него воды. Следовательно, чем выше температура сшивания, тем меньше времени требуется для завершения процесса сшивания. Чем больше толщина труб, тем больше времени займёт диффузия и, следовательно, необходимо больше времени для сшивания. Сшитый полиэтилен, в результате этого химического превращения, становится термореактивным материалом и обладает некоторыми особыми характеристиками в отличие от традиционных термопластических материалов (обычный полиэтилен, полипропилен, полибутилен): большей устойчивостью к старению во времени и лучшими эксплуатационными характеристиками при высоких температурах.



The main physical-mechanical properties of the PE-X are summarised in the table below.

Главные физико-механические свойства сшитого полиэтилена описаны в следующей таблице.

Table 4.1 - PE-X physical-mechanical properties  
Таблица 4.1 - Физико-механические характеристики сшитого полиэтилена

Indicative PE-X physical-mechanical properties Ориентировочные физико-механические характеристики PE-X	Method Метод	Unit Блок	Value Значение
Density at +23°C - Плотность при +23°C	ISO 1183	Kg/m <sup>3</sup>	945
Tensile stress at yield - Напряжение при текучести	ISO 527-1, -2	MPa	≥ 20
Specific heat at +23°C - Удельная теплоёмкость при +23°C	-	KJ/Kg.K	1,92
Thermal conductivity - Тепловая проводимость	-	W/(m.K)	0,38
Linear thermal expansion coefficient - Коэффициент линейного расширения	ASTM D 696	K <sup>-1</sup>	1,9.10 <sup>-4</sup>
Crosslinking grade - Степень сшивки	-	%	>65

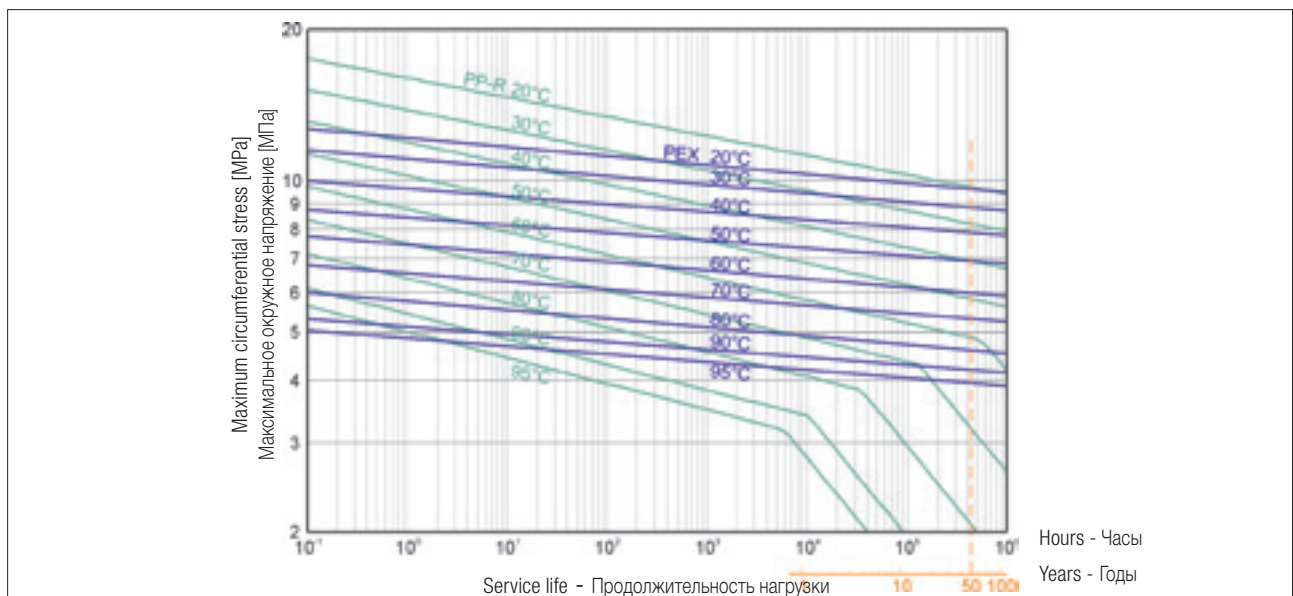
Diagram 4.1 compares the regression curves of cross-linked polyethylene (PE-X) with those of polypropylene (PP-R), another material used to manufacture pipes for hot water and heating systems.

The mechanical strength of PE-X is stable through time at very high temperatures and does not “bend” at high temperatures, which indicates a sharp decline in properties (ageing).

На диаграмме 4.1 сравниваются кривые регрессии сшитого полиэтилена (PE-X) с кривыми полипропилена (PP-R), другого материала, который применяется для выпуска трубопроводов для гидро-термо-сантехнических применений.

Механическая прочность сшитого полиэтилена имеет большую стабильность во времени по сравнению с полипропиленом и на его кривых регрессии отсутствует классическое “колени” при высоких температурах, а именно точка, которая обозначает быстрое ухудшение физических характеристик (старение).

Diagram 4.1 - Typical regression curves of polypropylene (PP-R) and cross-linked polyethylene (PE-X)  
Диаграмма 4.1 - Типичные кривые регрессии полипропилена (PP-R) и сшитого полиэтилена (PE-X)



## 4.2 CHARACTERISTICS AND ADVANTAGES

### Resistance to chemical and electrochemical corrosion

PE-X has excellent resistance to both acids and bases, so can be used for transporting innumerable chemical substances without the risk of reducing its physical-mechanical characteristics. As PE-X has low electrical conductivity, it is not subject to destructive phenomena due to stray currents which, on the contrary, can cause perforation of metal ducting systems.

For the compatibility with various chemical substances, see Chapter 13.

### Abrasion resistance

Unidelta PE-X pipe has a high abrasion resistance even with high speed flow of the fluid. This characteristic makes the pipe suitable for transporting solid substances in water or for relining operations, where the outer walls of the pipe slide on the inner walls of the duct to be relined.

### Absence of deposits and fungi

The roughness of the inner wall of all-metal pipes gives rise to deposits and the consequent reduction of the cross-section of passage of the pipe. On the contrary, the extreme smoothness of Unidelta PE-X greatly reduces the possibility of obstructions caused by the growth of incrustations or fungi.

### Low head loss values

Compared to that of metal pipes, the inner surface of the Unidelta PE-X pipe is very homogeneous due to the absence of nicks and porosity, and has an extremely limited surface roughness ( $k=0.007$  mm).

This characteristic enables high flow rates with reduced head loss.

### Low noise

Another feature of Unidelta PE-X is its high acoustic insulation coefficient. The PE-X strongly reduce the level of noise during the operation of the piping, even in the presence of water hammering.

### Non-toxicity

The Unidelta PE-X pipe is hygienically and toxicologically suitable for drinking water convey. It complies with the hygienic/sanitary prescriptions of D.M 174 (6/4/2004) and other European regulations.

## 4.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

### Устойчивость к химической и электрохимической коррозии

Сшитый полиэтилен обладает прекрасной устойчивостью, как к кислотам, так и к щелочам и, следовательно, он может использоваться для подачи многочисленных химических веществ, не рискуя ослаблением своих физико-механических характеристик. Поскольку сшитый полиэтилен является плохим проводником электричества, он не подвергается воздействию разрушающих явлений, вследствие присутствия блуждающих токов, которые, в противном случае, могут стать причиной перфорации систем металлических трубопроводов. В главе 13 приводится описание совместимости с разными химическими веществами.

### Устойчивость к абразивному износу

Труба из сшитого полиэтилена Unidelta имеет высокую устойчивость к абразивному износу даже при высокой скорости потока жидкости, эта характеристика делает трубу подходящей для перемещения твёрдых веществ в воде или для операций по смене футеровки, так как при этом внешние стенки трубы трутся о внутренние стенки восстанавливаемого трубопровода.

### Отсутствие налёта и грибов

Шероховатость внутренней стенки труб, которые полностью сделаны из металла, приводит к образованию налёта и, следовательно, к уменьшению проходного сечения трубы. И наоборот, предельная полировка внутренней поверхности трубы из сшитого полиэтилена Unidelta значительно снижает возможность образования закупорок по причине образования налёта или грибов.

### Низкое значение потерь нагрузки

Внутренняя поверхность труб из сшитого полиэтилена Unidelta, по сравнению с поверхностью металлических труб, отличается высокой однородностью из-за отсутствия заусениц и пористости и характеризуется чрезвычайно малой шероховатостью ( $k=0,007$  мм). Данная характеристика позволяет получить высокую пропускную способность при малых потерях нагрузки.

### Низкий уровень шума

Среди характеристик трубы из сшитого полиэтилена Unidelta, высокий коэффициент звуковой изоляции. Сшитый полиэтилен PE-X сильно снижает уровень шума во время работы трубопровода, даже при наличии гидравлических ударов.

### Нетоксичность

С точки зрения гигиеничности и токсичности труба из сшитого полиэтилена компании Unidelta подходит для подачи питьевой воды. Она соответствует требованиям нормативных постановлений D.M 174 от 6/4/2004 и других европейских норм.



### Excellent workability

PE-X pipes used in private dwellings usually come in coils. Since this material is extremely lightweight they can be handled without any special equipment. The average specific weight of PE-X is 0.95 g/cm<sup>3</sup> as against 7.85 g/cm<sup>3</sup> for steel and 8.9 g/cm<sup>3</sup> for copper. A 100-metre coil of 2-mm pipe, diameter 16 mm, weighs around 9 kg.

The Unidelta PE-X pipes can be bended by hand at room temperature: the bending radius must be equal or larger than 8 times the pipe diameter.

### Long life

Taking into account the normal pressure and temperature values in private dwellings and thanks to the excellent properties of the Unidelta PE-X, pipe systems made up using this material have a life expectancy comparable to that of masonry. A pipe undergoes mechanical stress because of the inside pressure and thermal stress due to the temperature. Considering the property of PE-X, the working temperature range is up to +95°C (T<sub>max</sub> according to EN ISO 15875).

At working temperature below 0°C the pipe does not become brittle, as metal pipes typically do. However this does not mean that the pipe can withstand the huge stresses generated by the water freezing and expanding inside the pipe.

If used under the prescribed conditions, Unidelta PE-X piping lasts at least 50 years. In fact, ageing tests and long-term experience in the sector indicate an even longer lifespan.

### Высокий уровень обрабатываемости

Трубы из сшитого полиэтилена, которые используются в жилищных установках, обычно поставляются в рулонах. Благодаря чрезвычайной лёгкости материала их можно перемещать без применения инструментов: средний удельный вес сшитого полиэтилена составляет 0.95 г/см<sup>3</sup> по сравнению с 7.85 г/см<sup>3</sup> стали и 8.9 г/см<sup>3</sup> меди. Таким образом, рулон из 100 метров трубы диаметром 16 мм и толщиной 2 мм весит около 9 кг.

Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta PE-X можно гнуть в холодном состоянии без использования специальных инструментов, если радиус кривизны не будет меньше восьми диаметров трубы.

### Продолжительность

Принимая во внимание обычно используемые в жилищных установках значения давления и температуры и благодаря прекрасным характеристикам трубы из сшитого полиэтилена компании Unidelta, "предполагаемый срок службы" системы трубопроводов, выполненных с применением данной трубы, соответствует сроку службы стеновой конструкции.

Труба подвергается механическим нагрузкам в результате внутреннего давления и тепловому напряжению из-за температур. В соответствии с характеристиками сшитого полиэтилена рабочий температурный диапазон достигает температуры до +95°C (T<sub>max</sub> согласно EN ISO 15875).

Несмотря на то, что при температурах ниже 0°C труба не становится хрупкой, как это происходит с обычно используемыми металлическими трубами, она не может выдерживать огромное напряжение, создаваемое замерзанием и расширением воды внутри трубы.

Если труба из сшитого полиэтилена используется в соответствии с предписываемыми условиями, её минимальный срок службы составляет 50 лет. Необходимо подчеркнуть, что испытания на старение и опыт, накопленный в данной сфере деятельности, показывают, что срок службы намного больше указанного.



### 5.1 THE EVON BARRIER

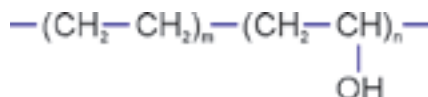
All hydronic heating and cooling systems are subject to oxygen entering through threaded fittings, boilers, pumps and gas-permeable materials. Oxygen can enter heating systems in quantities which, in combination with other factors, can cause undesirable corrosive effects on ferrous metal components. Oxygen permeability (diffusion) is the ability of oxygen molecules to pass through a material due to the material's molecular structure and the partial pressure difference of the oxygen on each side. Unidelta PE-X pipes with oxygen diffusion barrier drastically reduce the measurable quantity of oxygen permeation. Barrier pipes are used in close circuits such as radiant floor heating systems and radiator heating systems; non-barrier pipes are generally used in open circuits such as sanitary water distribution systems.

#### 5.1.1 MOLECULAR STRUCTURE

The resin forming the barrier is a copolymer of ethylene and vinyl alcohol, generally referred to as EVON. It was firstly developed for wrapping food or substances where the quality had to be maintained through time and thus contact with oxygen avoided. This resin is in fact more impermeable to gases than any other conventional polymers.

The resin acts as a barrier not only to oxygen but also to other gases including helium, carbon dioxide and nitrogen. It is also used in gas-filled packaging applications, where nitrogen and carbon dioxide are used to preserve the content and must not permeate the wrapping.

The molecular structure of the barrier is given by the following formula:



### 5.1 БАРЬЕР EVON

Все гидравлические системы отопления и охлаждения подвергаются входу кислорода через винтовые соединения, котлы, насосы и газопроницаемые материалы. Кислород может попасть в отопительные установки в таком количестве, что в комбинации с другими факторами, может привести к оказанию нежелательного коррозионного воздействия на металлические и железные компоненты. Проницаемость кислорода (диффузия) - это способность молекул кислорода проходить через материал благодаря его молекулярной структуре и из-за разницы парциального давления кислорода между двумя сторонами. Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta с кислородным барьером значительно снижают измеряемое значение проникающего кислорода. Трубы с барьером используются в закрытых контурах, таких как: напольные или радиаторные системы отопления; а трубы без барьера обычно используются для создания открытых контуров, таких как водоснабжение водой для сантехнических нужд.

#### 5.1.1 МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА

Смола, которая создаёт барьер, является сополимером этилена и винилового спирта, который обычно называется EVON (этиленвиниловый спирт). Она была изначально разработана для упаковки пищевых продуктов или веществ, для которых необходимо сохранять качество во времени, избегая контакта с кислородом. Дело в том, что её характеристики газонепроницаемости выше, чем у любого другого обычного полимера; барьер обеспечивает устойчивость к диффузии не только кислорода, но и других газов, таких как гелий, углекислый газ, азот и т.д. Кроме того, смола используется в упаковках с газовым наполнением, где в качестве газа для хранения содержимого используется азот или углекислый газ и, следовательно, не должно быть утечек этого газа через стенки упаковки.

Молекулярная структура барьера представлена следующей формулой:



## 5.1.2 PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

The resin forming the barrier has a high mechanical resistance and an excellent elasticity as shown by the following table.

## 5.1.2 ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Смола, которая образует барьер, обладает высокой механической прочностью и прекрасной эластичностью, как показано в следующей таблице.

Table 5.1 - Physical and mechanical properties of the barrier  
Таблица 5.1 - Физико-механические характеристики барьера

Properties Характеристики	Unit Единицы измерения	Value Значение	Method Метод
Density Объёмная масса	Kg/m <sup>3</sup>	1190	GTP-013
Ethylene content Содержание этилена	% mol	32	GTP-002
Melt flow rate (210°C / 2,16 Kg) Индекс текучести (210°C / 2,16 кг)	g/10min	1,6	GTP-001
Oxygen transmission rate (OTR) Коэффициент пропускания кислорода (OTR)			
- 20°C, 0% relative umidity - относительная влажность	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	0,2	ASTM D3985
- 20°C, 65% relative umidity - относительная влажность	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	0,4	ASTM D3985
- 20°C, 85% relative umidity - относительная влажность	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	1,5	ASTM D3985
- 20°C, 100% relative umidity - относительная влажность	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	19	ASTM D3985
Tensile strength at yield (50 mm/min, 23°C) Прочность при растяжении при текучести (50 мм/мин, 23°C)	MPa	87	ASTM D638
Elongation at break (50 mm/min, 23°C) Модуль упругости при растяжении (50 мм/мин, 23°C)	%	430	ASTM D638
Tensile creep modulus (50 mm/min, 23°C) Относительное удлинение при разрыве (50 мм/мин, 23°C)	MPa	1690	ASTM D638

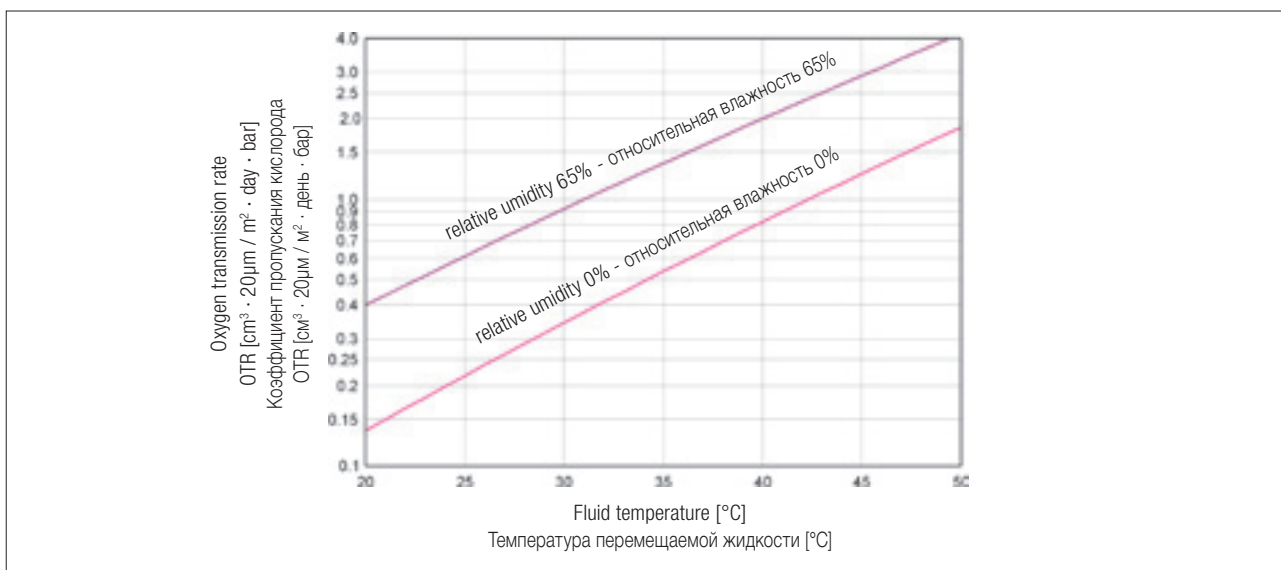
### 5.1.3 IMPERMEABILITY TO GAS

### 5.1.3 ГАЗОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ

A material's permeability to gas is indicated by GTR (Gas Transmission Rate) and is expressed in  $\text{cm}^3$  of gas that permeate a  $20 \mu\text{m}$  of the material through a surface area of  $1 \text{ m}^2$  over a period of 24 hours. Permeability to oxygen is indicated by OTR: for the EVOH barrier increases as the relative humidity and the temperature of the fluid conveyed increase (diagram 5.1).

Газонепроницаемость материала указывается с помощью сокращения GTR (Gas Transmission Rate) и выражается в  $\text{cm}^3$  газа, которые проходят через слой  $20 \mu\text{m}$  данного материала, через площадь равную  $1 \text{ m}^2$  в течение 24 часа. Пропускание кислорода указывается с помощью сокращения OTR: для барьера EVOH увеличивается с ростом относительной влажности и температуры перемещаемой жидкости (диаграмма 5.1).

Diagram 5.1 - Relation between the oxygen transmission rate (OTR), the temperature of the fluid conveyed and the environmental humidity for EVOH barrier  
 Диаграмма 5.1 - Отношение между коэффициентом пропускания кислорода OTR, температурой перемещаемой жидкости и влажностью окружающей среды для барьера EVOH



The table below compares the transmission coefficients of the barrier (EVOH) and polyethylene (PE) for some gases.

В следующей таблице сравниваются коэффициенты пропускания барьера (EVOH) и полиэтилена (PE) для некоторых газов.

Table 5.2 - Gas transmission coefficients  
 Таблица 5.2 - Коэффициент пропускания газа

Material Материал	Gas transmission rate GTR (25°C, 0% relative humidity) [CM <sup>3</sup> ·20 µM/M <sup>2</sup> ·DAY·ATM] Коэффициент пропускания газа GTR (25°C, относительная влажность 0%) [CM <sup>3</sup> ·20 µM/M <sup>2</sup> ·ДЕНЬ·ATM]			
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	He
Barrier GTR <sub>EVOH</sub> - Барьер GTR <sub>EVOH</sub>	0,21	0,017	0,81	160
Polyethylene GTR <sub>PE</sub> - Полиэтилен GTR <sub>PE</sub>	12000	3100	42000	28000
GTR <sub>PE</sub> /GTR <sub>EVOH</sub>	57142	182352	51851	175



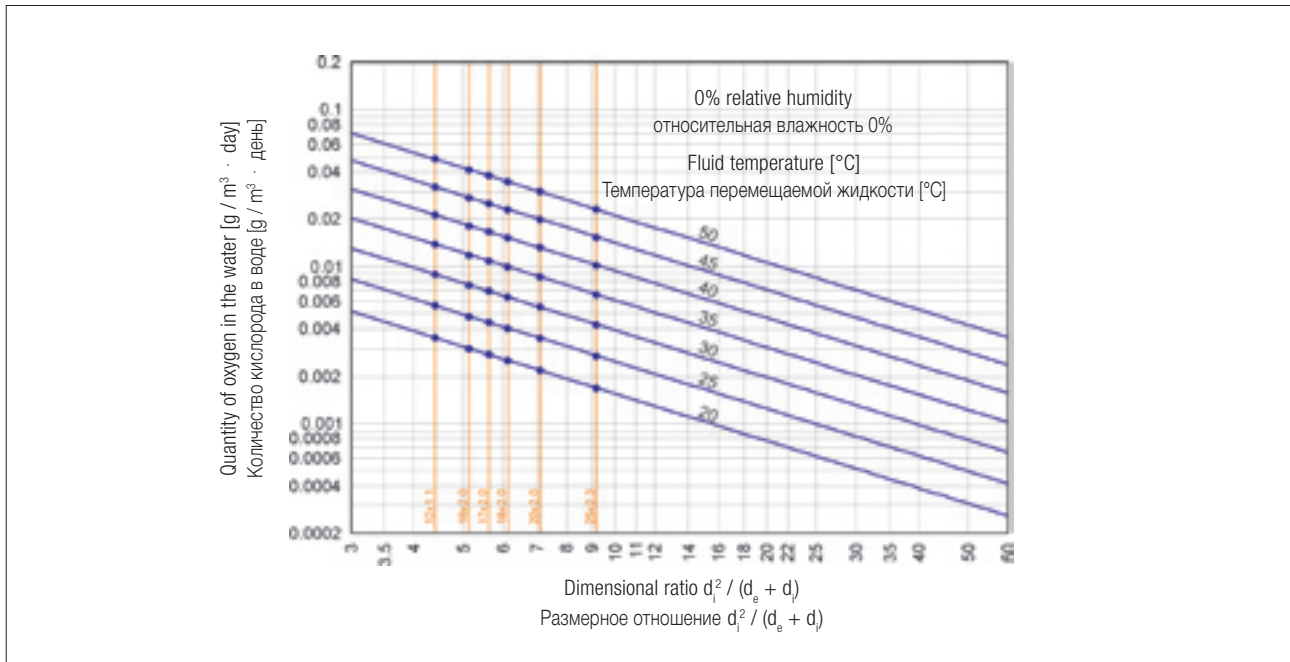
With 0% relative humidity at a temperature of 25°C, the oxygen permeability of polyethylene is 12000 cm<sup>3</sup>·20µm/m<sup>2</sup>·day·atm and that of the barrier is 0.21 cm<sup>3</sup>·20µm/m<sup>2</sup>·day·atm. Clearly, the quantity of oxygen that can enter a barrier pipe is about 57000 times less than with a non-barrier pipe. There are lots of factors causing oxygen to enter the system and they concern not only polyethylene pipes but also threaded fittings, boilers, pumps and so on.

In one day the quantities of oxygen expressed in grams that can permeate 1 m<sup>3</sup> of water through the barrier layer according to water temperature and the dimensional ratio of the pipe  $d_i^2 / (d_e + d_i)$  are set out in Diagram 5.2. They are calculated using a mathematical module and on the basis of the experimental OTR values given in Diagram 5.1.

При относительной влажности равной 0% и температуре 25°C степень пропускания кислорода полиэтиленом составляет 12000 см<sup>3</sup>·20мм/м<sup>2</sup>·день·атм, а степень пропускания кислорода барьером равняется 0.21 см<sup>3</sup>·20мм/м<sup>2</sup>·день·атм. Можно легко установить, что количество кислорода, которое может проникнуть в трубу с барьером сокращается, примерно, в 57000 раз по сравнению с трубой без барьера. В любом случае, необходимо помнить, что существует множество причин, которые способствуют попаданию кислорода в установку, и они не относятся только к трубопроводам из полиэтилена, но и к винтовым соединениям, котлам, насосам и т.д.

С помощью математической модели и на основании опытных значений ОТР диаграммы 5.1, в диаграмме 5.2 был выполнен расчёт количества кислорода, выраженный в граммах, которое может проникать за 1 день в 1 м<sup>3</sup> воды через слой барьера, в зависимости от температуры воды и размерного отношения трубопровода  $d_i^2 / (d_e + d_i)$ .

Diagram 5.2 - Quantity of oxygen permeating the pipe according to the temperature of the fluid conveyed and the dimensional ratio of the pipe  
Диаграмма 5.2 - Количество кислорода, которое проникает в трубу, в зависимости от температуры перемещаемой жидкости и размерного отношения трубы



These values are found to be lower than the limit specified by DIN 4726.

Выявляется, что данные значения ниже ограничений, установленных в нормативном положении DIN 4726.

## 5.2 THE RANGE

Unidelta offers two types of barrier pipes: TriTerm (PE-X pipe consisting of three layers with external oxygen barrier) and MultiTerm Plus (PE-X pipe consisting of five layers with internal oxygen barrier). TriTerm and MultiTerm Plus barrier pipes have the same mechanical characteristics as the non-barrier UniTerm pipes and, therefore, the same installation dimensioning criteria and selection of piping system can be applied as in the case of monolayer PE-X pipes.

## 5.2 АССОРТИМЕНТ

Unidelta предлагает два типа труб с барьером: труба TriTerm (труба PE-X, состоящая из трёх слоёв с внешним кислородным барьером) и труба MultiTerm Plus (труба PE-X, состоящая из 5 слоёв с внутренним кислородным барьером). Трубы с барьером TriTerm и MultiTerm Plus имеют такие же гидравлические и механические характеристики, как и трубы без барьера UniTerm и, следовательно, к ним можно применять те же критерии определения размеров установок и выбора трубопроводов, которые применяются для труб, сделанных только из сшитого полиэтилена.

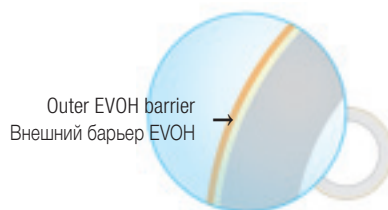
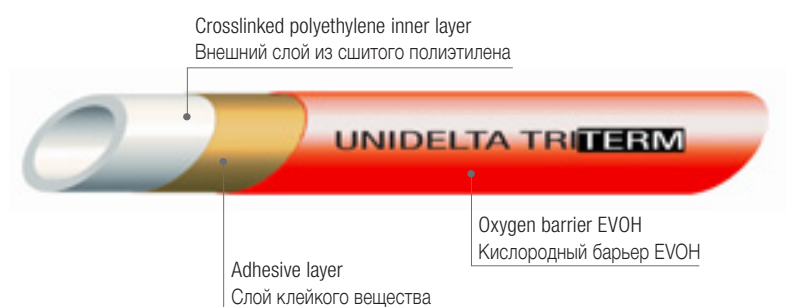
### 5.2.1 TRITERM

The Unidelta TriTerm oxygen diffusion barrier pipe has three layers: cross-linked polyethylene, adhesive layer and ethylene-vinyl-alcohol (EVOH) gas diffusion barrier. The barrier layer is located outside the pipe and is bonded to the internal PE-X layer with the adhesive layer through a thermal reaction. The structure of the TriTerm pipe is illustrated in figure 5.1.

### 5.2.1 TRITERM

Труба Unidelta TriTerm с барьером против проникновения кислорода имеет три слоя: сшитый полиэтилен, клей и барьер против проникновения газов, сделанный из этиленвинилового спирта (EVOH). Слой барьера находится с внешней стороны трубы, он связан с внутренним слоем из сшитого полиэтилена клеем в результате тепловой реакции. Структура трубы TriTerm показана на рисунке 5.1.

Figure 5.1 - TriTerm  
Рисунок 5.1 - TriTerm





## 5.2.2 MULTITERM PLUS

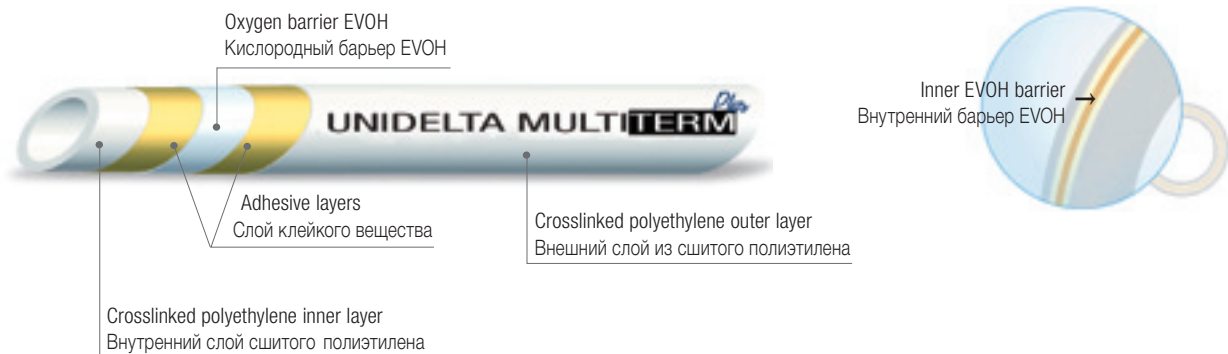
The Unidelta MultiTerm Plus pipe has five layers: cross-linked polyethylene, adhesive layer, ethylene-vinyl-alcohol (EVOH) gas diffusion barrier, adhesive layer and cross-linked polyethylene. The adhesive layers bind the two cross-linked polyethylene layers to the middle barrier layer by means of a thermal reaction. The barrier layer of Multiterm Plus pipe is protected by an external layer of PE-X.

This solution protects the barrier from any risk of cutting during installation or from coming into contact with environmental humidity. The resin which constitutes the barrier is hydrophilous (absorbs humidity) and its oxygen impermeability diminishes with increased humidity absorption (see tables on resin characteristics). Furthermore, the MultiTerm Plus pipe material in contact with the external environment is cross-linked polyethylene which has a high chemical resistance.

## 5.2.2 MULTITERM PLUS

Труба Unidelta MultiTerm Plus состоит из пяти слоёв: сшитый полиэтилен, клей, барьер против проникновения газов, сделанный из этиленвинилового спирта (EVOH), клей, сшитый полиэтилен. Слои клея связывают два слоя сшитого полиэтилена с центральным слоем барьера тепловой реакцией. Слой барьера трубы Multiterm Plus находится в середине толщины (закопанный барьер). Данное решение служит для предотвращения нанесения любых видов повреждений барьеру во время укладки, а также защищает от опасности контакта с окружающей влажностью. Дело в том, что составляющая барьер смола впитывает влагу, и её свойства непроницаемости для кислорода сокращаются при увеличении поглощенной влажности (см. таблицы, относящиеся к характеристикам смолы). Кроме того, в трубе Multiterm Plus материал, вступающий в контакт с внешней средой, является сшитым полиэтиленом, который обладает очень высокой химической стойкостью.

Figure 5.2 - Multiterm Plus  
Рисунок 5.2 - Multiterm Plus



## 6. UNIDELTA PE-X PIPES ACCORDING TO EN ISO 15875

### ТРУБЫ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА UNIDELTA В СООТВЕТСТВИИ С EN ISO 15875

#### 6.1 INTRODUCTION

Unidelta cross-linked polyethylene PE-X pipes manufactured according to EN ISO 15875 are used to carry pressurised hot and cold water.

They are suitable for drinking water convey as they comply with the sanitary hygienic prescriptions of D.M 174 (6/4/2004) and other European rules. Unidelta PE-X pipes according to EN ISO 15875 can also be manufactured with an oxygen barrier (EVOH). The oxygen barrier satisfies DIN 4726 prescriptions. The mechanical requirements, conditions of use and dimensional characteristics are equivalent to those of pipes without barrier and are indicated below. See Section 5.1.3 for further information on gas impermeability.

#### 6.1 ВВЕДЕНИЕ

Трубы из сшитого полиэтилена компании Unidelta, выпущенные в соответствии с EN ISO 15875, предназначены для подачи горячей и холодной воды под давлением.

Они подходят для подачи питьевой воды в соответствии с требованиями нормативных постановлений D.M 174 от 6/4/2004 и других европейских норм. Трубы из сшитого полиэтилена по стандарту EN ISO 15875 могут выпускаться также и с кислородным барьером (EVOH). Кислородный барьер соответствует предписаниям DIN 4726. Механические требования, условия применения и размерные характеристики такие же, как и у труб без барьера, они описываются ниже. В главе 5.1.3 приводится детальная информация о газонепроницаемости.

#### 6.2 CONDITIONS OF USE

The application categories of Unidelta PE-X pipes according to EN ISO 15875 are provided in the tables below. Within the fields of application provided for by the standard, the minimum lifespan for each pipe dimension is 50 years.

#### 6.2 УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Классы применения труб из сшитого полиэтилена Unidelta в соответствии с нормативным постановлением EN ISO 15875 приводятся в следующей таблице. Для каждого размера трубы минимальная продолжительность работы составляет 50 лет, если она будет использоваться в соответствии с условиями применения.

Table 6.1 - Class service conditions of Unidelta PE-X pipe according to EN ISO 15875  
Таблица 6.1 - Классы применения труб Unidelta PE-X согласно EN ISO 15875

Application class Класс применения	$T_D$ (°C)	$t a T_D$ (years) (годы)	$T_{max}$ (°C)	$t a T_{max}$ (years) (годы)	$T_{mal}$ (°C)	$t a T_{mal}$ (years) (годы)	Typical application field Область типового применения
Cold water Холодная вода	20	50	-	-	-	-	Cold hydro-sanitary water Холодная санитарно-техническая вода
1 <sup>(a)</sup>	60	49	80	1	95	100	Hot sanitary water (60°C) Горячая вода для сантехнических нужд (60°C)
2 <sup>(a)</sup>	70	49	80	1	95	100	Hot sanitary water (70°C) Горячая вода для сантехнических нужд (70°C)
4 <sup>(b)</sup>	20 + 40 + 60	2,5  20  25	70	2,5	100	100	Underfloor and low temperature radiator heating Низкотемпературное напольное и радиаторное отопление
5 <sup>(b)</sup>	20 + 60 + 80	14  25  10	90	1	100	100	High temperature radiator heating Высокотемпературное радиаторное отопление

(a) Selection between categories 1 and 2 must be on the basis of national regulations. - (a) Выбор между классами 1 и 2 осуществляется на основании национальных правил.  
(b) Since more than one design temperature is indicated for categories 4 and 5, times must be totalled. - (b) Для классов 4 и 5 время можно суммировать, так как указываются несколько расчётных температур.

Where:

t time;

$T_D$  operating temperature or combination of operating temperatures;

$T_{max}$  max. operating temperature. The highest operating temperature value permitted only for a brief period;

$T_{mal}$  malfunction temperature. The highest temperature value possible when control systems malfunction.

Refer to the following table in order to determine the maximum operating pressure based on pipe dimensions and class of application. Furthermore, consider that a maximum operating pressure of 10 bar is permitted for the transport of cold water at a temperature of 20°C in all pipes manufactured according to EN ISO 15875.

Где:

t время;

$T_D$  рабочая температура или сочетание рабочих температур;

$T_{max}$  максимальная рабочая температура. Наиболее высокое значение рабочей температуры, которая допускается только в течение короткого промежутка времени;

$T_{mal}$  температура плохого функционирования. Самое высокое значение температуры, которое может отмечаться, когда системы контроля находятся в аварийном состоянии.

Для определения максимального рабочего давления, в зависимости от размеров трубы и класса применения, необходимо использовать следующие таблицы. Кроме того, необходимо учитывать, что для подачи холодной воды при температуре 20°C, для труб, выполненных в соответствии с нормативным постановлением EN ISO 15875, было предусмотрено максимальное рабочее давление равное 10 бар.

Table 6.2a - Maximum working temperature: class A pipe S5 EN ISO 15875  
Таблица 6.2a - Максимальное рабочее давление: трубы класса A S5 EN ISO 15875

Pipe dimension Размер трубы	Application class Класс применения			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
Class A pipe S5 EN ISO 15875 - Трубы класса A S5 EN ISO 15875				
Ø12x1,1	6	6	8	6
Ø16x1,5	6	6	8	6
Ø20x1,9	6	6	8	6
Ø25x2,3	6	6	8	6
Ø32x2,9	6	6	8	6
Ø40x3,7	6	6	8	6
Ø50x4,6	6	6	8	6
Ø63x5,8	6	6	8	6
Ø75x6,8	6	6	8	6
Ø90x8,2	6	6	8	6
Ø110x10,0	6	6	8	6



Table 6.2b - Maximum working temperature: class A pipe S3,2 EN ISO 15875  
 Таблица 6.2b - Максимальное рабочее давление: трубы класса A S3,2 EN ISO 15875

Pipe dimension Размер трубы	Application class Класс применения			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
Class A pipe S3,2 EN ISO 15875 - Трубы класса A S3,2 EN ISO 15875				
Ø16x2,2	10	10	10	10
Ø20x2,8	10	10	10	10
Ø25x3,5	10	10	10	10
Ø32x4,4	10	10	10	10
Ø40x5,5	10	10	10	10
Ø50x6,9	10	10	10	10
Ø63x8,6	10	10	10	10
Ø75x10,3	10	10	10	10
Ø90x12,3	10	10	10	10
Ø110x15,1	10	10	10	10

Table 6.2c - Maximum working temperature: class B1 pipe EN ISO 15875  
 Таблица 6.2c - Максимальное рабочее давление: трубы класса B1 EN ISO 15875

Pipe dimension Размер трубы	Application class Класс применения			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
Class B1 pipes EN ISO 15875 - Трубы класса B1 EN ISO 15875				
Ø10x1,5	10	10	10	10
Ø15x2,5	10	10	10	10
Ø18x2,5	10	10	10	10
Ø22x3,0	10	10	10	8

Table 6.2d - Maximum working temperature: class C pipes EN ISO 15875  
 Таблица 6.2d - Максимальное рабочее давление: трубы класса C EN ISO 15875

Pipe dimension Размер трубы	Application class Класс применения			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
Class C pipes EN ISO 15875 - Трубы класса C EN ISO 15875				
Ø12x2,0	10	10	10	10
Ø16x2,0	10	10	10	8
Ø17x2,0	10	8	10	8
Ø18x2,0	8	8	10	8
Ø20x2,0	8	6	8	6

## 6.3 QUALITY CONTROLS

Unidelta PE-X pipes manufactured in accordance with EN ISO 15875 must satisfy numerous requirements and pass strict tests (see table 6.3).

## 6.3 ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА

Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta, выпущенные в соответствии со стандартом EN ISO 15875, должны соответствовать многочисленным требованиям и пройти строгие проверки (см. таблицу 6.3).

Table 6.3 - Physical and mechanical requirements of Unidelta PE-X pipes to EN ISO 15875  
Таблица 6.3 - Физико-механические требования для труб Unidelta PE-X в соответствии с EN ISO 15875

Requirement Требование	Unit Единицы измерения	Value Значение
Longitudinal reversion Определение продольной усадки	%	≤3
Grade of cross-linking Степень сшивания	%	≥65
Thermal stability by hidrostatic pressure testing Тепловая стабильность при испытаниях гидростатическим давлением (σ=2,5MPa, 110°C, >8760 h) <sup>(c)</sup>	hours / часы	>8760
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=12MPa, 20°C, >1h) <sup>(c)</sup>	hours / часы	>1
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=4,8MPa, 95°C, >1h) <sup>(c)</sup>	hours / часы	>1
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=4,7MPa, 95°C, >22h) <sup>(c)</sup>	hours / часы	>22
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=4,6MPa, 95°C, >165h) <sup>(c)</sup>	hours / часы	>165
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=4,4MPa, 95°C, >1000h) <sup>(c)</sup>	hours / часы	>1000

<sup>(c)</sup>  $\sigma = P \times (d_e - e) / 20e$

The physical characteristics of the polymeric materials are checked upon delivery and are certified by the supplier. During production the pipe dimensions are continuously checked with appropriate ultrasound instruments and by the operators who verify at regular time intervals that the dimensions are within the prescribed tolerances.

All process parameters on the production line are closely monitored by means of sophisticated equipment.

Физические характеристики полимерных материалов проверяются при поступлении и имеют сертификат поставщика. Во время производства постоянно проверяются размеры труб с помощью специальных ультразвуковых инструментов и оператором, который периодически контролирует, чтобы размеры не выходили за рамки предписанных допусков.

На производственной линии выполняется тщательная проверка всех параметров процесса с помощью сверхсовременных электронных приборов.

## 6.4 DIMENSIONAL FEATURES

The dimensional features of Unidelta PE-X pipes to UNE EN ISO 15875 are set out in the following table where:

<b>d<sub>e</sub></b>	external diameter;
<b>e</b>	thickness;
<b>d<sub>i</sub></b>	internal diameter;
<b>Ar</b>	cross-sectional area of the pipe;
<b>Au</b>	cross-sectional area of the flow;
<b>J</b>	inertia geometrical moment respect to a diametrical axis;
<b>Pt</b>	pipe weight per linear metre;
<b>Vf</b>	volume of contained fluid per meter;
<b>Versioni</b>	version of PE-X pipe available.

## 6.4 ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗМЕРОВ

Характеристики размеров труб из сшитого полиэтилена Unidelta в соответствии с EN ISO 15875 приводятся в следующих таблицах, где:

<b>d<sub>e</sub></b>	внешний диаметр;
<b>e</b>	толщина;
<b>d<sub>i</sub></b>	внутренний диаметр;
<b>Ar</b>	участок сечения трубы;
<b>Au</b>	участок полезного сечения прохода;
<b>J</b>	геометрический момент инерции по отношению к диаметральной оси;
<b>Pt</b>	вес трубы на метр;
<b>Vf</b>	объём содержащейся жидкости на метр;
<b>Versioni</b>	имеющиеся версии трубы PE-X.

Table 6.4a - Unidelta PE-X Pipe Classe A S5 according to EN ISO 15875  
Таблица 6.4a - Труба Unidelta PE-X класса A S5 в соответствии с EN ISO 15875

<b>d<sub>e</sub></b> (mm)	<b>e</b> (mm)	<b>d<sub>i</sub></b> (mm)	<b>Ar</b> (cm <sup>2</sup> )	<b>Au</b> (cm <sup>2</sup> )	<b>J</b> (cm <sup>4</sup> )	<b>Pt</b> (Kg/m)	<b>Vf</b> (l/m)	<b>Versioni</b>
12 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	1,1 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	9,8	0,38	0,75	5,65·10 <sup>-2</sup>	0,040	0,075	TriTerm
16 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	1,5 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	13,0	0,68	1,33	1,815·10 <sup>-1</sup>	0,071	0,133	UniTerm TriTerm
20 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	1,9 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	16,2	1,08	2,06	4,473·10 <sup>-1</sup>	0,109	0,206	UniTerm TriTerm
25 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	2,3 <sub>0</sub> <sup>+0.4</sup>	20,4	1,64	3,27	1,067·10 <sup>0</sup>	0,167	0,327	UniTerm TriTerm
32 <sub>0</sub> <sup>+0.3</sup>	2,9 <sub>0</sub> <sup>+0.4</sup>	26,2	2,65	5,39	2,834·10 <sup>0</sup>	0,265	0,539	UniTerm
40 <sub>0</sub> <sup>+0.4</sup>	3,7 <sub>0</sub> <sup>+0.5</sup>	32,6	4,22	8,35	7,022·10 <sup>0</sup>	0,422	0,835	UniTerm
50 <sub>0</sub> <sup>+0.5</sup>	4,6 <sub>0</sub> <sup>+0.6</sup>	40,8	6,56	13,07	1,708·10 <sup>1</sup>	0,654	1,317	UniTerm
63 <sub>0</sub> <sup>+0.6</sup>	5,8 <sub>0</sub> <sup>+0.7</sup>	51,4	10,42	20,75	4,306·10 <sup>1</sup>	1,036	2,075	UniTerm
75 <sub>0</sub> <sup>+0.7</sup>	6,8 <sub>0</sub> <sup>+0.8</sup>	61,4	14,57	29,61	8,555·10 <sup>1</sup>	1,445	2,961	UniTerm
90 <sub>0</sub> <sup>+0.9</sup>	8,2 <sub>0</sub> <sup>+1.0</sup>	73,6	21,07	42,54	1,780·10 <sup>2</sup>	2,093	4,254	UniTerm
110 <sub>0</sub> <sup>+1.0</sup>	10,0 <sub>0</sub> <sup>+1.1</sup>	90,0	31,42	63,62	3,966·10 <sup>2</sup>	3,158	6,362	UniTerm



Table 6.4b - Unidelta PE-X Pipe Classe A S3,2 according to EN ISO 15875  
Таблица 6.4b - Труба Unidelta PE-X класса A S3,2 в соответствии с EN ISO 15875

$d_e$ (mm)	e (mm)	$d_i$ (mm)	Ar (cm <sup>2</sup> )	Au (cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Pt (Kg/m)	Vf (l/m)	Versioni
16 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,2 <sup>+0,4</sup> <sub>0</sub>	11,6	0,95	1,06	2,328·10 <sup>-1</sup>	0,097	0,106	UniTerm
20 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,8 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	14,4	1,51	1,63	5,743·10 <sup>-1</sup>	0,152	0,163	UniTerm
25 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	3,5 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	18,0	2,36	2,54	1,402·10 <sup>0</sup>	0,237	0,254	UniTerm
32 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	4,4 <sup>+0,6</sup> <sub>0</sub>	23,2	3,82	4,23	3,725·10 <sup>0</sup>	0,380	0,423	UniTerm
40 <sup>+0,4</sup> <sub>0</sub>	5,5 <sup>+0,7</sup> <sub>0</sub>	29,0	5,96	6,61	9,095·10 <sup>0</sup>	0,592	0,661	UniTerm
50 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	6,9 <sup>+0,8</sup> <sub>0</sub>	36,2	9,34	10,29	2,225·10 <sup>1</sup>	0,923	1,029	UniTerm
63 <sup>+0,6</sup> <sub>0</sub>	8,6 <sup>+1,0</sup> <sub>0</sub>	45,8	14,70	16,47	5,573·10 <sup>1</sup>	1,454	1,647	UniTerm
75 <sup>+0,7</sup> <sub>0</sub>	10,3 <sup>+1,2</sup> <sub>0</sub>	54,4	20,94	23,24	1,123·10 <sup>2</sup>	2,069	2,324	UniTerm
90 <sup>+0,9</sup> <sub>0</sub>	12,3 <sup>+1,4</sup> <sub>0</sub>	65,4	30,02	33,59	2,323·10 <sup>2</sup>	2,962	3,359	UniTerm
110 <sup>+1,0</sup> <sub>0</sub>	15,1 <sup>+1,7</sup> <sub>0</sub>	79,8	45,02	50,01	5,196·10 <sup>2</sup>	4,445	5,001	UniTerm

Table 6.4c - Unidelta PE-X Pipe Classe B1 according to EN ISO 15875  
Таблица 6.4c - Труба Unidelta PE-X класса B1 в соответствии с EN ISO 15875

$d_e$ (mm)	e (mm)	$d_i$ (mm)	Ar (cm <sup>2</sup> )	Au (cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Pt (Kg/m)	Vf (l/m)	Versioni
15 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,2</sub>	2,5 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,3</sub>	10,0	0,98	0,79	1,994·10 <sup>-1</sup>	0,095	0,079	UniTerm
18 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,2</sub>	2,5 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,3</sub>	13,0	1,22	1,33	3,751·10 <sup>-1</sup>	0,119	0,133	UniTerm
22 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,2</sub>	3,0 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,3</sub>	16,0	1,79	2,01	8,282·10 <sup>-1</sup>	0,173	0,201	UniTerm

Table 6.4d - Unidelta PE-X Pipe Classe C according to EN ISO 15875  
Таблица 6.4d - Труба Unidelta PE-X класса C в соответствии с EN ISO 15875

$d_e$ (mm)	e (mm)	$d_i$ (mm)	Ar (cm <sup>2</sup> )	Au (cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Pt (Kg/m)	Vf (l/m)	Versioni
12 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	8,0	0,63	0,50	8,168·10 <sup>-2</sup>	0,065	0,050	UniTerm MultiTerm Plus
16 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	12,0	0,88	1,13	2,199·10 <sup>-1</sup>	0,090	0,113	UniTerm TriTerm
17 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	13,0	0,94	1,33	2,698·10 <sup>-1</sup>	0,099	0,133	TriTerm
18 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	14,0	1,01	1,54	3,267·10 <sup>-1</sup>	0,103	0,154	UniTerm TriTerm
20 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	16,0	1,13	2,01	4,637·10 <sup>-1</sup>	0,116	0,201	UniTerm TriTerm MultiTerm Plus

## 6.5 MARKING

Every metre of Unidelta UniTerm PE-X pipe produced according to the standard EN ISO 15875 is marked and full details are given as to pipe's dimensions and applications together with other information necessary for the traceability of the product.

### a) 12 m Lot 202000352

12m indicates the number of metres from the beginning of the coil (the metres of each coil are numbered progressively) and Lot 202000352 indicates the lot number.

### b) UNIDELTA UNITERM - Tmax 95°C - EN ISO 15875

Single layer pipe (UniTerm) manufactured by Unidelta in accordance with EN ISO 15875. Maximum allowed temperature of 95°C.

### c) A - PE-Xb Ø16x2,2

Dimensional category A, cross-linked PE-X pipe manufactured with silanes, external diameter equal to 16 mm and thickness 2,2 mm.

### d) Classe 5/10 bar Classe 4/10 bar

Application category 5 pipe with design pressure of 10 bar, or application category 4 pipe with design pressure of 10 bar.

### e) 10/02/23 14:18

10 indicates the day, 02 the month, 23 the year and 14:18 the time of production.

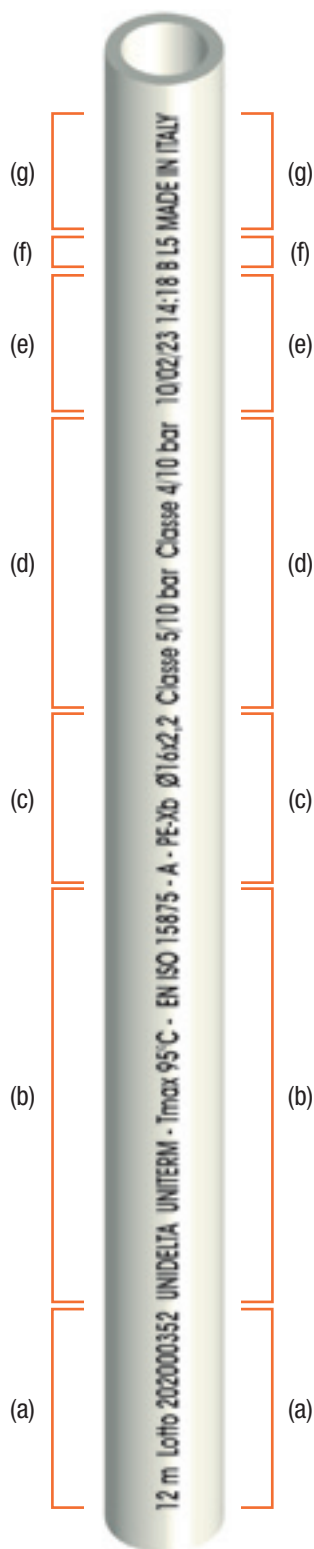
### f) B L5

B is one of the three production shifts (A,B,C), L5 indicates the extrusion line from which the product was manufactured.

### g) MADE IN ITALY

Unidelta pipes are manufactured in Italy.

Figure 6.1 - UniTerm  
Рисунок 6.1 - UniTerm



## 6.5 МАРКИРОВКА

Маркировка труб Unidelta PE-X UniTerm в соответствии со стандартом EN ISO 15875, выполняется на каждом метре и содержит всю информацию, которая относится к характеристикам размеров и применению трубы, а также данные, необходимые для прослеживаемости изделия.

### a) 12 m Lot 202000352

12 м обозначает количество метров с начала рулона (каждый метр в рулоне нумеруется по возрастанию), а партия 202000352 обозначает номер партии.

### b) UNIDELTA UNITERM - Tmax 95°C - EN ISO 15875

Однослойная труба (UniTerm), выпущенная компанией Unidelta, в соответствии со стандартом EN ISO 15875. Максимально допустимая температура 95 °С.

### c) A - PE-Xb Ø16x2,2

Труба размерного класса А, сделанная из сшитого полиэтилена PE-X с силанами, с внешним диаметром равным 16 мм и толщиной 2,2 мм.

### d) Classe 5/10 bar Classe 4/10 bar

Труба с классом применения 5, с расчётным давлением 10 бар или с классом применения 4, с расчётным давлением 10 бар.

### e) 10/02/23 14:18

10 - день выпуска, 02 - месяц выпуска, 23 - год выпуска, 14:18 - время выпуска.

### f) B L5

В - это одна из трёх производственных смен (А,В,С), L5 - это линия экструзии, на которой была выпущена труба.

### g) MADE IN ITALY

Трубы Unidelta выпускаются в Италии.



Every metre of Unidelta TriTerm PE-X pipe produced according to the standard EN ISO 15875 is marked and full details are given as to pipe's dimensions and applications together with other information necessary for the traceability of the product.

Figure 6.2 - TriTerm  
Рисунок 6.2 - TriTerm

Маркировка труб Unidelta PE-X TriTerm в соответствии со стандартом EN ISO 15875, выполняется на каждом метре и содержит всю информацию, относящуюся к характеристикам размеров и применению трубы, а также данные, необходимые для прослеживаемости изделия.

**a) 12 m Lot 202000352**

12m indicates the number of metres from the beginning of the coil (the metres of each coil are numbered progressively) and Lot 202000352 indicates the lot number.

**b) UNIDELTA TRITERM PE-X/EVOH OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Three layer pipe (TriTerm) manufactured by Unidelta in accordance with EN ISO 15875. The pipe has a barrier against oxygen diffusion. Maximum allowed temperature of 95°C.

**c) A - PE-Xb Ø25x2,3**

Dimensional category A, cross-linked PE-X pipe manufactured with silanes, external diameter equal to 25 mm and thickness 2,3 mm.

**d) Classe 5/6 bar Classe 4/8 bar**

Application category 5 pipe with design pressure of 6 bar, or application category 4 pipe with design pressure of 8 bar.

**e) 10/02/23 14:18**

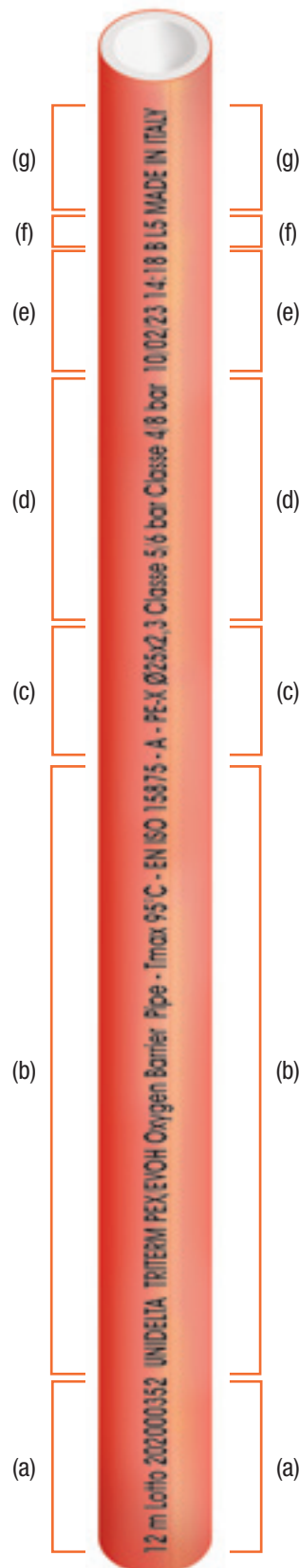
10 indicates the day, 02 the month, 23 the year and 14:18 the time of production.

**f) B L5**

B is one of the three production shifts (A,B,C), L5 indicates the extrusion line from which the product was manufactured.

**g) MADE IN ITALY**

Unidelta pipes are manufactured in Italy.



**a) 12 m Lot 202000352**

12 м обозначает количество метров с начала рулона (каждый метр в рулоне нумеруется по возрастанию), а партия 202000352 обозначает номер партии.

**b) UNIDELTA TRITERM PE-X/EVOH OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Трёхслойная труба (TriTerm), выпущенная компанией Unidelta, в соответствии со стандартом EN ISO 15875.

Труба имеет барьер, предотвращающий проникновение кислорода. Максимально допустимая температура 95 °С.

**c) C - PE-Xb Ø25x2,3**

Труба размерного класса C, сделанная из сшитого полиэтилена PE-X с силанами, с внешним диаметром равным 25 мм и толщиной 2,3 мм.

**d) Classe 5/6 bar Classe 4/8 bar**

Труба с классом применения 5, с расчётным давлением 6 бар или с классом применения 4, с расчётным давлением 8 бар.

**e) 10/02/23 14:18**

10 - день выпуска, 02 - месяц выпуска, 23 - год выпуска, 14:18 - время выпуска.

**f) B L5**

B - это одна из трёх производственных смен (A,B,C), L5 - это линия экструзии, на которой была выпущена труба.

**g) MADE IN ITALY**

Трубы Unidelta выпускаются в Италии.

Every metre of Unidelta MultiTerm Plus PE-X pipe produced according to EN ISO 15875 is marked and full details are given as to pipe's dimensions and applications together with other information necessary for the traceability of the product.

**a) 12m Lotto 202000352**

12m indicates the number of metres from the beginning of the coil (the metres of each coil are numbered progressively) and Lot 202000352 indicates the lot number.

**b) UNIDELTA MULTITERM PLUS 5 LAYER PE-X PIPE OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Five layer pipe (MultiTerm Plus) manufactured by Unidelta in accordance with EN ISO 15875.

The pipe has a barrier against oxygen diffusion. Maximum allowed temperature of 95°C.

**c) C - PE-Xb Ø17x2**

Dimensional category C, cross-linked PE-X pipe manufactured with silanes, external diameter equal to 17 mm and thickness 2 mm.

**d) Classe 5/8 bar Classe 4/10 bar**

Application category 5 pipe with design pressure of 8 bar, or application category 4 pipe with design pressure of 10 bar.

**e) 10/02/23 14:18**

10 indicates the day, 02 the month, 23 the year and 14:18 the time of production.

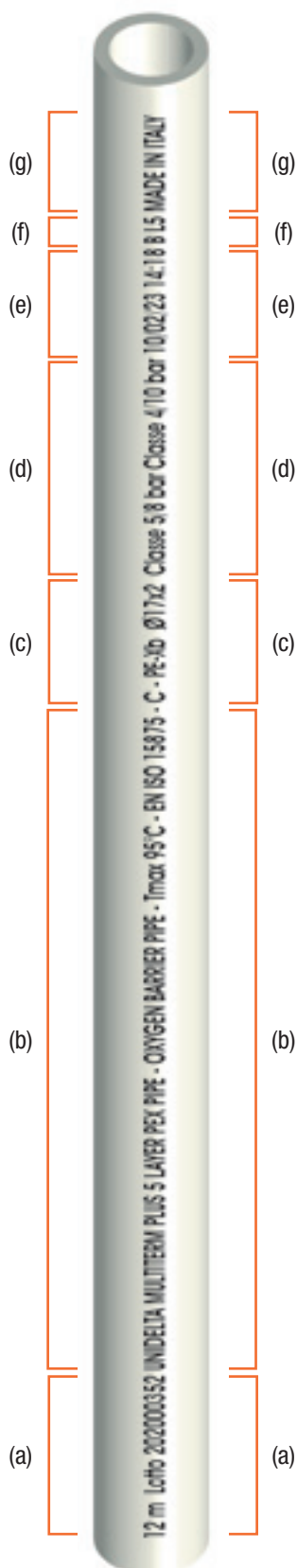
**f) B L5**

B is one of the three production shifts (A,B,C), L5 indicates the extrusion line from which the product was manufactured.

**g) MADE IN ITALY**

Unidelta pipes are manufactured in Italy.

Figure 6.3 - Multiterm Plus  
Рисунок 6.3 - Multiterm Plus



Маркировка труб Unidelta PE-X MultiTerm Plus в соответствии со стандартом EN ISO 15875, выполняется на каждом метре и содержит всю информацию, относящуюся к характеристикам размеров и применению трубы, а также данные, необходимые для прослеживаемости изделия.

**a) 12m Lotto 202000352**

12 м обозначает количество метров с начала рулона (каждый метр в рулоне нумеруется по возрастанию), а партия 202000352 обозначает номер партии.

**b) UNIDELTA MULTITERM PLUS 5 LAYER PE-X PIPE OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Пятислойная труба (Multiterm Plus), выпущенная компанией Unidelta, в соответствии со стандартом EN ISO 15875.

Труба имеет барьер, предотвращающий проникновение кислорода. Максимально допустимая температура 95 °С.

**c) C - PE-Xb Ø17x2**

Труба размерного класса C, сделанная из сшитого полиэтилена PE-X с силанами, с внешним диаметром равным 17 мм и толщиной 2 мм.

**d) Classe 5/8 bar Classe 4/10 bar**

Труба с классом применения 5, с расчётным давлением 8 бар или с классом применения 4, с расчётным давлением 10 бар.

**e) 10/02/23 14:18**

10 - день выпуска, 02 - месяц выпуска, 23 - год выпуска, 14:18 - время выпуска.

**f) B L5**

B - это одна из трёх производственных смен (A,B,C), L5 - это линия экструзии, на которой была выпущена труба.

**g) MADE IN ITALY**

Трубы Unidelta выпускаются в Италии.

## 6.6 HEAD LOSSES - ПОТЕРИ НАГРУЗКИ

Diagram 6.1 - Unidelta PE-X pipe according to EN ISO 15875: head loss with water at 10°C  
 Диаграмма 6.1 - Трубы Unidelta PE-X в соответствии с EN ISO 15875: потери нагрузки при воде с температурой 10°C

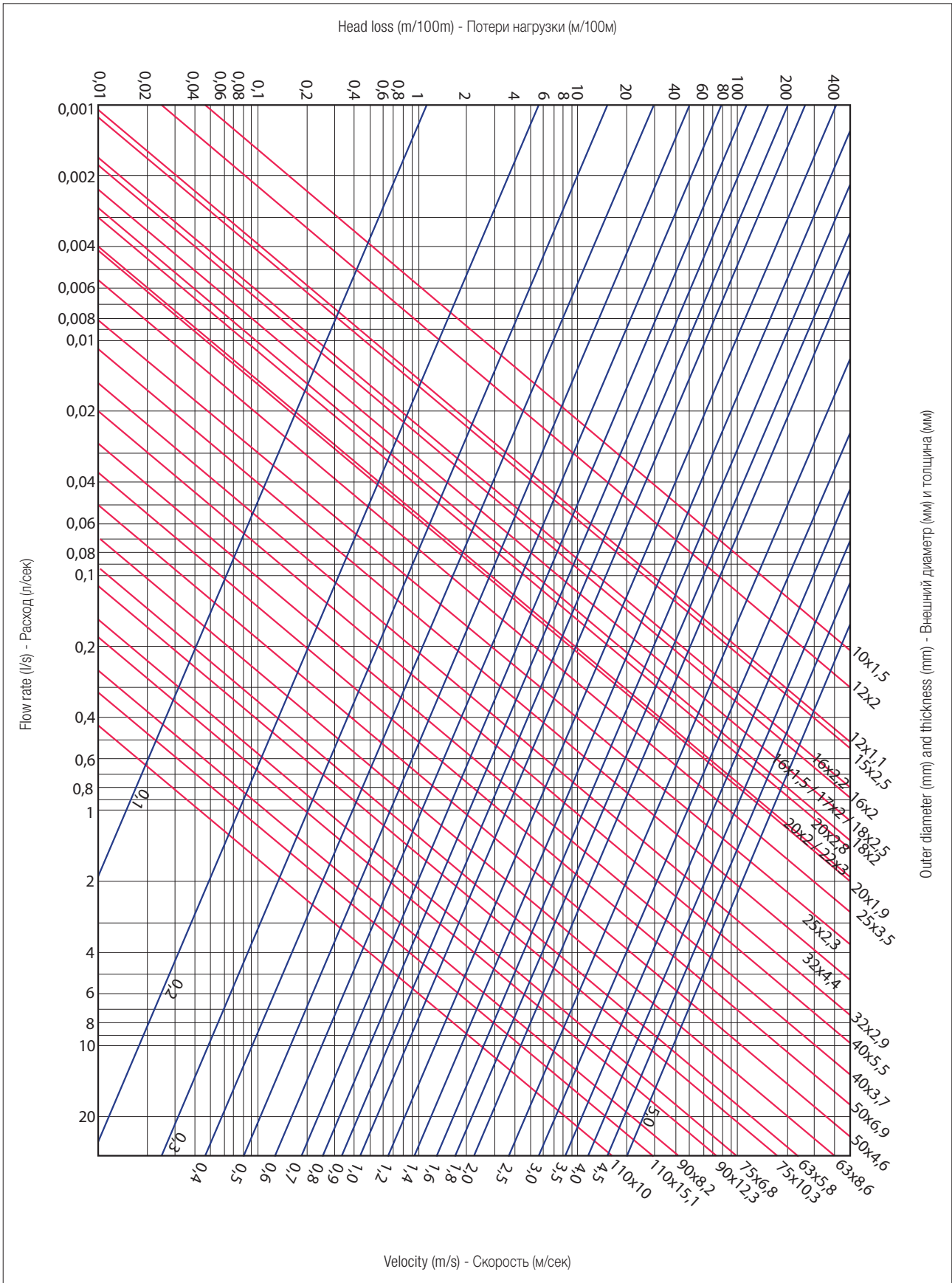




Diagram 6.2 - Unidelta PE-X pipe according to EN ISO 15875: head loss with water at 50°C  
 Диаграмма 6.2 - Трубы Unidelta PE-X в соответствии с EN ISO 15875: потери нагрузки при воде с температурой 50°C

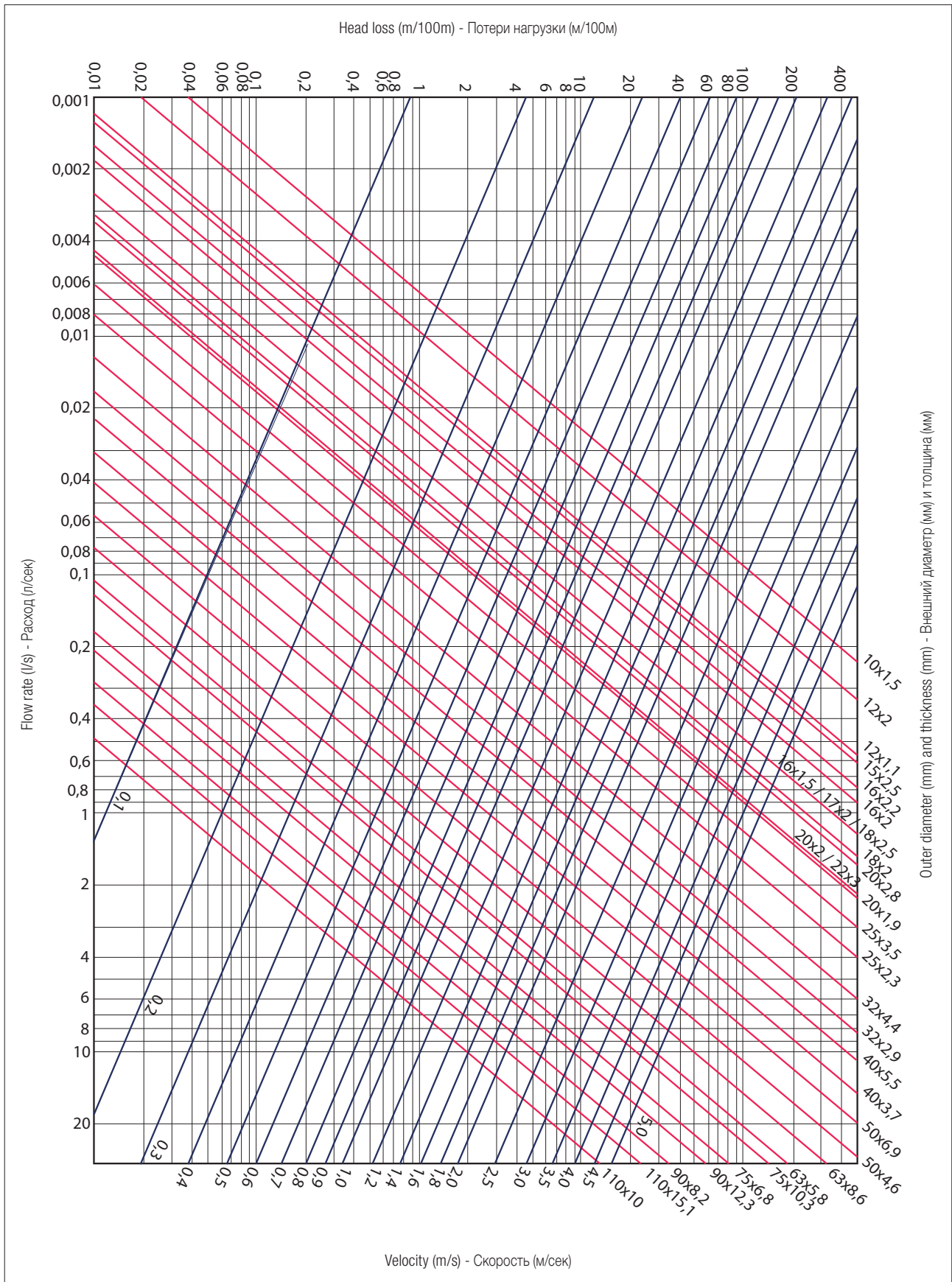
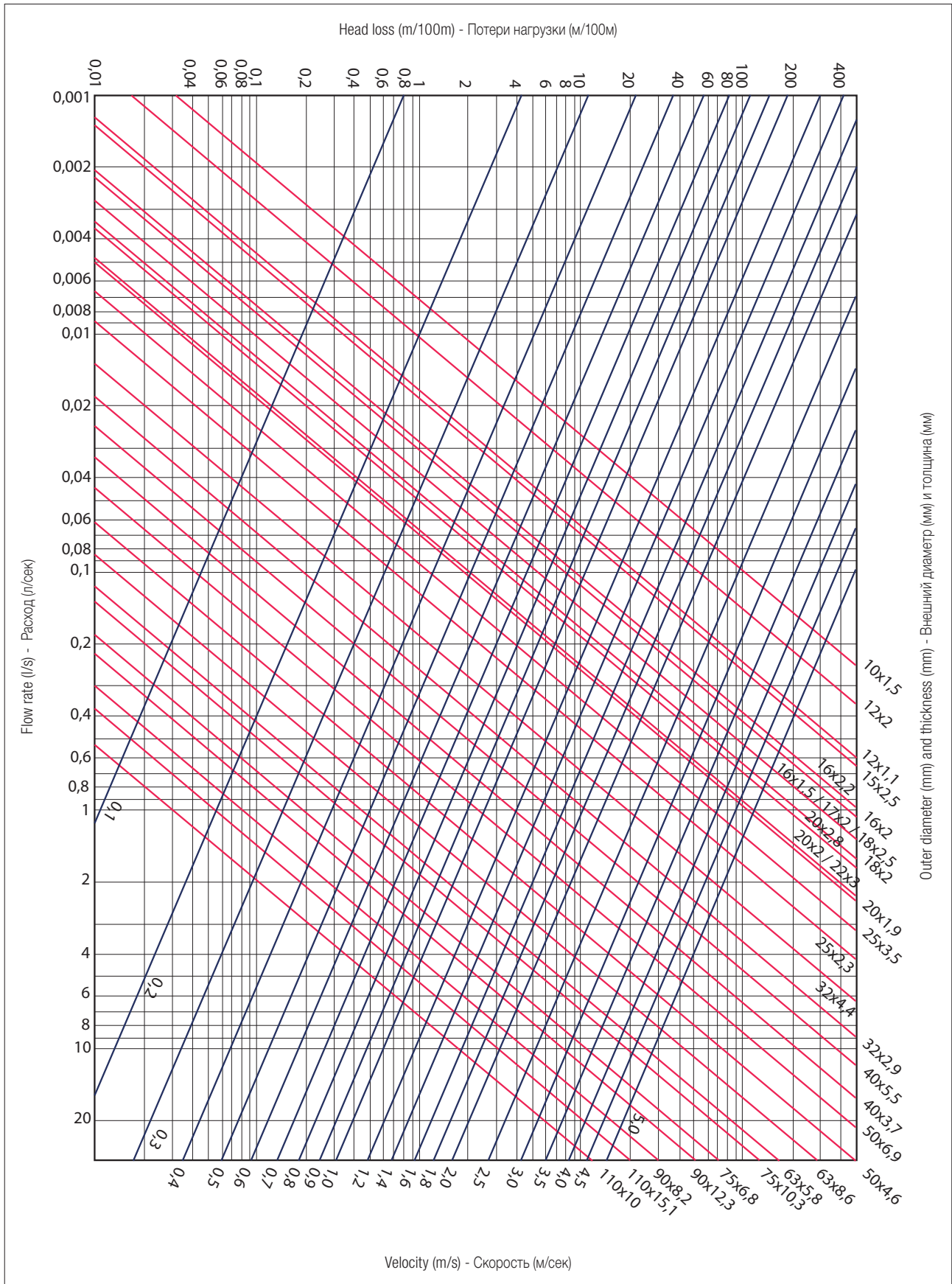




Diagram 6.3 - Unidelta PE-X pipe according to EN ISO 15875: head loss with water at 80°C  
Диаграмма 6.3 - Трубы Unidelta PE-X в соответствии с EN ISO 15875: потери нагрузки при воде с температурой 80°C





## 7. UNIDELTA PE-X PIPES ACCORDING TO DIN 16892 / DIN 16893

### ТРУБЫ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА UNIDELTA В СООТВЕТСТВИИ С DIN 16892 / DIN 16893

#### 7.1 INTRODUCTION

---

Unidelta cross-linked polyethylene PE-X pipes manufactured according to DIN 16892 and DIN 16893 are used to carry pressurised hot and cold water. They are suitable for drinking water convey as they comply with the sanitary hygienic prescriptions of D.M 174 (6/4/2004) and other European rules.

#### 7.1 ВВЕДЕНИЕ

---

Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta, выпущенные в соответствии со стандартами DIN 16892 и DIN 16893, предназначены для горячей и холодной воды под давлением. Они подходят для подачи питьевой воды, соответствуют требованиям нормативных постановлений D.M 174 от 6/4/2004 и других европейских норм.

#### 7.2 CONDITIONS OF USE

---

The application categories of Unidelta PE-X pipes according to DIN 16893 are provided in the table below. The pressure values have been determined taking a safety factor of 1.5 into consideration.

#### 7.2 УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

---

Условия применения труб из сшитого полиэтилена Unidelta в соответствии с нормативным постановлением DIN 16893 приводятся в следующей таблице. Приведённые в таблице данные давления соответствуют фактору безопасности 1,5.

Table 7.1 - Maximum working temperature of the Unidelta PE-X pipe according to standard DIN 16893 (safety factor 1,5)  
 Таблица 7.1 - Максимальное рабочее давление труб Unidelta PE-X в соответствии с нормативным постановлением DIN 16893 (фактор безопасности 1,5)

T [°C]	Lt	S5 SDR 11 (bar)	S4 SDR 9 (bar)	S3,2 SDR 7,4 (bar)
10	1	14,9	18,7	23,6
	5	14,6	18,4	23,2
	10	14,5	18,3	23,0
	25	14,4	18,1	22,8
	50	14,2	17,9	22,6
	100	14,1	17,8	22,4
20	1	13,2	16,6	20,9
	5	12,9	16,3	20,5
	10	12,8	16,2	20,4
	25	12,7	16,0	20,1
	50	12,6	15,9	20,0
	100	12,5	15,7	19,8
30	1	11,7	14,7	18,5
	5	11,5	14,4	18,2
	10	11,4	14,3	18,1
	25	11,3	14,2	17,9
	50	11,2	14,1	17,7
	100	11,1	14,0	17,6
40	1	10,4	13,1	16,5
	5	10,2	12,8	16,2
	10	10,1	12,7	16,1
	25	10,0	12,6	15,9
	50	9,9	12,5	15,7
	100	9,8	12,4	15,6
50	1	9,3	11,7	14,7
	5	9,1	11,4	14,4
	10	9,0	11,3	14,3
	25	8,9	11,2	14,1
	50	8,8	11,1	14,0
	100	8,8	11,0	13,9
60	1	8,3	10,4	13,1
	5	8,1	10,2	12,9
	10	8,0	10,1	12,8
	25	7,9	10,0	12,6
	50	7,9	9,9	12,5
	100	7,9	9,9	12,5
70	1	7,4	9,3	11,8
	5	7,3	9,1	11,5
	10	7,2	9,1	11,4
	25	7,1	9,0	11,3
	50	7,0	8,9	11,2
	100	7,0	8,9	11,2
80	1	6,6	8,4	10,5
	5	6,5	8,2	10,3
	10	6,4	8,1	10,2
	25	6,4	8,0	10,1
	100	6,4	8,0	10,1
	100	6,4	8,0	10,1
90	1	6,0	7,5	9,5
	5	5,8	7,4	9,3
	10	5,8	7,3	9,2
	15	5,7	7,3	9,1
	100	5,7	7,3	9,1
	100	5,7	7,3	9,1
95	1	5,7	7,1	9,0
	5	5,5	7,0	8,8
	10	5,5	6,9	8,7

T = Temperature - Температура

Lt = Life time in years - Продолжительность работы

### 7.3 QUALITY CONTROLS

Unidelta PE-X pipes manufactured in accordance with DIN 16892 / DIN 16893 must satisfy numerous requirements and pass strict tests (see table 7.2).

### 7.3 ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА

Трубы из сшитого полиэтилена Unidelta, выпущенные в соответствии со стандартом DIN 16892 / DIN 16893, должны соответствовать многочисленным требованиям и пройти строгие проверки (см. таблицу 7.2).

Table 7.2 - Physical and mechanical requirements of Unidelta PE-X pipes to DIN 16892 / DIN 16893  
Таблица 7.2 - Физико-механические требования для труб PE-X Unidelta в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893

Requirement Требование	Unit Единицы измерения	Value Значение
Longitudinal reversion Определение продольной усадки	%	≤3
Grade of cross-linking Степень сшивания	%	≥65
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=4,7MPa, 95°C, >22h) <sup>(a)</sup>	ore	>22
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=4,6MPa, 95°C, >165h) <sup>(a)</sup>	ore	>165
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=4,4MPa, 95°C, >1000h) <sup>(a)</sup>	ore	>1000
Resistance to inner pressure Устойчивость к внутреннему давлению (σ=2,5MPa, 110°C, >8760h) <sup>(a)</sup>	ore	>8760

<sup>(a)</sup>  $\sigma = P \times (d_e - e) / 20e$

The physical characteristics of the polymeric materials are checked upon delivery and are certified by the supplier.

During production the pipe dimensions are continuously checked with appropriate ultrasound instruments and by the operators who verify at regular time intervals that the dimensions are within the prescribed tolerances.

All process parameters on the production line are closely monitored by means of sophisticated equipment.

Физические характеристики полимерных материалов проверяются при поступлении и имеют сертификат поставщика.

Во время производства постоянно проверяются размеры труб с помощью специальных ультразвуковых инструментов и оператором, который периодически контролирует, чтобы размеры не выходили за рамки предписанных допусков.

На производственной линии выполняется тщательная проверка всех параметров процесса с помощью сверхсовременных электронных приборов.

## 7.4 DIMENSIONAL FEATURES

The dimensional features of Unidelta PE-X pipes to DIN 16892 / DIN 16893 are set out in the following table where:

$d_e$	external diameter;
$e$	thickness;
$d_i$	internal diameter;
$Ar$	cross-sectional area of the pipe;
$Au$	cross-sectional area of the flow;
$J$	inertia geometrical moment respect to a diametrical axis;
$Pt$	pipe weight per linear metre;
$Vf$	volume of contained fluid per meter;
Versioni	version of PE-X pipe available.

## 7.4 ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗМЕРОВ

Характеристики размеров труб из сшитого полиэтилена Unidelta в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893 приводятся в следующих таблицах, где:

$d_e$	внешний диаметр;
$e$	толщина;
$d_i$	внутренний диаметр;
$Ar$	участок сечения трубы;
$Au$	участок полезного сечения прохода;
$J$	геометрический момент инерции по отношению к диаметральной оси;
$Pt$	вес трубы на метр;
$Vf$	объем содержащейся жидкости на метр;
Versioni	имеющиеся версии трубы PE-X из сшитого полиэтилена.

Table 7.3a - Unidelta PE-X pipe S5 SDR 11 according to DIN 16892 / DIN 16893  
Таблица 7.3а - Труба Unidelta PE-X S5 SDR 11 в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893

$d_e$ (mm)	$e$ (mm)	$d_i$ (mm)	$Ar$ (cm <sup>2</sup> )	$Au$ (cm <sup>2</sup> )	$J$ (cm <sup>4</sup> )	$Pt$ (Kg/m)	$Vf$ (l/m)	Versioni
16 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	1,5 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	13,0	0,68	1,33	1,815·10 <sup>-1</sup>	0,071	0,133	UniTerm
20 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	1,9 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	16,2	1,08	2,06	4,473·10 <sup>-1</sup>	0,109	0,206	UniTerm
25 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,3 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	20,4	1,64	3,27	1,067·10 <sup>0</sup>	0,167	0,327	UniTerm
32 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,9 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	26,2	2,65	5,39	2,834·10 <sup>0</sup>	0,265	0,539	UniTerm
40 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	3,7 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	32,6	4,22	8,35	7,022·10 <sup>0</sup>	0,422	0,835	UniTerm
50 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	4,6 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	40,8	6,56	13,07	1,708·10 <sup>1</sup>	0,654	1,317	UniTerm
63 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	5,8 <sup>+0.8</sup> <sub>0</sub>	51,4	10,42	20,75	4,306·10 <sup>1</sup>	1,036	2,075	UniTerm
75 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	6,8 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	61,4	14,57	29,61	8,555·10 <sup>1</sup>	1,445	2,961	UniTerm
90 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	8,2 <sup>+1.1</sup> <sub>0</sub>	73,6	21,07	42,54	1,780·10 <sup>2</sup>	2,098	4,254	UniTerm
110 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	10 <sup>+1.2</sup> <sub>0</sub>	90,0	31,42	63,62	3,966·10 <sup>2</sup>	3,158	6,362	UniTerm

Table 7.3b - Unidelta PE-X pipe S3,2 SDR 7,4 according to DIN 16892 / DIN 16893  
Таблица 7.3б - Труба Unidelta PE-X S3,2 SDR 7,4 в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893

$d_e$ (mm)	$e$ (mm)	$d_i$ (mm)	$Ar$ (cm <sup>2</sup> )	$Au$ (cm <sup>2</sup> )	$J$ (cm <sup>4</sup> )	$Pt$ (Kg/m)	$Vf$ (l/m)	Versioni
16 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,2 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	11,6	0,95	1,06	2,328·10 <sup>-1</sup>	0,097	0,106	UniTerm
20 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,8 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	14,4	1,51	1,63	5,743·10 <sup>-1</sup>	0,152	0,163	UniTerm
25 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	3,5 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	18,0	2,36	2,54	1,402·10 <sup>0</sup>	0,237	0,254	UniTerm
32 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	4,4 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	23,2	3,82	4,23	3,725·10 <sup>0</sup>	0,380	0,423	UniTerm
40 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	5,5 <sup>+0.8</sup> <sub>0</sub>	29,0	5,96	6,61	9,095·10 <sup>0</sup>	0,592	0,661	UniTerm
50 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	6,9 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	36,2	9,34	10,29	2,225·10 <sup>1</sup>	0,928	1,029	UniTerm
63 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	8,6 <sup>+1.1</sup> <sub>0</sub>	45,8	14,70	16,47	5,573·10 <sup>1</sup>	1,454	1,647	UniTerm
75 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	10,3 <sup>+1.3</sup> <sub>0</sub>	54,4	20,94	23,24	1,123·10 <sup>2</sup>	2,069	2,324	UniTerm
90 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	12,3 <sup>+1.5</sup> <sub>0</sub>	65,4	30,02	33,59	2,323·10 <sup>2</sup>	2,962	3,359	UniTerm
110 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	15,1 <sup>+1.8</sup> <sub>0</sub>	79,8	45,02	50,01	5,196·10 <sup>2</sup>	4,445	5,001	UniTerm

## 7.5 MARKING

Every metre of Unidelta UniTerm PE-X pipe produced according to DIN 16892 / DIN 16893 is marked and full details are given as to pipe's dimensions and applications together with other information necessary for the traceability of the product.

### a) 41m Lotto 202000504

41m indicates the number of metres from the beginning of the coil (the metres of each coil are numbered progressively) and Lot 202000504 indicates the lot number.

### b) UNIDELTA UNITERM PE-X - Tmax 95°C DIN 16892 / DIN 16893

Single layer pipe (UniTerm) manufactured by Unidelta in accordance with DIN 16892 / DIN 16893. Maximum allowed temperature of 95°C.

### c) PE-Xb SDR 7,4

Cross-linked PE-X pipe manufactured with silanes. SDR 7,4.

### d) Ø20x2,8

External diameter 20 mm and thickness 2,8 mm.

### e) 10/02/23 23:15

10 indicates the day, 02 the month, 23 the year and 23:15 the time of production.

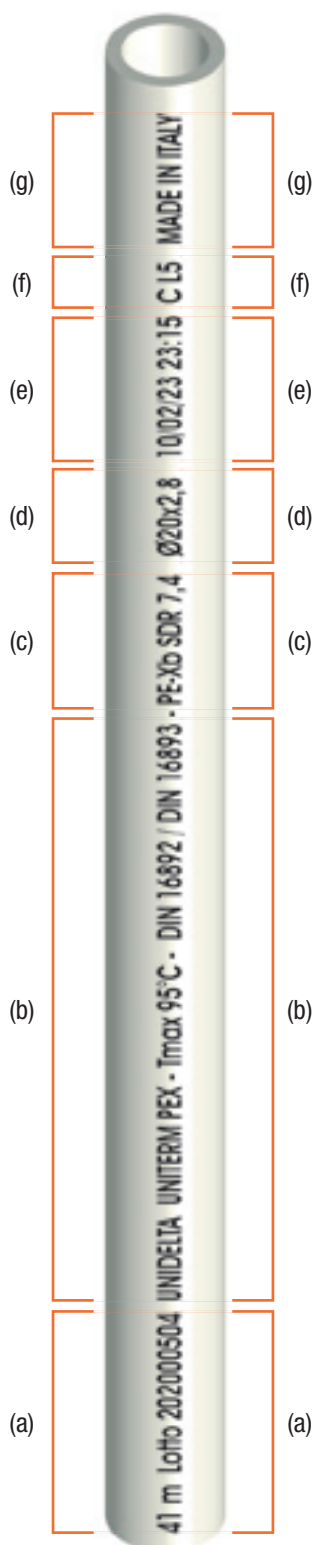
### f) C L5

C is one of the three production shifts (A,B,C), L5 indicates the extrusion line from which the product was manufactured.

### g) MADE IN ITALY

Unidelta pipes are manufactured in Italy.

Figure 7.1 - UniTerm  
Рисунок 7.1 - UniTerm



## 7.5 МАРКИРОВКА

Маркировка труб Unidelta PE-X UniTerm в соответствии со стандартом DIN 16892 / DIN 16893, выполняется на каждом метре и содержит всю информацию, относящуюся к характеристикам размеров и применению трубы, а также данные, необходимые для прослеживаемости изделия.

### а) 41м, партия 202000504

41м обозначает количество метров с начала рулона (каждый метр в рулоне нумеруется по возрастанию). Партия 202000504 обозначает номер партии.

### б) UNIDELTA UNITERM PE-X - Tmax 95°C DIN 16892 / DIN 16893

Однослойная труба (UniTerm), выпущенная компанией Unidelta, в соответствии со стандартами DIN 16892 / DIN 16893. Максимально допустимая температура 95 °С.

### в) PE-Xb SDR 7,4

Труба, сделанная из сшитого полиэтилена PE-X с силанами. Отношение размеров SDR равняется 7,4.

### д) Ø20x2,8

Труба с внешним диаметром 20 мм и толщиной 2,8 мм.

### е) 10/02/23 23:15

10 - день выпуска, 02 - месяц выпуска, 23 - год выпуска, 23:15 - время выпуска.

### ф) C L5

C - это одна из трёх производственных смен (А,В,С), L5 - это линия экструзии, на которой была выпущена труба.

### г) MADE IN ITALY

Трубы Unidelta выпускаются в Италии.

## 7.6 HEAD LOSSES - ПОТЕРИ НАГРУЗКИ

Diagram 7.1 - Unidelta PE-X pipe according to DIN 16892 / DIN 16893: head loss with water at 10°C  
 Диаграмма 7.1 - Трубы Unidelta PE-X в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893: потери нагрузки при воде с температурой 10°C

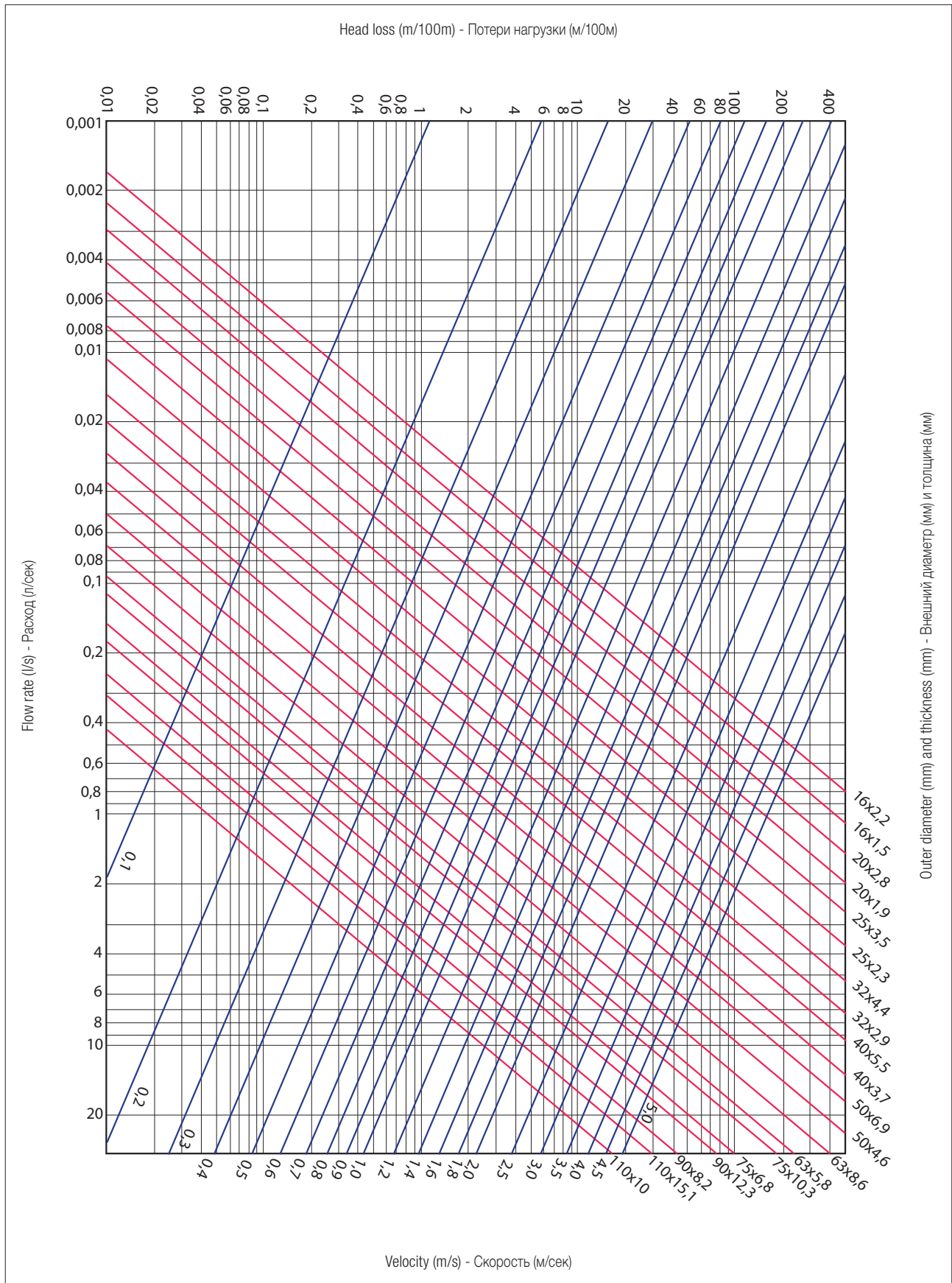




Diagram 7.2 - Unidelta PE-X pipe according to DIN 16892 / DIN 16893: head loss with water at 50°C  
 Диаграмма 7.2 - Трубы Unidelta PE-X в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893: потери нагрузки при воде с температурой 50°C

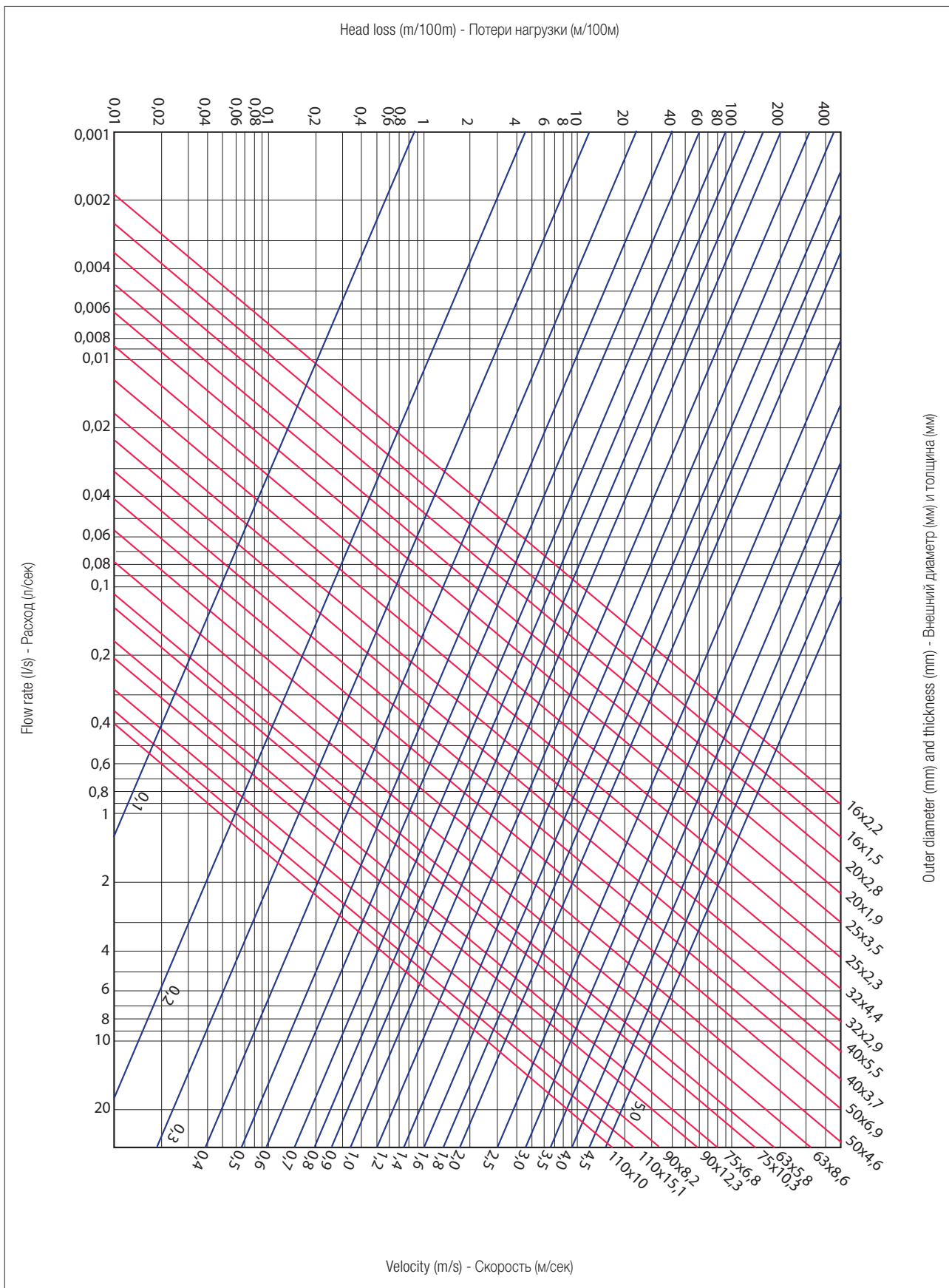
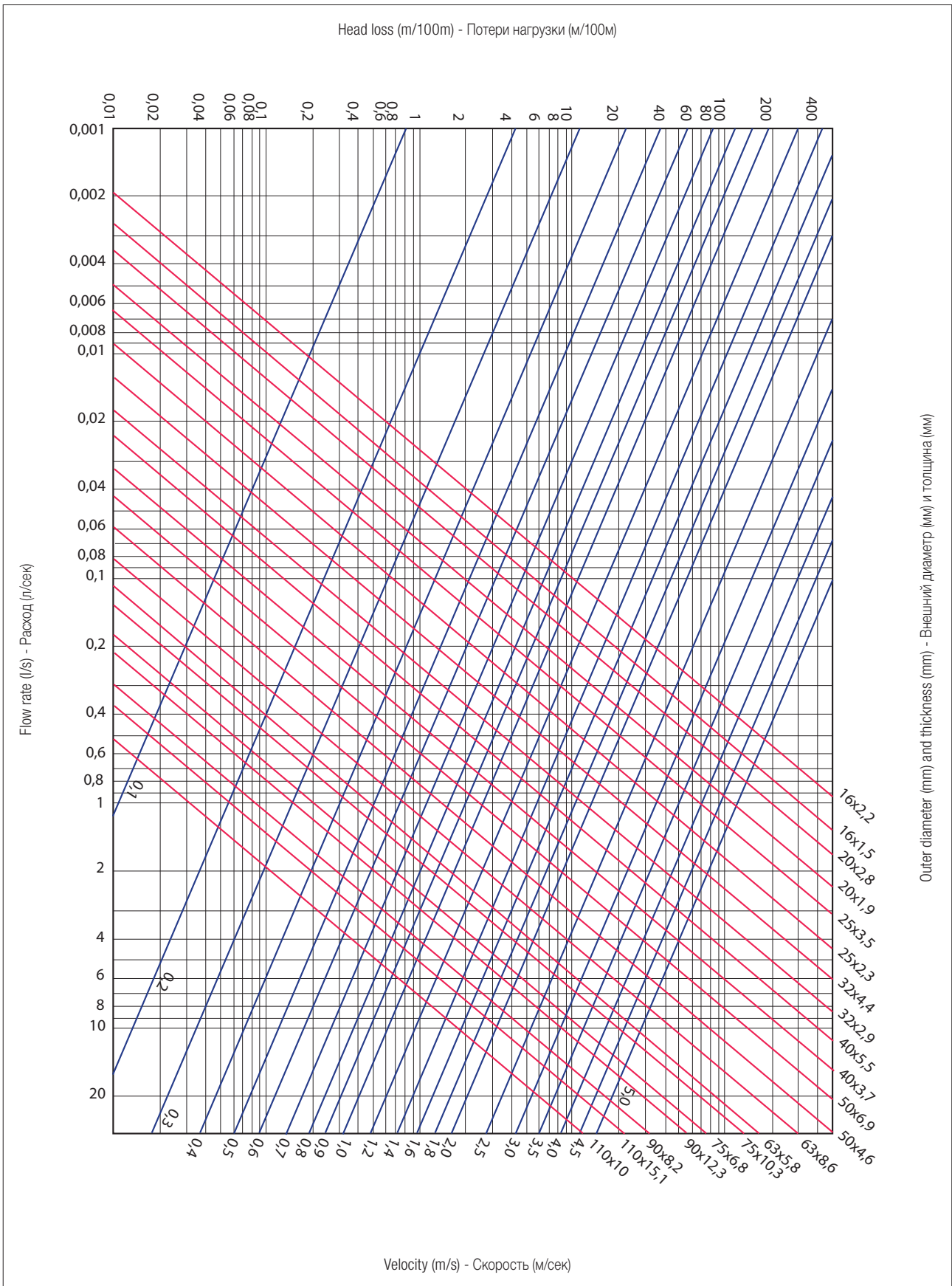


Diagram 7.3 - Unidelta PE-X pipe according to DIN 16892 / DIN 16893: head loss with water at 80°C  
 Диаграмма 7.3 - Трубы Unidelta PE-X в соответствии с DIN 16892 / DIN 16893: потери нагрузки при воде с температурой 80°C



### 8.1 INTRODUCTION

Unidelta PE-X pipes are also manufactured in extractable form. The pipes are inserted in a sheath (corrugated tube) with an adequate diameter. This solution allows damaged pipe sections to be easily and quickly replaced where necessary, avoiding major disruption of walls. Furthermore, by inserting pipes in colour-coded blue or red sheaths, the type of circuit can be easily identified (hot water - cold water).

### 8.1 ВВЕДЕНИЕ

Труба из сшитого полиэтилена компании Unidelta производится также в съёмном варианте. Труба вставляется в гофрированную оболочку соответствующего диаметра. Благодаря этой системе возможна быстрая и легкая замена поврежденных участков трубопровода, не прибегая к необходимости проводить трудоёмкие строительные работы. Используя трубы синего и красного цветов легко можно определить назначение трубопровода (горячая вода - холодная вода).

Figure 8.1 - UniTerm Pipe in pipe  
Рисунок 8.1 - Съёмная труба UniTerm





## 8.2 THE RANGE

The following table lists the pipes available in extractable version where:

<b>d<sub>e</sub> guaina</b>	external sheath diameter;
<b>d<sub>e</sub></b>	external diameter;
<b>e</b>	thickness;
<b>Versioni</b>	PE-X pipe available version.

## 8.2 АССОРТИМЕНТ

В приведенной ниже таблице указаны трубы, имеющиеся в наличии в съёмном варианте Где:

<b>d<sub>e</sub> guaina</b>	внешний диаметр оболочки;
<b>d<sub>e</sub></b>	внешний диаметр;
<b>e</b>	толщина;
<b>Versioni</b>	имеющиеся версии трубы PE-X из сшитого полиэтилена.

Table 8.1 - UniTerm Pipe in pipe: the range  
Таблица 8.1 - Съёмные трубы UniTerm: ассортимент

d <sub>e</sub> (mm)	e (mm)	d <sub>e</sub> guaina (mm)	Versioni
15	2,5	25	UniTerm
16	1,5	25	UniTerm
16	2,0	25	UniTerm
16	2,2	25	UniTerm
18	2,0	32	UniTerm
18	2,5	32	UniTerm
20	1,9	32	UniTerm
20	2,0	32	UniTerm
20	2,8	32	UniTerm
22	3,0	32	UniTerm
25	2,3	40	UniTerm
25	3,5	40	UniTerm
28	3,0	40	UniTerm

## 9. HYDRAULIC DESIGN: HEAD LOSSES DUE TO WATER CONVEYANCE

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ: ПОТЕРЯ НАПОРА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ВОДЫ

#### 9.1 HEAD LOSSES FOR WATER CONVEYANCE

One feature of cross-linked polyethylene pipe is its extremely smooth inner surfaces, even after years of use, and hence reduced head losses, which can be calculated using Darcy-Weisbach's formula:

$$J = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot d_i}$$

where:

J is the head loss expressed in metres of column of water per metre of pipe;

v is the velocity of the fluid [m/s] which does not usually exceed 2.5÷3 m/s;

$d_i$  is the inner diameter of the pipe [m];

g is the acceleration of gravity equal to 9.81 m/s<sup>2</sup>

$\lambda$  is the loss coefficient, the value of which depends on the conditions of flow and the fluid's physical properties (density and viscosity).

For flows of water in turbulent transition or in purely turbulent movement, the expression of  $\lambda$  that best reflects experimental data is that of Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3.715 \cdot d_i} \right)$$

where  $\epsilon$  is the absolute roughness of the pipe [m] and Re is Reynolds number:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d_i}{\mu}$$

$\rho$  is the density of the water [kg/m<sup>3</sup>] and  $\mu$  is the water's dynamic viscosity of the water [kg/m·s], both functions of temperature.

#### 9.1 ПОТЕРЯ НАПОРА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ВОДЫ

Одна из особенностей труб из сшитого полиэтилена - наличие абсолютно гладких внутренних поверхностей даже после многолетней эксплуатации, что уменьшает потери напора. Последнюю можно рассчитать благодаря применению формулы Дарси-Вейсбаха:

$$J = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot d_i}$$

где:

J - потеря напора, выраженная в метрах водяного столба на 1 метр трубопровода;

v - скорость жидкости [м/с], которая обычно не превышает значение 2.5÷3 м/с;

$d_i$  - внутренний диаметр трубы [м];

g - ускорение свободного падения равное 9.81 м/с<sup>2</sup>

$\lambda$  - коэффициент потери, значение которого зависит от условий движения жидкости и от её физических характеристик (плотность и вязкость).

Для потока воды на участке турбулентного режима или при постоянном турбулентном движении необходимо применять коэффициент l, рассчитываемый формулой Кольбрука:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3.715 \cdot d_i} \right)$$

где  $\epsilon$  - абсолютная шероховатость поверхности трубы [м],  
Re - безразмерное число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d_i}{\mu}$$

$\rho$  - плотность воды [кг/м<sup>3</sup>] и  $\mu$  - динамическая вязкость воды [кг/м·с], обе изменяются в зависимости от температуры.



Table 9.1 - Some water properties  
Таблица 9.1 - Некоторые характеристики воды

T [°C]	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (Kg/m·s)	$\nu=\mu/\rho$ (m <sup>2</sup> /s)
0	1000,0	$1,750 \cdot 10^{-3}$	$1,750 \cdot 10^{-6}$
10	1000,0	$1,298 \cdot 10^{-3}$	$1,298 \cdot 10^{-6}$
20	998,4	$1,004 \cdot 10^{-3}$	$1,005 \cdot 10^{-6}$
30	995,7	$8,008 \cdot 10^{-4}$	$8,042 \cdot 10^{-7}$
40	991,7	$6,547 \cdot 10^{-4}$	$6,601 \cdot 10^{-7}$
50	987,7	$5,461 \cdot 10^{-4}$	$5,529 \cdot 10^{-7}$
60	982,7	$4,663 \cdot 10^{-4}$	$4,745 \cdot 10^{-7}$
70	977,1	$4,004 \cdot 10^{-4}$	$4,098 \cdot 10^{-7}$
80	971,9	$3,511 \cdot 10^{-4}$	$3,613 \cdot 10^{-7}$
90	964,8	$3,126 \cdot 10^{-4}$	$3,241 \cdot 10^{-7}$
100	957,9	$2,790 \cdot 10^{-4}$	$2,913 \cdot 10^{-7}$

T temperature  
 $\rho$  density  
 $\mu$  dynamic viscosity  
 $\nu=\mu/\rho$  kinematic viscosity

T температура  
 $\rho$  плотность  
 $\mu$  динамическая вязкость  
 $\nu=\mu/\rho$  кинематическая вязкость

The head loss diagrams in this handbook show J curves expressed in metres of column of water per 100 metres of pipe [m/100m] for cross-linked polyethylene pipes at water temperatures of 10°C, 50°C and 80°C.

В диаграммах потери напора, приведенных в данном пособии, отмечены кривые J, выраженные в метрах водяного столба на 100 метров трубопровода [м/100м] из труб сшитого полиэтилена при температуре воды 10°C, 50°C и 80°C.

## 9.2 EXAMPLES

### Example 1

We wish to determine the tube diameter necessary (according to EN ISO 15875) to transport 0.2 l/s of water for 1000 metres at 50°C, with an input pressure of 7 bar, allowing for a load loss of 1 bar.

The load loss of 1 bar per 100 metres of piping expressed in water column metres is equal to approx. 10m/100m (1m water column equals 0.0981 bar).

In Figure 6.2 indicating load loss of Unidelta PE-X pipes according to EN ISO 15875 at a temperature of 50°C, the point corresponding with the volume and load loss required is between 2 lines: the point identified by pipe 20x2.8 and the point identified by pipes 20x2 and 22x3 (see detailed description in Figure 9.1).

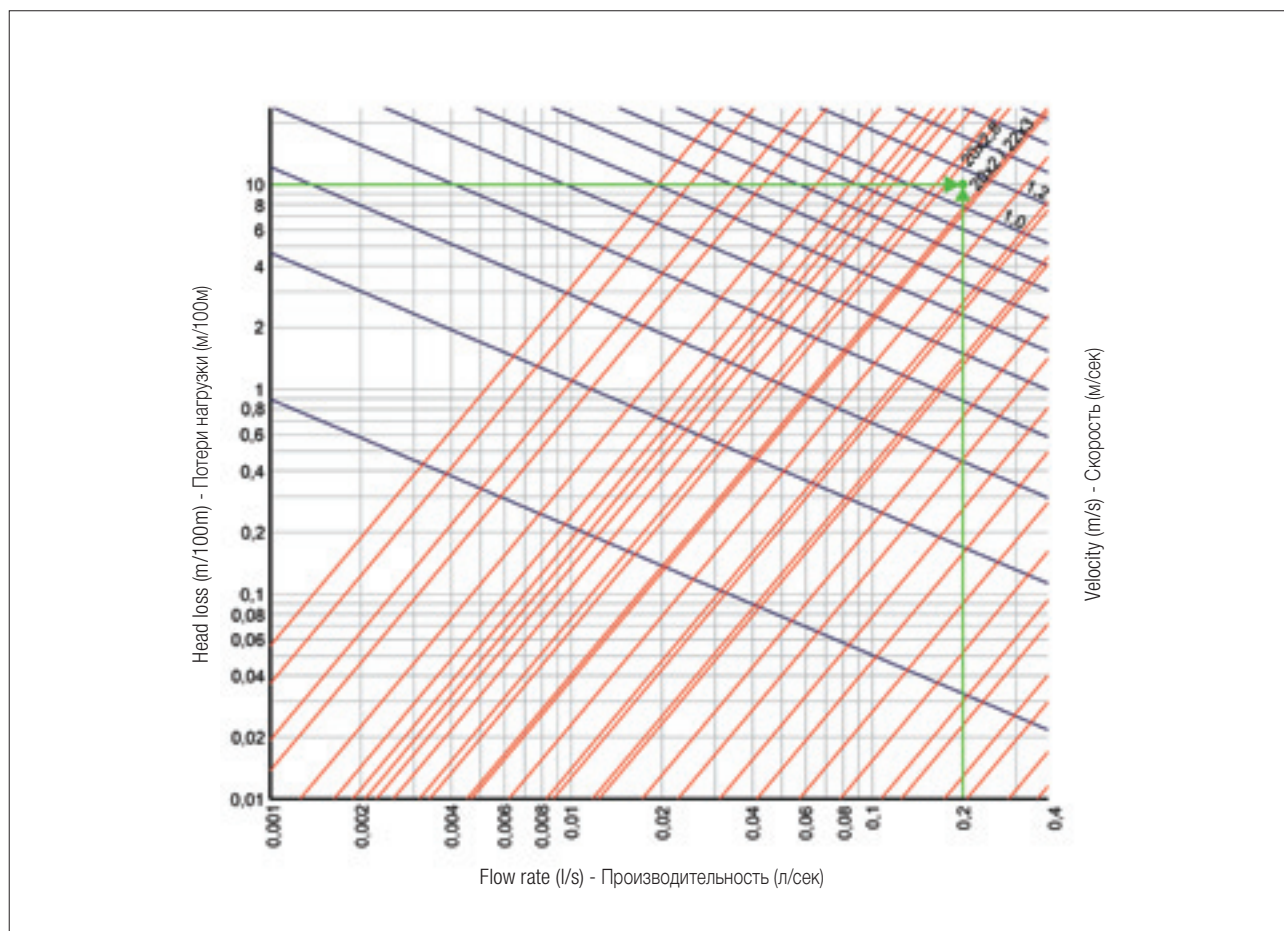
## 9.2 ПРИМЕРЫ

### Примеры 1

Необходимо рассчитать диаметр трубы (согласно EN ISO 15875) для транспортировки 0,2 л/с на 100 метров при температуре 50°C и давлении на входе - 7 бар, учитывая потерю напора в 1 бар.

Потеря напора в 1 бар на 100 метров трубопровода в метрах водяного столба равна приблизительно 10 м/100м (1м водяного столба равнозначен 0,0981 бар). На диаграмме 6.2, отображающей потери напора в трубах Unidelta PE-X согласно EN ISO 15875 при температуре 50°C, точка, соответствующая искомым расходу и потере напора, находится между 2-мя линиями: линией, обозначающей трубу 20x2,8 и линией, обозначающей трубы 20x2 и 22x3 (см. фрагмент, приведенный на рисунке 9.1).

Figure 9.1 - Load loss graph detail for Unidelta PE-X EN ISO 15875 pipes at 50°C  
Рисунок 9.1 - Фрагмент графика потерь напора в трубах Unidelta PE-X EN ISO 15875 при 50°C





Since using pipe 20x2.8 would result in a load loss greater than 1 bar, one of the other two pipes must be chosen. The maximum required pressure is 7 bar; therefore, the 22x3 pipe is recommended since it has a higher pressure resistance and is able to tolerate 7 bar in any category of application (see table 6.2). The graph indicates that the Unidelta PE-X 22x3 pipe has an effective load loss of 8m/100m (0.8 bar over 100m) and a flow speed of 1m/s.

The output pressure, therefore, is 7 bar - 0.8 bar = 6.2 bar.

#### Example 2

We wish to calculate the load loss and water flow speed inside a Unidelta PE-X 32x4.4 pipe according to DIN 16892-16893, 150m long with a capacity of 1 litre per second at a temperature of 10°C to 80°C.

Diagram 7.1 and 7.3 (see details in Figure 9.2 and 9.3) each referring to the capacity required, indicate that the flow speed in both cases is 2.4m/s, since the speed does not depend on the temperature but rather on the cross-section and volume. The load loss, depending on the viscosity and density of the liquid, is 27m/100m at 10°C and 20m/100m at 80°C.

Therefore, the load loss for a pipe 150m long is as follows:

$$J = 27 \cdot \frac{150}{100} = 40,5 \text{ m} = 4 \text{ bar fluid at } 10^\circ\text{C};$$

$$J = 20 \cdot \frac{150}{100} = 30 \text{ m} = 2,95 \text{ bar fluid at } 80^\circ\text{C}.$$

Так как при использовании трубы 20x2,8 потеря напора превышает 1 бар, то необходимо выбрать две другие трубы. Учитывая, что максимальное запрашиваемое давление - 7 бар, советуем использовать трубы 22x3, сопротивление которых больше давления, и они способны выдерживать давление в 7 бар в любой категории применения (см. таблицу 6.2). Согласно графику фактическая потеря напора в трубе Unidelta PE-X 22x3 - 8 м/100м (0,8 бар на 100м) и скорость жидкости - 1 м/с.

Давление на выходе из трубопровода, таким образом, будет 7 бар - 0,8 бар = 6,2 бар.

#### Пример 2

Необходимо подсчитать потерю напора и скорость воды внутри участка длиной 150 метров трубы Unidelta PE-X 32x4,4 согласно DIN 16892-16893 с расходом 1 литр в секунду при температуре 10°C и 80°C.

Согласно диаграмме 7.1 и 7.3 (см. фрагменты, приведенные на рисунках 9.2 и 9.3) запрашиваемому расходу соответствует скорость воды, одинаковая в обоих случаях - 2,4 м/с, так как она зависит не от температуры, а от сечения прохода и от расхода. Потеря напора, будучи в зависимости от вязкости и от плотности жидкости, составляет 27 м/100м при 10°C и 20 м/100м при 80°C.

Потеря напора на участке водопровода длиной 150м, таким образом, будет:

$$J = 27 \cdot \frac{150}{100} = 40,5 \text{ м} = 4 \text{ бар жидкость при } 10^\circ\text{C};$$

$$J = 20 \cdot \frac{150}{100} = 30 \text{ м} = 2,95 \text{ бар жидкость при } 80^\circ\text{C}.$$



Figure 9.2 - Load loss graph detail for Unidelta PE-X DIN 16892-16893 pipes at 10°C  
 Рисунок 9.2 - Фрагмент графика потери напора в трубах Unidelta PE-X согласно DIN 16892-16893 при 10°C

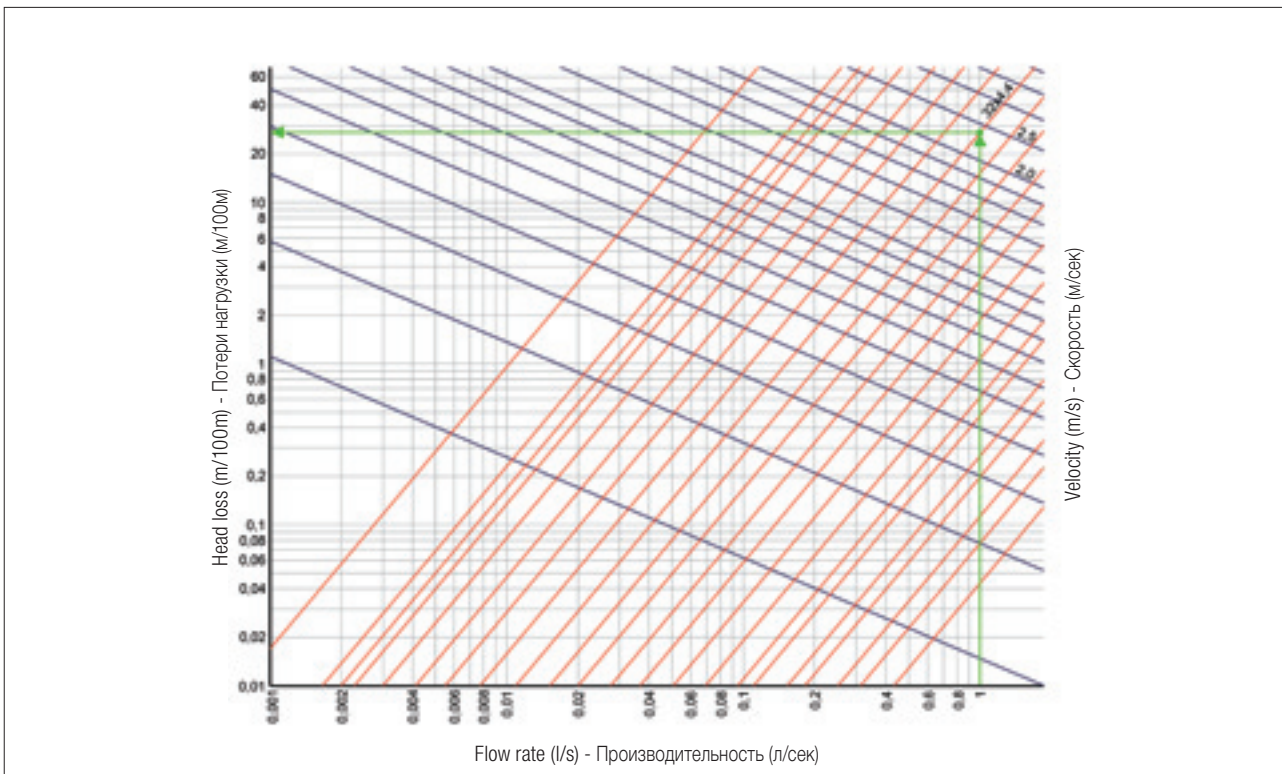
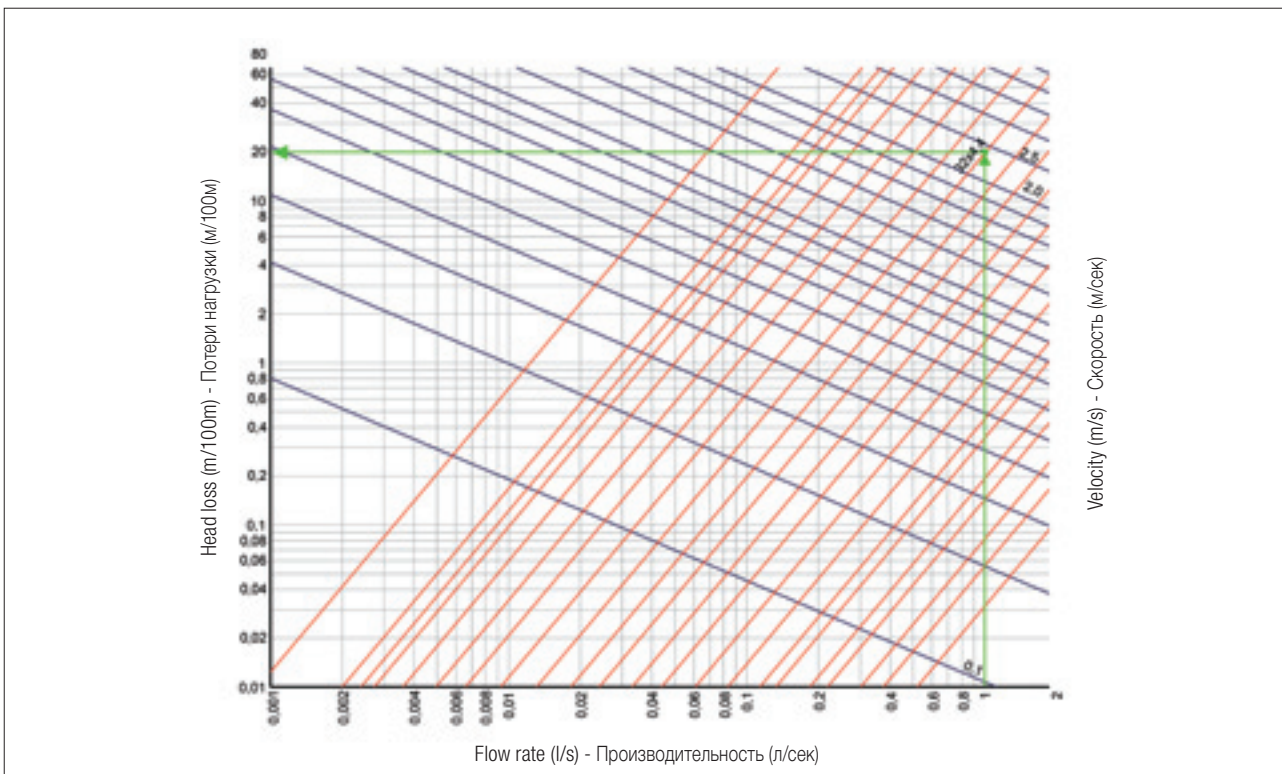


Figure 9.3 - Load loss graph detail for Unidelta PE-X DIN 16892-16893 pipes at 80°C  
 Рисунок 9.3 - Фрагмент графика потери напора в трубах Unidelta PE-X согласно DIN 16892-16893 при 80°C



## 10. INSTALLATION: COMPENSATION FOR THERMAL LENGTH VARIATIONS УСТАНОВКА: КОМПЕНСАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ДЛИНЫ

### 10.1 INTRODUCTION

The following considerations are partially based on the standard UNI ENV 12108:2003 "Plastic piping systems - Guidance for the installation inside buildings of pressure piping systems for hot and cold water intended for human consumption".

Due to temperature changes, plastic pipes in general are subject to changes in length, namely contraction and expansion, which can be calculated using the following formula:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

where:

$\Delta L$  is the variation in length in millimetres due to the change in temperature  $\Delta T$  to which the pipe has been subject;

$L$  is the length of the pipe in metres [m];

$\alpha$  is the average coefficient of linear thermal expansion for PE-X the value is 0.19 mm/m·K.

The above formula is plotted in diagram 10.1 for Unidelta PE-X pipes.

It is clear that linear thermal expansion (DL) does not depend on the pipe diameter.

Changes in length in plastic pipe are usually higher than in metal pipe. It is in fact possible to verify the existing distance between the mean coefficients of linear thermal expansion for some of them (table 10.1).

### 10.1 ВВЕДЕНИЕ

Приведенные далее соображения частично основываются на нормативном проекте UNI ENV 12108:2003 "Пластмассовые трубопроводы - Руководство по установке в зданиях систем напорных трубопроводов для горячей и холодной воды, предназначенной для потребления человеком".

Из-за температурных перепадов трубы из пластмассовых материалов подвергаются изменениям по длине, сжатию или расширению, которые можно рассчитать с помощью следующего выражения:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

Где:

$\Delta L$  изменение длины в миллиметрах [мм], вызванное изменением температуры  $\Delta T$ , которому подвергается труба по отношению к температуре укладки;

$L$  длина трубы в метрах [м];

$\alpha$  коэффициент среднего теплового линейного расширения, для сшитого полиэтилена имеет значение 0.19 мм/м·К.

Описанное выше выражение было представлено в виде диаграммы для труб Unidelta PE-X из сшитого полиэтилена, на диаграмме 10.1.

На ней можно увидеть, что линейное тепловое расширение DL не зависит от диаметра трубы.

Изменения длины пластмассовых труб обычно больше по сравнению с изменениями, которые происходят в трубах из металлического материала. Можно проверить существующую разницу между коэффициентами среднего теплового линейного расширения некоторых из них (таблица 10.1).

Table 10.1 - Coefficients of thermal expansion  
Таблица 10.1 - Коэффициент теплового расширения

Material Type Тип трубы	$\alpha$ (mm/m°C)
Copper Медь	0,017
Steel Сталь	0,012
Cast Iron Чугун	0,010
PE-X	0,190
PP-R	0,180

Expression:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

can be used to calculate deformation  $\epsilon$  which the pipe would undergo if its length were free to vary:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T.$$

If the change in length were prevented by anchorage points, there would be an axial stress inside the wall of the pipe equal to:

$$\sigma = E \cdot \epsilon = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

where E is the modulus of elasticity [N/m<sup>2</sup>].

Although cross-linked polyethylene has a high coefficient of expansion compared with metals' one, the stresses generated inside the wall of the pipe are not high. This is due to the modulus of elasticity E, which is relatively low and compensates the coefficient of expansion. With a 10°C variation in temperature we have the following:

Благодаря выражению:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

определяется деформация  $\epsilon$ , которой подвергается труба, если бы она могла свободно менять свою длину:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T.$$

Если длина не может изменяться из-за креплений, внутри стенки трубы создаётся осевое напряжение, равное:

$$\sigma = E \cdot \epsilon = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

где E - это модуль упругости [N/m<sup>2</sup>].

Несмотря на то, что сшитый полиэтилен имеет высокий коэффициент расширения по сравнению с металлическими материалами, напряжение, которое создаётся внутри стенок трубы не очень высокое. Это происходит благодаря его модулю упругости E, который довольно низкий и компенсирует значение коэффициента расширения. При изменении температуры на 10°C получается следующее:

Table 10.2 - Demands made on pipes of various materials with a fluctuation of 10°C (assuming expansion is avoided)

Таблица 10.2 - Напряжение, которое создаётся в трубах из различных материалов при скачке на 10°C (предполагая предотвратить расширение)

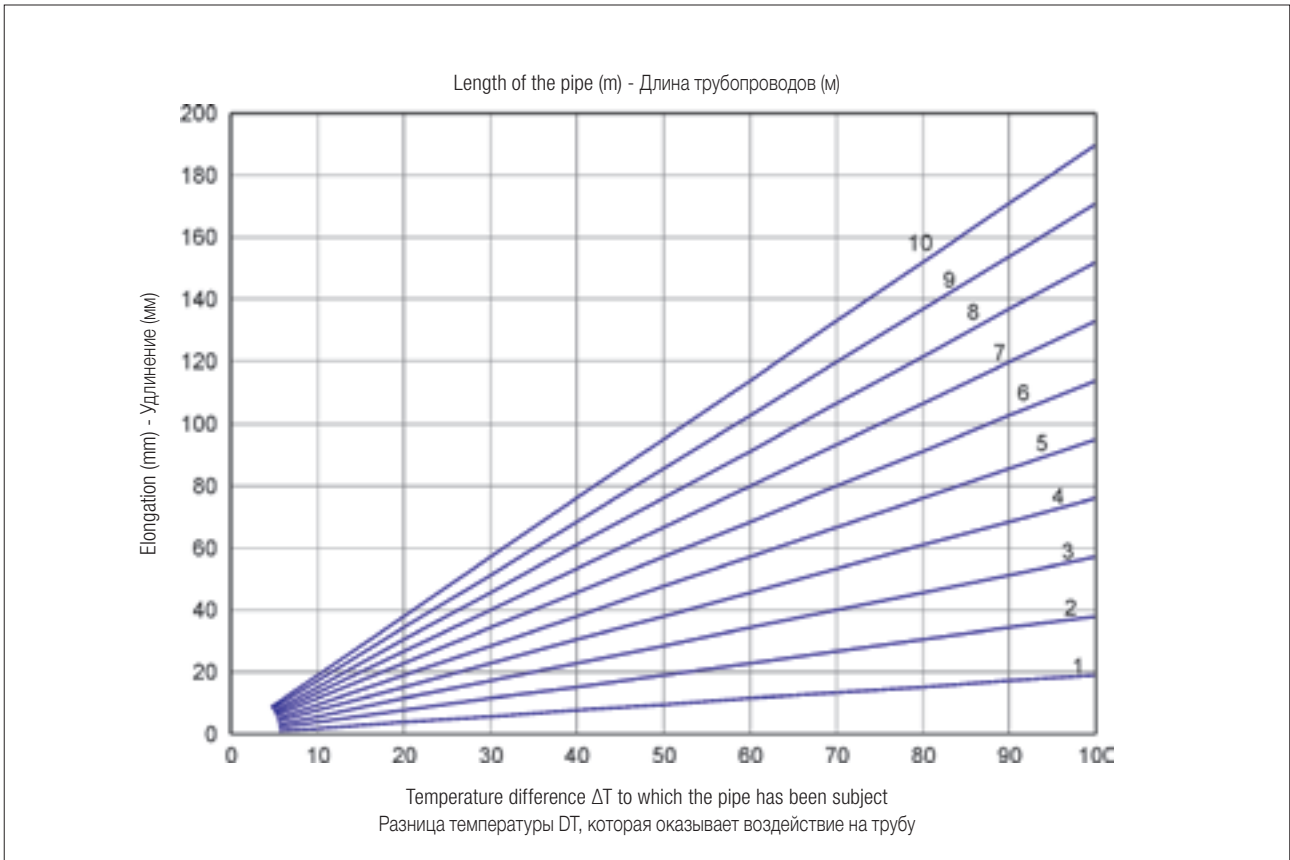
Material Материал	Deformation Деформация	Tensil modulus at 20°C Модуль упругости при 20°C	Effort Усилие
PE-X	$\epsilon = 0.00190$ m/m	$E_{PE-X} \cong 1100$ MPa	$\sigma = 1.27$ MPa
Copper Медь	$\epsilon = 0.00017$ m/m	$E_{Rame} \cong 94000$ MPa	$\sigma = 15.98$ MPa
Steel Сталь	$\epsilon = 0.00012$ m/m	$E_{Acciaio} \cong 206000$ MPa	$\sigma = 24.72$ MPa

Cross-linked polyethylene is therefore a material with a great ability to absorb dilation at an inter-molecular level. As a result in many cases pipes can be locked tightly in such a way to prevent dilation. However when anchor points are used they need to be distributed along the pipe to compensate changes in length by means of changes in direction.

Таким образом, сшитый полиэтилен является материалом с большой способностью поглощения расширений на межмолекулярном уровне. Во многих случаях это позволяет устанавливать трубопроводы, полностью блокируя их и, следовательно, предотвращая расширения. Когда же используются крепёжные точки, они должны распределяться вдоль трубы, создавая систему компенсации изменений длины с помощью изменений направления.



Diagram 10.1 - Cross-linked polyethylene pipes expansion/contraction  
Диаграмма 10.1 - Расширение/контракция трубопроводов из сшитого полиэтилена



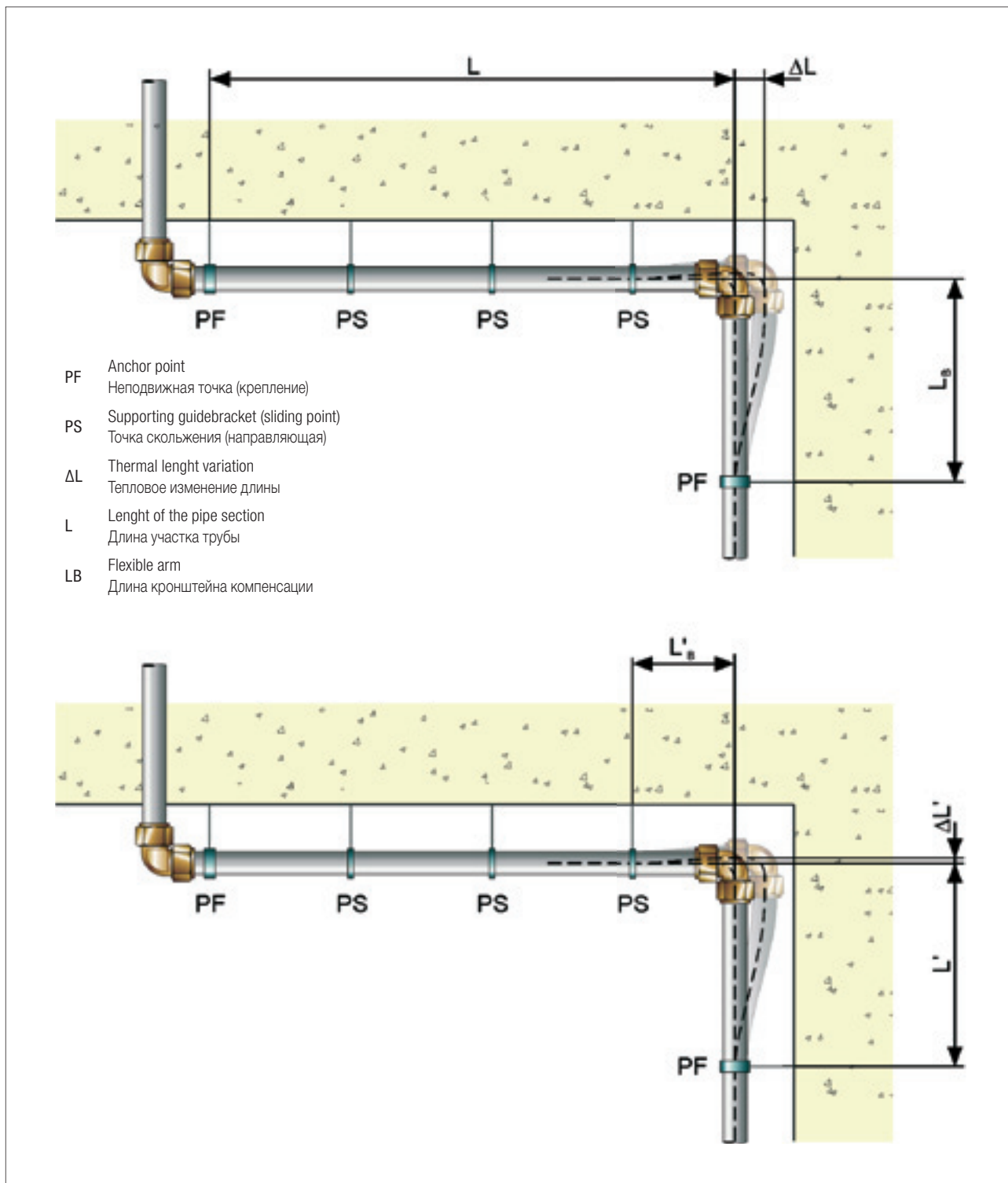
## 10.2 FLEXIBLE ARM COMPENSATION

## 10.2 КОМПЕНСАЦИЯ ГИБКИМ КРОНШТЕЙНОМ

With this type of configuration the variation in length of a section of pipe L can be compensated by flexing the section of pipe at right angles to the first  $L_B$ .

Данный тип конфигурации даёт возможность компенсировать изменение длины одного участка трубопровода L, путём сгибания прямоугольного участка трубопровода на первом  $L_B$ .

Figure 10.1 - Installation with flexible arm compensation  
Рисунок 10.1 - Установка с компенсацией гибким кронштейном





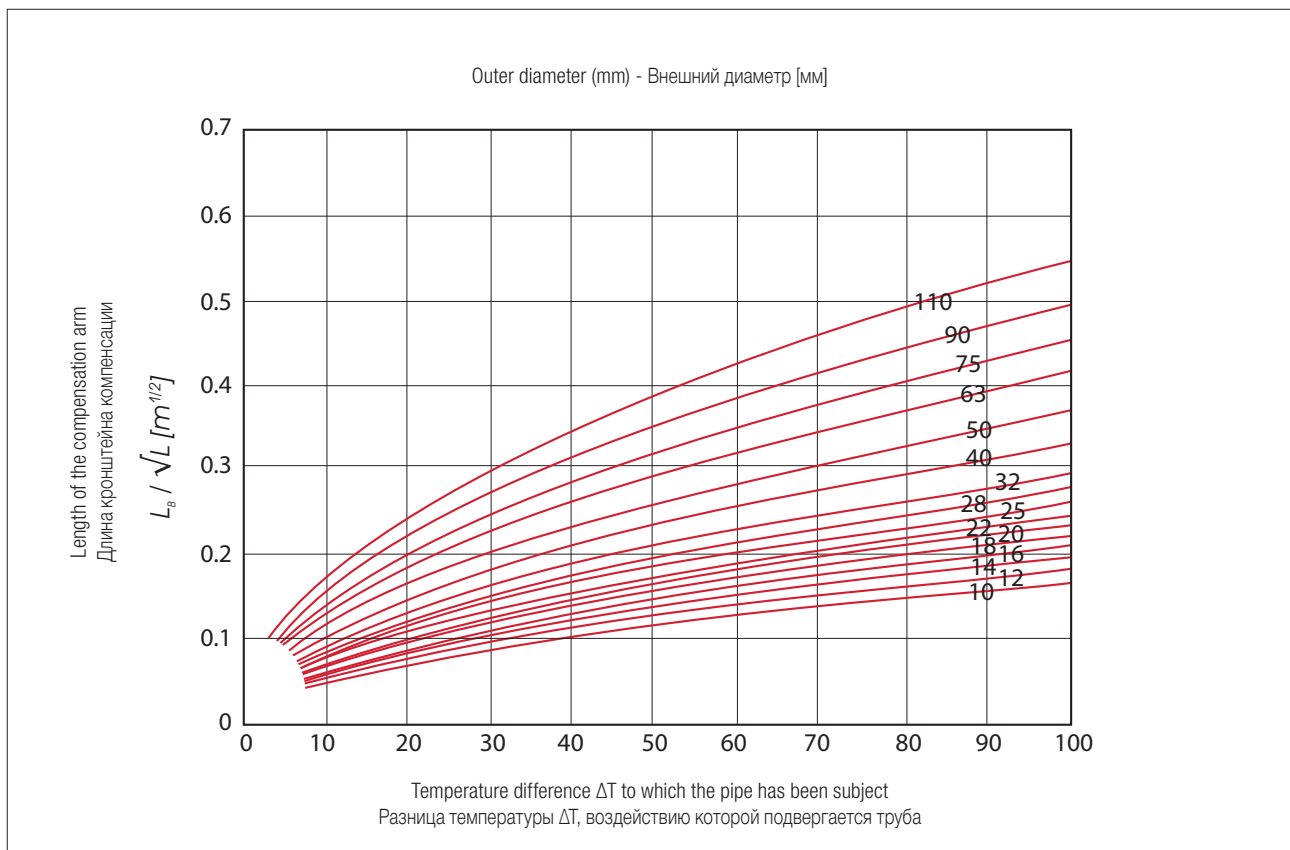
In this case the flexible arm must be long enough to guarantee compensation. The fixed and sliding points must distance the pipe from the wall so as to allow deformation of the pipe.

Diagram 10.2 shows the ratio between the length of the flexible arm  $L_B$  and the square root of the length of the section to compensate  $L$  as a function of the outer diameter of the pipe  $d_e$  and the difference between current room temperature and the laying temperature  $\Delta T$ .

В подобном случае гибкий кронштейн должен иметь длину, достаточную для гарантии компенсации; неподвижные точки и точки скольжения должны отделять трубу от стены таким образом, чтобы дать трубопроводу возможность деформироваться.

В диаграмме 10.2 приводится отношение между длиной гибкого кронштейна  $L_B$  и квадратным корнем длины компенсируемого участка  $L$ , в зависимости от внешнего диаметра трубы  $d_e$  и разницы температуры  $\Delta T$ , воздействию которой подвергается труба.

Diagram 10.2 - Installation with flexible arm compensation  
Диаграмма 10.2 - Установка с компенсацией гибким кронштейном



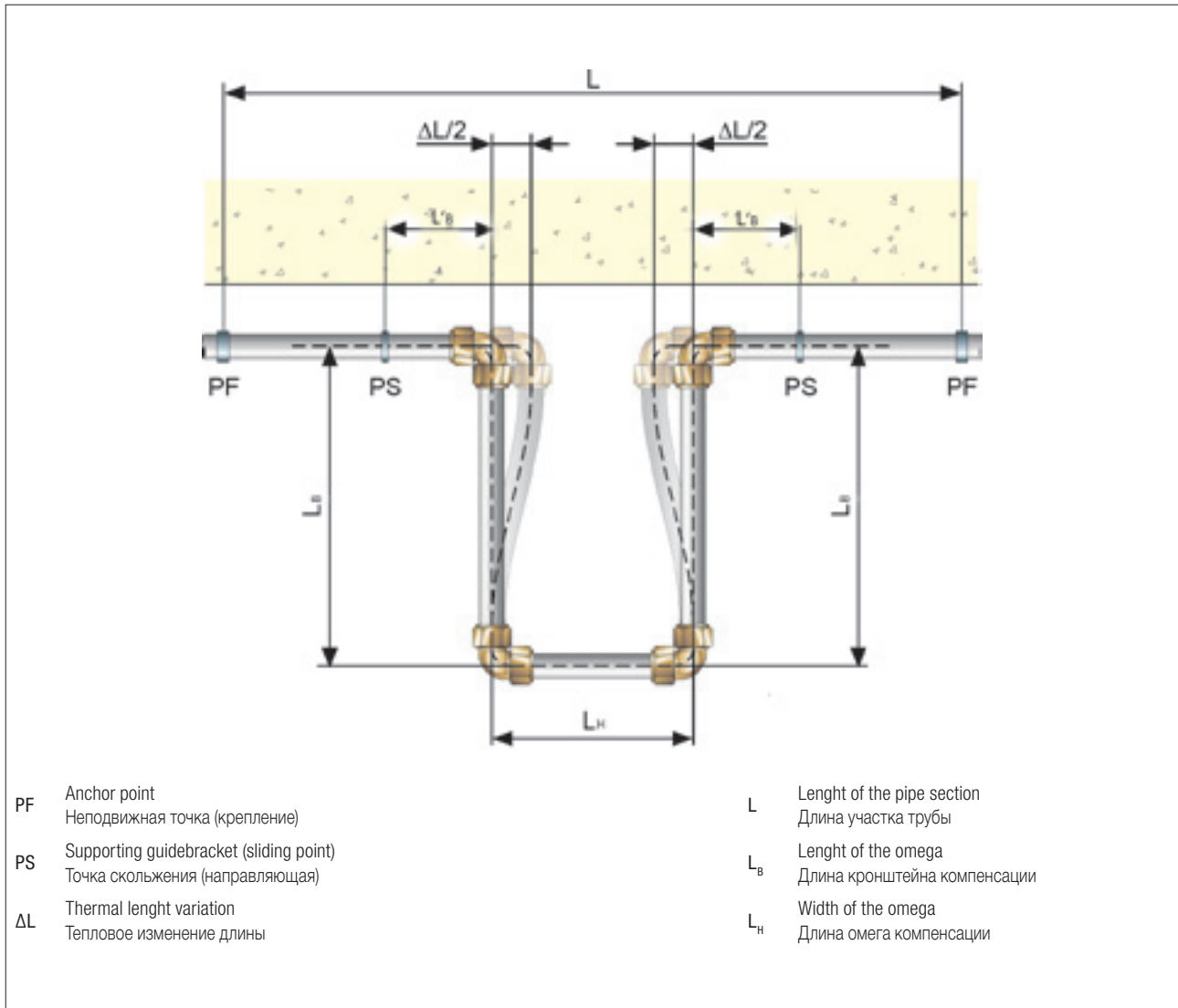
### 10.3 OMEGA COMPENSATION

With this type of configuration the variation in length of a section of pipe  $L$  can be compensated by flexing the two arms  $L_b$  forming the compensation omega.

### 10.3 ОМЕГА КОМПЕНСАЦИЯ

Данный тип конфигурации позволяет компенсировать разницу длины участка трубопровода  $L$ , путём сгибания двух кронштейнов  $L_b$ , которые составляют омегу компенсации.

Figure 10.2 - Installation with "omega" compensation  
Рисунок 10.2 - Установка с омега компенсацией





When the change of direction of pipes cannot be exploited, an Omega compensation system can be created by means of two symmetrical compensation arms as shown in figure 10.2. In this case, to calculate the length  $L_B$ , diagram 10.2 can be used, considering  $L$  equal to half the overall length of the conduit.

The central portion  $L_H$  of the Omega system can be equal to the arm  $L_B$ . In this case, you will have a square Omega or equal to half  $L_B/2$  of the rectangular Omega. The  $L_B$  value must be calculated referring always to diagram 10.2, but considering  $L$  equal to  $L_B$ .

It is essential that the length  $L_H$  complies with the following two conditions:

1)  $L_H \geq 2(R+d_e)$  where  $R$  is the  $90^\circ$  bend radius and  $d_e$  is the external diameter of the pipe.

2)  $L_H \geq \Delta L$  where  $\Delta L$  is the maximum dilation of the entire portion of the conduit (this is to prevent the two upper vertices of the Omega come into contact).

Когда невозможно использовать изменения в направлении трубы, можно изготавливать системы омега компенсации, создавая два симметричных кронштейна компенсации, как показано на рисунке 10.2. В данном случае, для расчёта длины  $L_B$  можно использовать диаграмму 10.2, принимая во внимание, что  $L$  равняется половине общей длины трубопровода.

Центральный участок  $L_H$  омеги может быть равен кронштейну  $L_B$ . В данном случае омега будет квадратной или же омега будет прямоугольной, если он равняется  $L_B/2$ . Будет рассчитано также и значение  $L'_B$ , используя опять же диаграмму 10.2, но предположив, что  $L$  будет равняться  $L_B$ .

Кроме того, очень важно, чтобы длина  $L_H$  учитывала следующие два условия:

1)  $L_H \geq 2(R+d_e)$ , где  $R$  - это радиус кривых на  $90^\circ$ , а  $d_e$  - это внешний диаметр трубы.

2)  $L_H \geq \Delta L$ , где  $\Delta L$  - это максимальное расширение всего участка трубопровода (это необходимо, чтобы две верхние точки омеги не вступали в контакт).

## 10.4 DISTANCE BETWEEN THE SUPPORTS

Standard UNI ENV 12108:2003 recommend the maximum distances between two sliding points (PS) or between a fixed point (PF) and a sliding point (PS). The fixed points - also called anchorage points - are supports that do not allow the pipe to move. The sliding points - i.e. the guides- leave the pipe free to expand and contract following changes in length (see also table 10.3).

## 10.4 РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ОПОРАМИ

Стандарт UNI ENV 12108:2003 указывает максимальное расстояние между двумя точками скольжения (PS) или между неподвижной точкой (PF) и точкой скольжения (PS). Неподвижные точки, которые также называются креплениями - это опоры, которые не дают трубе скользить. Точки скольжения, которые также называются направляющими, дают трубе возможность скользить при изменении длины. Максимальные значения расстояния  $L$  приводятся в таблице 10.3.



Figure 10.3 - Suspended installation  
Рисунок 10.3 - Подвесная установка

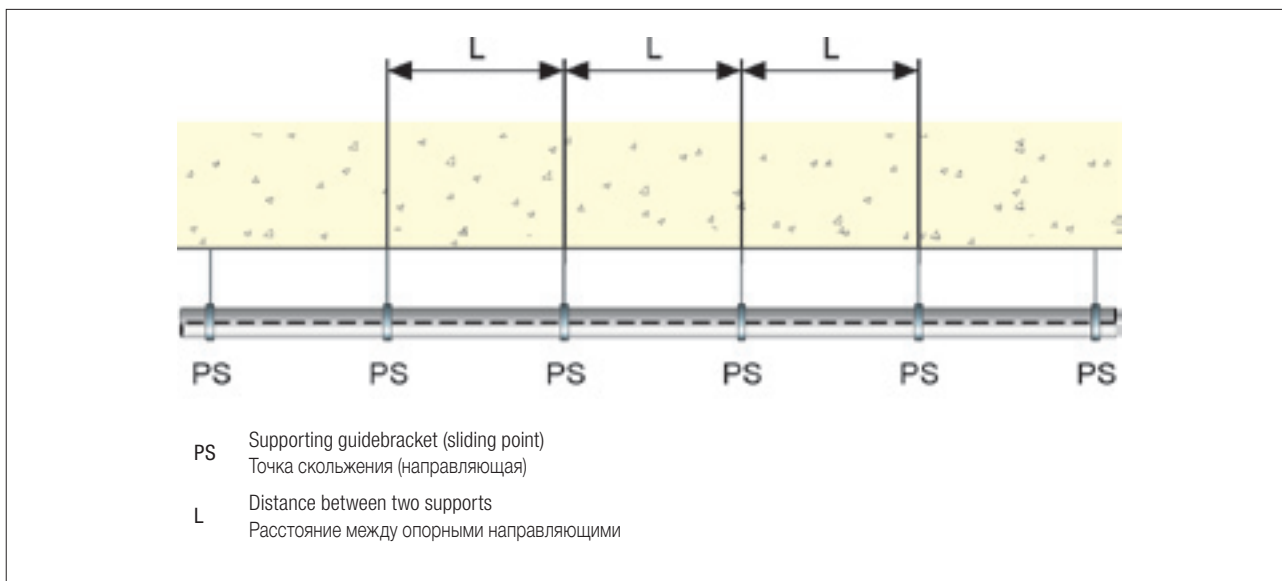


Table 10.3 - Distance between supports  
Таблица 10.3 - Расстояния между опорами

$d_e$ (mm)	L (mm)	
	Cold water - Холодная вода	Hot water - Горячая вода
$d_e \leq 16$	750	400
$16 < d_e \leq 20$	800	500
$20 < d_e \leq 25$	850	600
$25 < d_e \leq 32$	1000	650
$32 < d_e \leq 40$	1100	800
$40 < d_e \leq 50$	1250	1000
$50 < d_e \leq 63$	1400	1200
$63 < d_e \leq 75$	1500	1300
$75 < d_e \leq 90$	1650	1450
$90 < d_e \leq 110$	1900	1600

## 10.5 EXAMPLES

### Example 1

Let us suppose we wish to determine the changes in length of a 70-metre pipe when the temperature changes from 20°C to 50°C and from 55°C to -5°C.

In the former case the temperature variation is  $\Delta T = 50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$ . Since diagram 10.1 covers pipes with a maximum length of 10 metres, elongation can be calculated for a 7-metre section and then multiplied by 10. With  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$  and the 7-metre section of pipe there is a variation in length of 40 mm, giving an overall elongation of 400 mm.

In the latter case the variation is  $\Delta T = -5^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C} = -60^\circ\text{C}$ , negative, so the elongation must be considered as a contraction. With  $\Delta T = 60^\circ\text{C}$  and the 7-metre section of pipe there is a variation in length of 80 mm, giving an overall elongation of 800 mm.

### Example 2

Let us suppose we wish to determine the length of the flexible arm required to compensate a section of pipe 10 metres in length and 75 mm in diameter subjected to a maximum temperature variation of 30°C.

In diagram 10.2, reading off against outer diameter  $d_e = 75$  mm and temperature difference  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$  gives:

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.25$$

and hence:

$$L_B = 0.25 \cdot \sqrt{10} = 0.79 \text{ m.}$$

The flexible compensation arm must be at least 80 cm long.

Now  $L'_B$  can be calculated considering  $L = L_B$  and always using diagram 10.2.

The result is:

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.25.$$

And therefore:

$$L'_B = 0.25 \cdot \sqrt{0.79} = 0.23 \text{ m}$$

## 10.5 ПРИМЕРЫ

### Пример 1

Необходимо определить изменения длины 70-и метрового трубопровода, когда его температура с 20°C поднимается до 50°C и с 55°C опускается до -5°C.

В первом случае изменение температуры составляет:  $\Delta T = 50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$ . Поскольку диаграмма 10.1 предусматривает трубопроводы длиной не более 10 метров, можно рассчитать удлинение для 7-ми метрового участка, а затем умножить его на 10. При температуре  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$  7-и метровый участок подвергается изменению длины равной 40 мм, следовательно, общее удлинение составит 400 мм.

Во втором случае изменение:  $\Delta T = -5^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C} = -60^\circ\text{C}$ , отрицательное, следовательно, удлинение должно пониматься, как сжатие. При температуре  $\Delta T = 60^\circ\text{C}$  7-и метровый участок подвергается изменению длины равной 80 мм, следовательно, общее сокращение длины составит 800 мм.

### Пример 2

Необходимо определить длину гибкого кронштейна, необходимого для компенсации участка трубопровода длиной 10 метров и диаметром 75 мм, который подвергается воздействию изменения температуры не более 30°C.

На диаграмме 10.2 для внешнего диаметра  $d_e = 75$  мм и разницы температуры  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$  определяется следующее:

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.25$$

и, следовательно:

$$L_B = 0.25 \cdot \sqrt{10} = 0.79 \text{ m.}$$

Гибкий кронштейн компенсации должен иметь длину не менее 80 см.

Сейчас можно выполнить расчёт  $L'_B$ , предположив, что  $L = L_B$  и используя диаграмму 10.2.

Таким образом, получается:

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.25.$$

И, следовательно:

$$L'_B = 0.25 \cdot \sqrt{0.79} = 0.23 \text{ m}$$

### Example 3

Let us suppose we wish to determine the compensation omega required for a 30-metre section of pipe diameter 63 mm undergoing a maximum temperature change of 30°C.

To calculate  $L_B$ , diagram 10.2 is used, considering  $L$  equal to half the overall length of the conduit ( $L=30/2=15$ m):

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.225$$

$$L_B = 0.225 \cdot \sqrt{15} = 0.87 \text{ m.}$$

Now  $L'_B$  must be calculated considering  $L=L_B$  and always using diagram 10.2.

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.225$$

$$L'_B = 0.225 \cdot \sqrt{0,87} = 0.21 \text{ m.}$$

Suppose to use a square Omega, therefore:

$$L_H = L_B = 0,87 \text{ m.}$$

Obviously, the  $L_H$  value must always be higher than the maximum dilation of the entire conduit to prevent the two upper vertices of the Omega from touching.

This condition can be verified by using diagram 10.2:

$$\Delta L = 172 \text{ mm.}$$

Being the result  $\Delta L < L_H$ , the sizing of the Omega can be considered correct.

### Пример 3

Необходимо определить омегу компенсации, необходимую для участка трубопровода длиной 30 метров и диаметром 63 мм, который подвергается воздействию изменения температуры не более 30°C.

Для определения  $L_B$  используется диаграмма 10.2, учитывая, что  $L$  равняется половине общей длины трубопровода ( $L=30/2=15$  м):

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.225$$

$$L_B = 0.225 \cdot \sqrt{15} = 0.87 \text{ м.}$$

Сейчас необходимо выполнить расчёт  $L'_B$ , предположив, что  $L=L_B$  и используя диаграмму 10.2.

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.225$$

$$L'_B = 0.225 \cdot \sqrt{0,87} = 0.21 \text{ м.}$$

Предположим, что будет использоваться квадратная омега, следовательно:

$$L_H = L_B = 0,87 \text{ м.}$$

Конечно, значение  $L_H$  всегда должно быть выше максимального внутреннего расширения участка трубопровода, чтобы две верхние точки омеги не дотрагивались друг до друга.

Используя диаграмму 10.2, получается следующее условие:

$$\Delta L = 172 \text{ мм.}$$

Поскольку в результате  $\Delta L < L_H$ , размеры омеги можно считать правильными.

## 11. EFFICIENCY OF UNIDELTA PE-X PIPES IN UNDERFLOOR HEATING SYSTEMS

### ОТДАЧА ТРУБ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА UNIDELTA В УСТАНОВКАХ С НАПОЛЬНЫМ ОТОПЛЕНИЕМ

#### 11.1 INTRODUCTION

The basic concepts, formulas and diagrams used for selecting the size of underfloor heating systems using Unidelta PE-X pipes are set out below. The methods used for calculating efficiencies, temperatures, capacities and coil lengths are based on the standard EN 1264 "Floor heating - systems and components". For further details, please refer to this standard or to other specific documentation.

#### 11.1 ВВЕДЕНИЕ

Ниже описываются основные понятия, формулы и диаграммы, используемые для определения размеров напольных отопительных установок, которые выпускаются с применением труб из сшитого полиэтилена Unidelta. Процедуры, проводимые для расчета отдач, температур, производительности и длины змеевиков, основываются на критериях стандарта EN 1264 "Обогрев пола - системы и компоненты".

Таким образом, более детальную информацию можно найти в данном стандарте или в другой специализированной документации.

#### 11.2 SPECIFIC HEAT REQUIREMENT

An underfloor heating system emits thermal energy in an upward or downward direction, depending on the thermal resistance of the layers of material making up the floor above and below the coil. Since useful thermal energy is the upward type, downward thermal flow must be reduced as far as possible by placing a layer of insulating material under the coils. The heating system's thermal energy (efficiency) must be able to meet the room's thermal requirement  $Q$  in [W], this depending on the indoor and outdoor environmental conditions, such as room temperature, outside temperature, presence of wind, incidence of the sun's rays, composition of the room's walls and possible thermal energy due to heating of the floor above. Specific upward thermal flow  $q$  in [W/m<sup>2</sup>] is therefore the quantity of heat required in the room per unit of surface:

$$q = \frac{Q}{A_F}$$

where:

$A_F$  is the floor surface area [m<sup>2</sup>].

Specific thermal flow  $q$  is the value on which the size of the radiating panel heating system is based.

#### 11.2 ПОТРЕБНОСТЬ В УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЁМКОСТИ

Напольная отопительная установка излучает тепловую энергию, как в верхнем, так и в нижнем направлении, в зависимости от теплового сопротивления слоёв материала, из которых состоит пол над и под змеевиком. Поскольку полезная тепловая энергия - это та энергия, которая идёт вверх, то необходимо максимально сократить тепловой поток, идущий вниз, расположив слой изоляционного материала под змеевиками. Тепловая энергия отопительной установки (отдача) должна быть такой, чтобы она могла покрывать потребность в теплоёмкости  $Q$  в [W], которая необходима для помещения, принимая во внимание, что это зависит от внутренних и внешних окружающих условий, таких как: температура помещения, внешняя температура, присутствие ветра, воздействие солнечных лучей, расположение стен помещения, возможная тепловая энергия, вызванная присутствием отопления в расположенном выше помещении и т.д. Таким образом, удельный тепловой поток  $q$  в [W/m<sup>2</sup>], направленный вверх - это количество тепла, которое необходимо для помещения на единицу площади:

$$q = \frac{Q}{A_F}$$

где:

$A_F$  - это площадь пола [m<sup>2</sup>].

Удельный тепловой поток  $q$  - это значение, на котором основываются размеры отопительной установки с отопительными панелями.

This depends on a large number of parameters such as the following:

$s_u$	thickness of the layer between the coil and the floor covering [m];
$\lambda_E$	thermal conductivity of the layer between the coil and the floor covering [W/mK];
$R_B$	thermal resistance of the floor covering [m <sup>2</sup> K/W];
$d_e$	outer diameter of the Unidelta PE-X pipe [mm];
$T$	pipe spacing [cm];
$\theta_i$	room temperature [°C];
$\theta_v$	supply temperature of water [°C];
$\theta_R$	return temperature of water [°C].

The relation between specific thermal flow  $q$  and the above parameters is as follows:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

where:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln \left( \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i} \right)}$$

$$\alpha_1 = \alpha_1(d_e, s_u)$$

$$\alpha_2 = \alpha_2(\lambda_E, R_B)$$

$$\alpha_3 = \alpha_3(T, R_B)$$

are given in diagrams 11.1, 11.2, 11.3 and 11.4, respectively.

Это зависит от большого количества параметров, таких как:

$s_u$	толщина слоя между змеевиком и облицовкой пола [м];
$\lambda_E$	удельная проводимость слоя между змеевиком и облицовкой пола [W/mK];
$R_B$	тепловое сопротивление облицовки пола [m <sup>2</sup> K/W];
$d_e$	внешний диаметр трубы Unidelta PE-X из сшитого полиэтилена [мм];
$T$	шаг змеевиков [см];
$\theta_i$	температура окружающей среды [°C];
$\theta_v$	температура подачи воды контура [°C];
$\theta_R$	температура возврата воды контура [°C].

Существующее отношение между удельным тепловым потоком  $q$  и упомянутыми выше параметрами следующее:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

Где:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln \left( \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i} \right)}$$

$$\alpha_1 = \alpha_1(d_e, s_u)$$

$$\alpha_2 = \alpha_2(\lambda_E, R_B)$$

$$\alpha_3 = \alpha_3(T, R_B)$$

это данные соответственно диаграмм 11.1, 11.2, 11.3 и 11.4.



Diagram 11.1 - Specific heat requirement:  $\alpha_1$   
Диаграмма 11.1 - Потребность в удельной теплоёмкости  $\alpha_1$

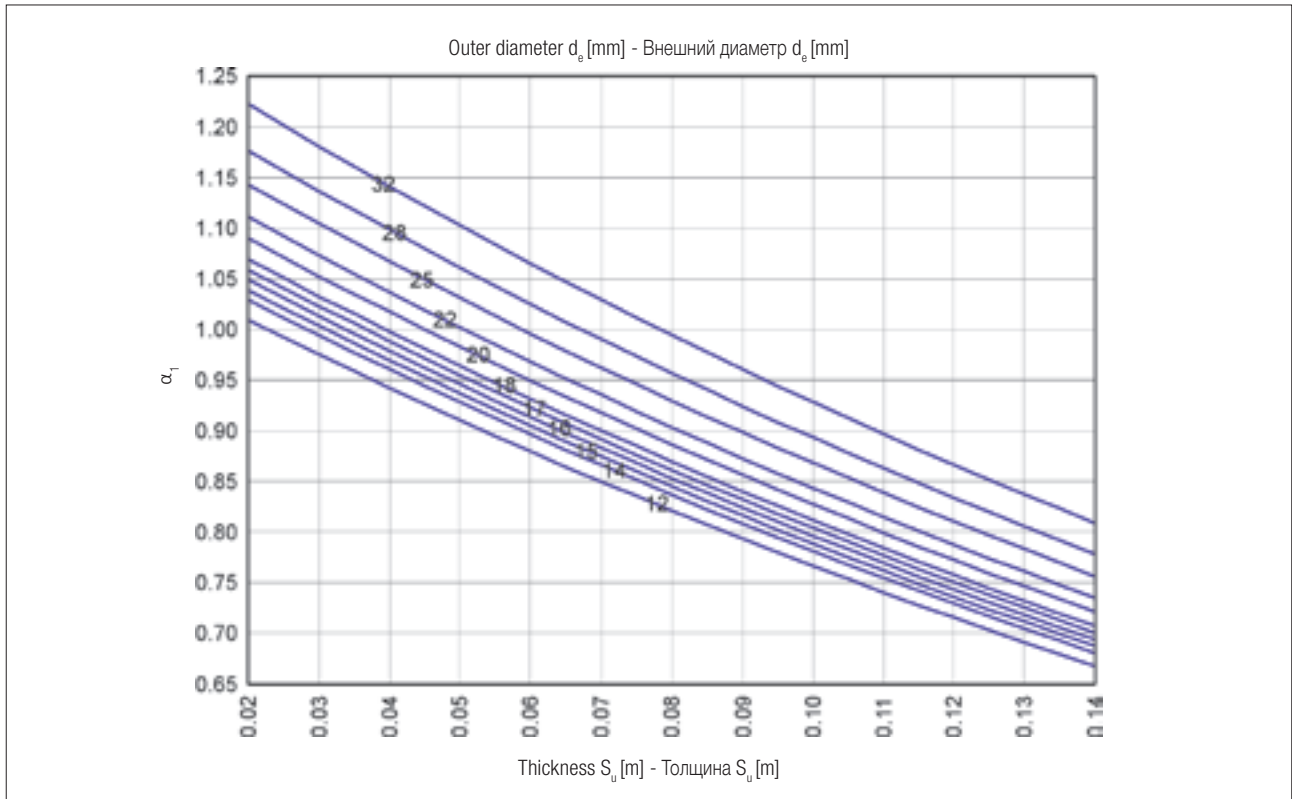


Diagram 11.2 - Specific heat requirement:  $\alpha_2$   
Диаграмма 11.2 - Потребность в удельной теплоёмкости:  $\alpha_2$

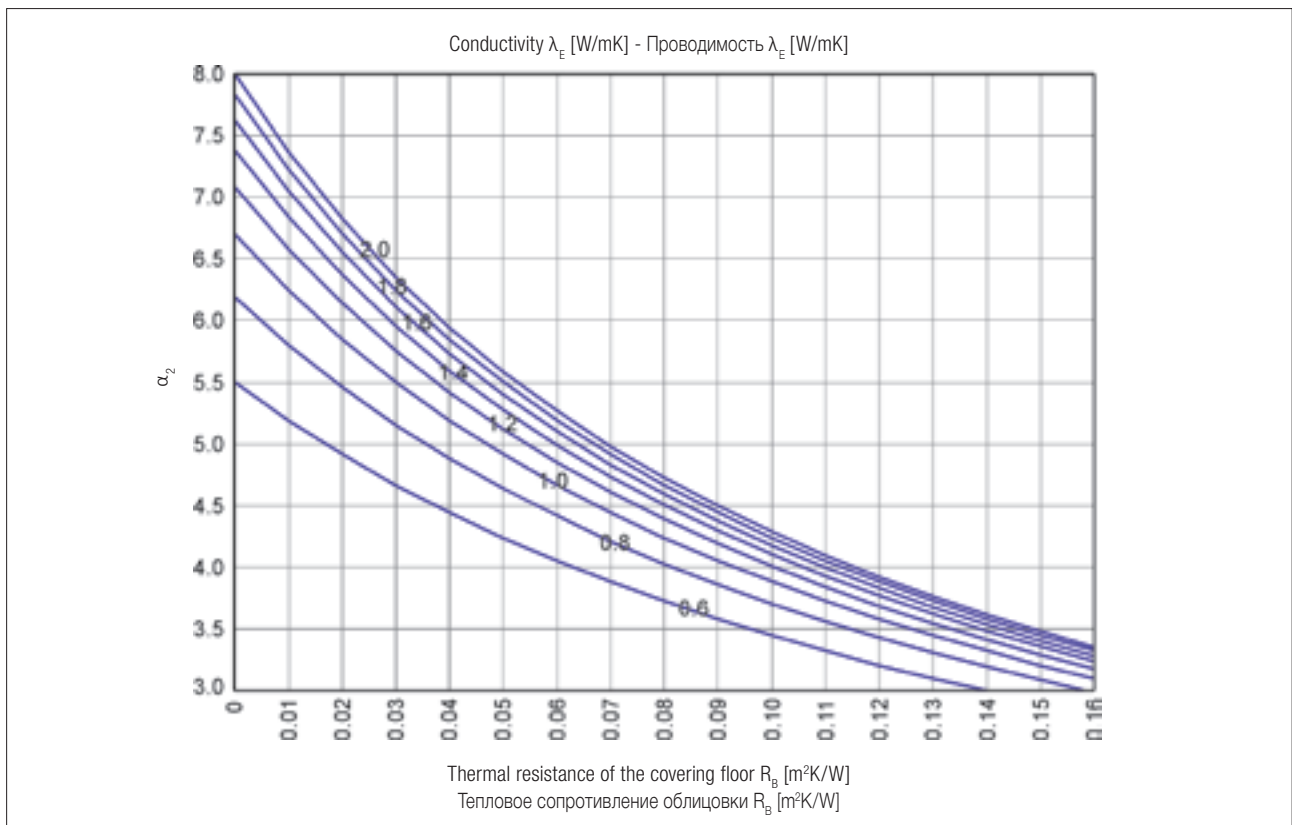


Diagram 11.3 - Specific heat requirement:  $\alpha_3$   
 Диаграмма 11.3 - Потребность в удельной теплоёмкости:  $\alpha_3$

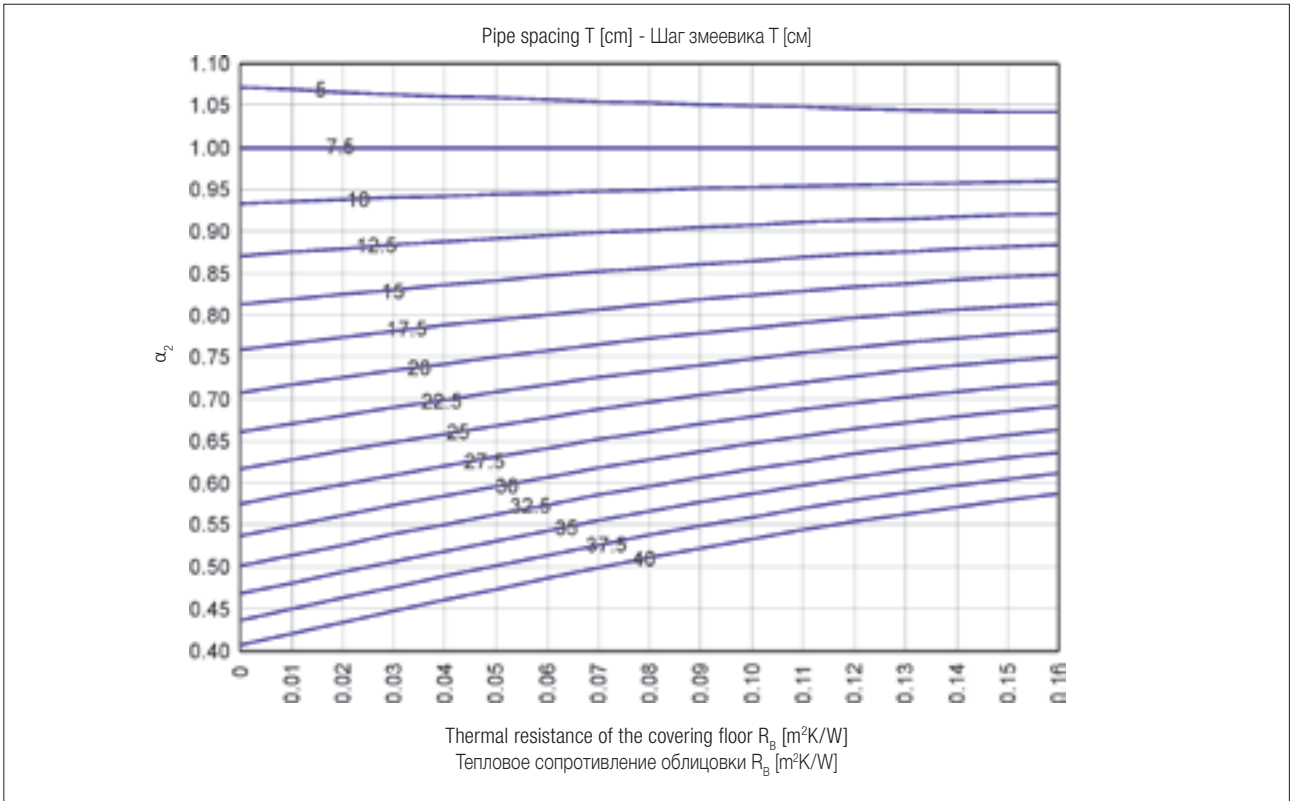
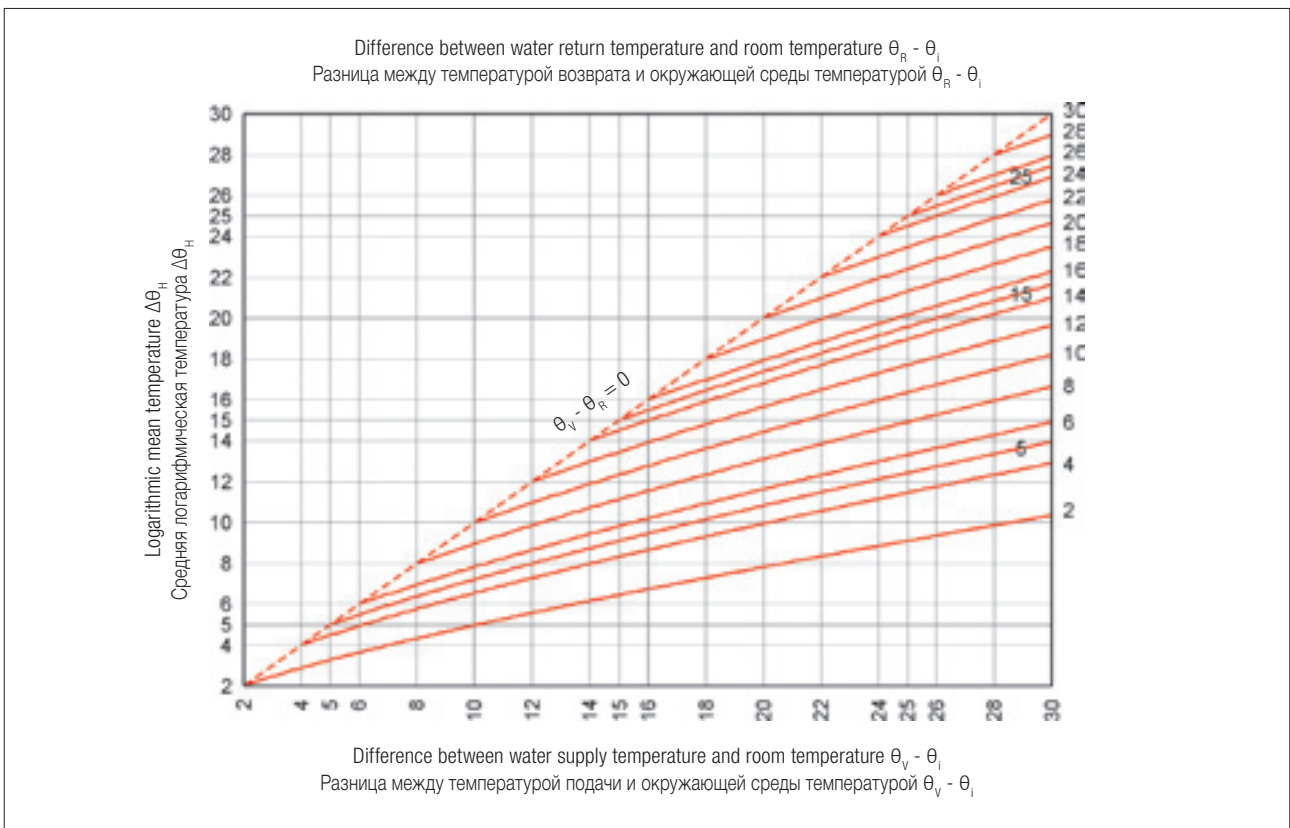


Diagram 11.4 - Specific heat requirement:  $\Delta\theta_H$   
 Диаграмма 11.4 - Потребность в удельной теплоёмкости:  $\Delta\theta_H$



### 11.3 THE FLOOR'S STRUCTURE

### 11.3 СТРУКТУРА ПОЛА

To evaluate specific thermal flow, it is necessary to know the structure of the floor (its thickness  $s_u$  and conductivity  $\lambda_e$ ) including its covering (thermal resistance  $R_B$ ).

Для оценки удельного теплового потока необходимо определить структуру пола (толщина  $s_u$  и проводимость  $\lambda_e$ ), включая его облицовку (тепловое сопротивление  $R_B$ ).

Figure 11.1 - Floor structure in underfloor heating systems  
Рисунок 11.1 - Структура пола в напольных отопительных установках

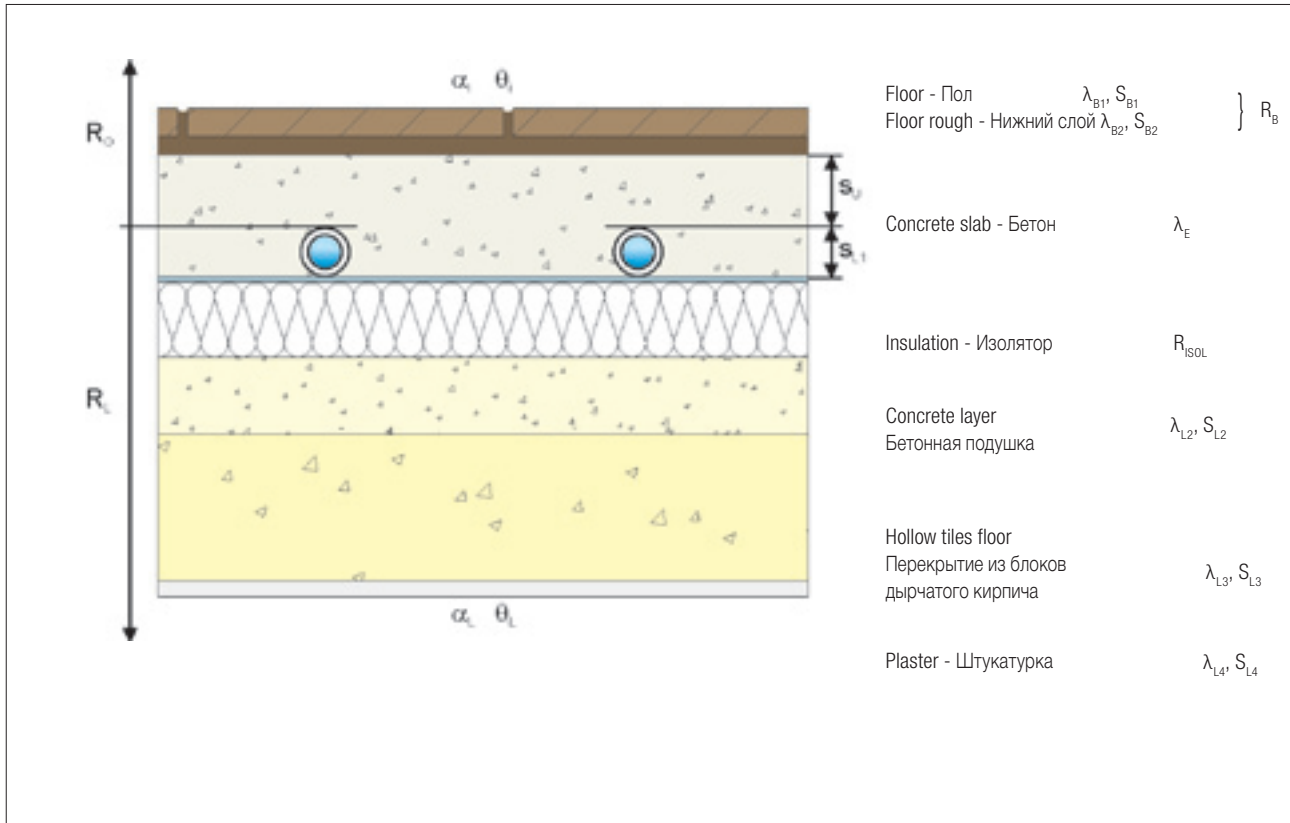


Figure 11.1 shows the flooring generally used for underfloor heating systems.

На рисунке 11.1 показывается покрытие пола, которое обычно применяется для напольной отопительной установки.

The thermal resistance of the covering  $R_B$  is given by the sum of the resistances of the various layers forming it  $R_{Bi} = s_{Bi} / \lambda_{Bi}$ :

Тепловое сопротивление облицовки  $R_B$  является результатом суммы сопротивлений отдельных слоёв, которые её составляют  $R_{Bi} = s_{Bi} / \lambda_{Bi}$ :

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} + \dots + \frac{s_{Bn}}{\lambda_{Bn}} = \sum_{i=1}^n \frac{s_{Bi}}{\lambda_{Bi}}$$

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} + \dots + \frac{s_{Bn}}{\lambda_{Bn}} = \sum_{i=1}^n \frac{s_{Bi}}{\lambda_{Bi}}$$

The thermal conductivity  $\lambda$  of some homogeneous materials, and the thermal resistance  $R$  of some compound materials and coverings are shown in tables 11.1, 11.2 and 11.3 respectively.

Тепловые сопротивления  $\lambda$  некоторых однородных материалов, тепловые сопротивления  $R$  некоторых составных материалов и облицовок приводятся соответственно в таблицах 11.1, 11.2 и 11.3.



Table 11.1 - Thermal conductivity and specific weight of some homogeneous materials  
 Таблица 11.1 - Тепловая проводимость и удельный вес некоторых однородных материалов

Material Материал	Thermal conductivity Тепловая проводимость $\lambda$ [W/mK]	Specific weight Удельный вес $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Asphalt - Асфальт	0,7	2100
Reinforced concrete - Армированный бетон	1,51	2400
Plain concrete - Обычный бетон	1,28	2200
Ceramic/tile - Керамика/терракота	1,16	2400
Gypsum - Гипс	0,43	1240
Dry gravel in layers - Сухой гравий слоями	0,93	1900
Paving rubber - Твёрдая резина для полов	0,28	1200
Granite - Гранит	3,14÷4,07	2500÷3000
Lime and sand plaster - Внутренняя штукатурка из извести и песка	0,7	1800
Gypsum plaster - Внутренняя штукатурка из гипса	0,52	1200
Linoleum - Линолеум	0,18	1200
Cement mortar - Раствор из цемента, извести и песка	1,4	2200
Marble - Мрамор	3,37	2700
Moquette - Ковровое покрытие	0,09	-
Parquet of oak - Паркет из дуба	0,2	850
Polystyrene foam - Полистирольный пенопласт	0,035	25
Polyurethan foam - Полиуретановый пенопласт	0,025	35
PVC - ПВХ	0,17	1350
Dry sand - Сухой песок	0,58	1500
Sand and cement - Песок и цемент	0,93	2100
Cork - Пробка в пластинах	0,035÷0,070	120÷300
Vermiculite foam - Вспененный вермикулит	0,07	130



Table 11.2 - Heat conduction resistance of some non-homogeneous materials  
Таблица 11.2 - Тепловые сопротивления некоторых неоднородных материалов

Material Материал	Thermal resistance Тепловое сопротивление $R$ [ $m^2K/W$ ]
Hollow tiles floor thickness 0.15÷0.18 m Перекрытие из блоков дырчатого кирпича, толщина 0,15-0,18 м	0,30
Hollow tiles floor thickness 0.18÷0.22 m Перекрытие из блоков дырчатого кирпича, толщина 0,18-0,22 м	0,35
Hollow tiles floor thickness 0.22÷0.26 m Перекрытие из блоков дырчатого кирпича, толщина 0,22-0,26 м	0,45

Table 11.3 - Heat conduction resistance of some coverings  
Таблица 11.3 - Тепловые сопротивления некоторых облицовок

Material Материал	Thickness Толщина $s_b$ [mm]	Thermal conductivity Тепловая проводимость $\lambda_b$ [W/mK]	Thermal resistance Тепловое сопротивление $R_b$ [ $m^2K/W$ ]
Marble - Мрамор	15	3,3	0,0012
Mortar layer - Лподошка из раствора	10	1,4	
Ceramic tiles - Плитка из керамики/терракоты	10	1,0	0,0011
Mortar layer - Подушка из раствора	2	1,4	
PVC - ПВХ	5	0,17	0,03
Parquet - Паркет	8	0,2	0,05
Adhesive - Клей	2	0,2	
Moquette - Ковровое покрытие	10	0,09	0,11

#### 11.4 AVERAGE FLOOR TEMPERATURE

To determine the average floor temperature  $\theta_{F,m}$  required to obtain the specific thermal flow  $q$ , diagram 11.5 is used for efficiencies less than 140 W/m<sup>2</sup> and diagram 11.6 those more than 140 W/m<sup>2</sup>.

The maximum admitted temperature is 29°C in permanently inhabited rooms; it is 32°C for bathrooms and 35°C for areas occasionally inhabited, such as perimeter areas where the heat dispersion is high.

When the size of the system gives excessive floor temperature, it is necessary to reduce heat dispersion by insulating the room or providing the thermal energy that the panel is unable to emit with additional outer electric or water heating elements, which are occasionally used in unfavourable climatic conditions.

#### 11.4 СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА ПОЛА

Для определения средней температуры пола  $\theta_{F,m}$  которая должна быть создана для получения удельного теплового потока  $q$ , необходимо использовать диаграмму 11.5 для отдач менее 140 Вт/м<sup>2</sup> и диаграмму 11.6 для отдач более 140 Вт/м<sup>2</sup>. Для помещений, предназначенных для длительного пребывания, максимальная допустимая температура составляет 29°C, для ванных комнат 32°C, а для участков, где не предусматривается пребывание (это периметральные участки рядом с высокодисперсными стенами), допустимая температура равняется 35°C.

Когда размеры установки указывают на чрезмерную среднюю температуру пола, необходимо сократить рассеивание тепла, улучшив тепловую изоляцию помещения или обеспечив тепловую энергию, которую панель не может создать, путём использования внешних электрических или гидравлических дополнительных отопительных элементов, которые применяются при необходимости, в наиболее неблагоприятных климатических условиях.

Diagram 11.5 - Thermal flow lower than 140 W/m<sup>2</sup>  
 Диаграмма 11.5 - Тепловой поток менее 140 W/m<sup>2</sup>

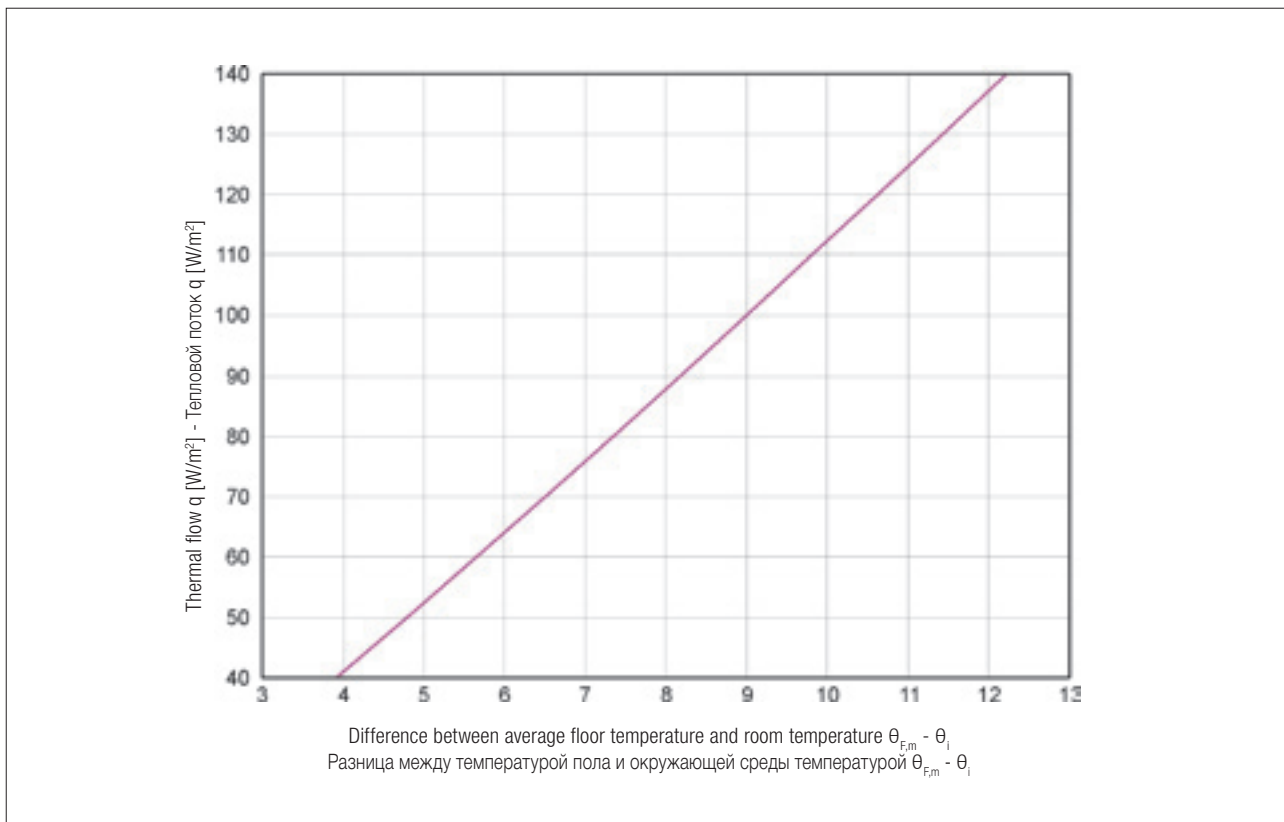
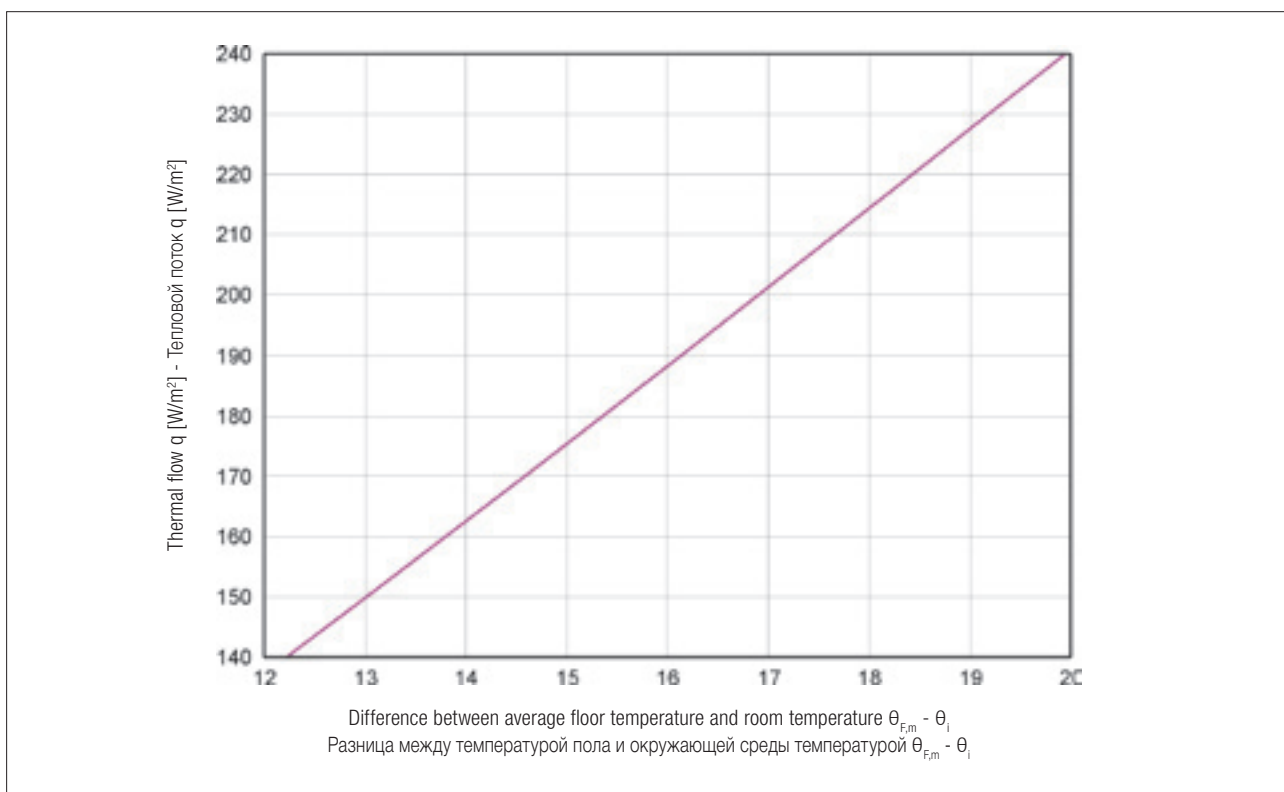


Diagram 11.6 - Thermal flow higher than 140 W/m<sup>2</sup>  
 Диаграмма 11.6 - Тепловой поток выше 140 W/m<sup>2</sup>



## 11.5 WATER FLOW IN THE CIRCUIT

The flow of water  $m_H$  can be calculated using diagram 11.7 which gives the ratio between the water flow and the surface area of the room  $A_F$  as a function of two compound parameters  $\beta_1$  and  $\beta_2$  and the thermal head of the fluid  $\theta_V - \theta_R$ .

The value of  $\beta_1$  is a function of the thermal resistance  $R_L$  of the layer of flooring below the pipes and of the difference between the ambient temperature in the room considered  $\theta_i$  and that of the room below  $\theta_L$ . Diagram 11.8 can be used to determine this value.

The value of  $\beta_2$  is a function of the efficiency of the system  $q$  and the ratio  $R_L/R_0$  between the thermal resistance of the layer of the floor above the pipes  $R_0$  and that below them  $R_L$ . This parameter can be obtained from diagram 11.9 for  $q$  values less than 100  $W/m^2$  and diagram 11.10 for  $q$  values more than 100  $W/m^2$ .

Flow velocity  $v$  derived from flow rate  $m_H$  must not exceed 0.7 m/s for systems in private dwellings and 1 m/s for those on industrial premises.

The thermal resistance of the layer of floor above the pipe is given by the following expression:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E}$$

where  $\alpha_i = 10.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  is the coefficient of heat exchange by convection between the floor and the air above, and  $R_B$ ,  $s_u$  and  $\lambda_E$  are the parameters previously seen, i.e. the thermal resistance of the covering, the thickness and the thermal conductivity of the layer of material between the pipes and the covering, respectively.

The thermal resistance of the floor's lower layer is given by the following:

$$R_L = \frac{s_{L1}}{\lambda_{L1}} + R_{isol} + \frac{s_{L2}}{\lambda_{L2}} + \dots + \frac{s_{Lm}}{\lambda_{Lm}} + \frac{1}{\alpha_L} = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L}$$

where  $\alpha_L = 5.9 \text{ W/m}^2\text{K}$  is the coefficient of heat exchange by convection between the floor and the air below,  $R_{isol}$  is the thermal resistance of the insulation, and  $s_{Li}$  and  $\lambda_{Li}$  are the thickness and the thermal conductivity of the layers of material making up the floor below the coils.

## 11.5 РАСХОД ВОДЫ В ЗМЕЕВИКЕ

Расход воды  $m_H$  можно высчитать с помощью диаграммы 11.7, которая представляет отношение между расходом воды и площадью помещения  $A_F$  в зависимости от двух составных параметров  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и теплового перепада жидкости  $\theta_V - \theta_R$ . Значение  $\beta$  - это функция теплового сопротивления  $R_L$  слоя пола под трубами и разницы между окружающей температурой помещения, которая обозначается  $\theta_i$ , и температурой нижнего помещения  $\theta_L$ . Диаграмма 11.8 позволяет его определить.

Значение  $\beta_2$  - это функция отдачи установки  $q$  и отношения  $R_L/R_0$  между тепловыми сопротивлениями слоя пола над трубами  $R_0$  и нижнего слоя  $R_L$ . Диаграмма 11.9 для  $q$  ниже 100  $W/m^2$  и диаграмма 11.10 для  $q$  выше 100  $W/m^2$  дают возможность определить данный параметр.

Скорость  $v$  потока, которая производна от подачи  $m_H$ , не должна превышать значение 0.7 м/сек для жилищных установок, а для производственных помещений допускается скорость до 1 м/сек.

Тепловое сопротивление слоя пола над трубами высчитывается с помощью следующего выражения:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E}$$

где  $\alpha_i = 10.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  - это коэффициент теплообмена конвекции между полом и находящимся над полом воздухом;  $R_B$ ,  $s_u$  и  $\lambda_E$  - это рассмотренные выше параметры: соответственно, тепловое сопротивление облицовки, толщина и тепловая проводимость слоя материала, находящегося между трубами и облицовкой.

Тепловое сопротивление нижнего слоя пола получается следующим образом:

$$R_L = \frac{s_{L1}}{\lambda_{L1}} + R_{isol} + \frac{s_{L2}}{\lambda_{L2}} + \dots + \frac{s_{Lm}}{\lambda_{Lm}} + \frac{1}{\alpha_L} = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L}$$

где  $\alpha_L = 5.9 \text{ W/m}^2\text{K}$  - это коэффициент теплообмена конвекции между нижней поверхностью пола и воздухом расположенного под ним помещения,  $R_{isol}$  - это тепловое сопротивление изоляции,  $s_{Li}$  и  $\lambda_{Li}$  - это толщины и тепловые проводимости слоёв материала, которые составляют пол под змеевиками.

Diagram 11.7 - Water flow in the circuit  
 Диаграмма 11.7 - Расход воды в змеевике

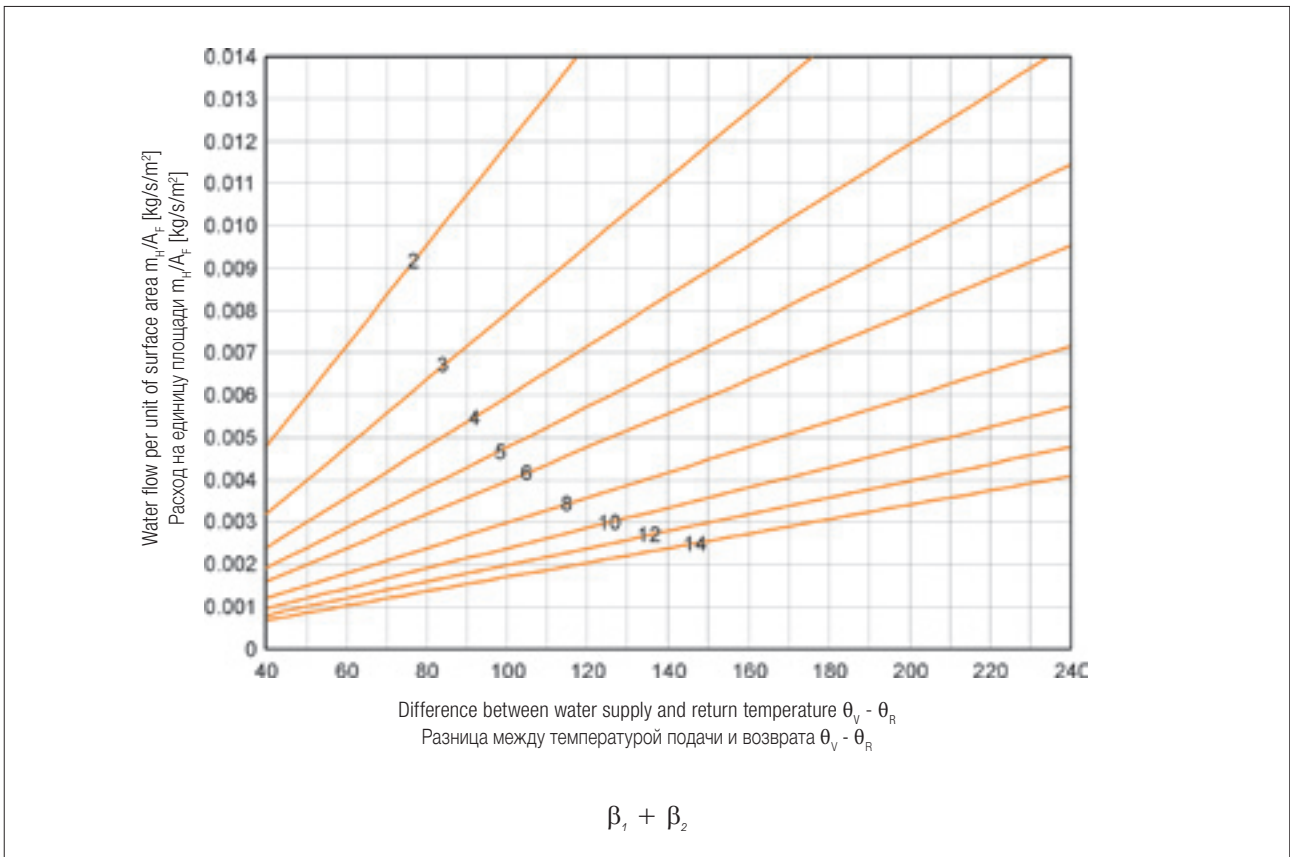


Diagram 11.8 - Water flow in the circuit:  $\beta_1$   
 Диаграмма 11.8 - Расход воды в змеевике:  $\beta_1$

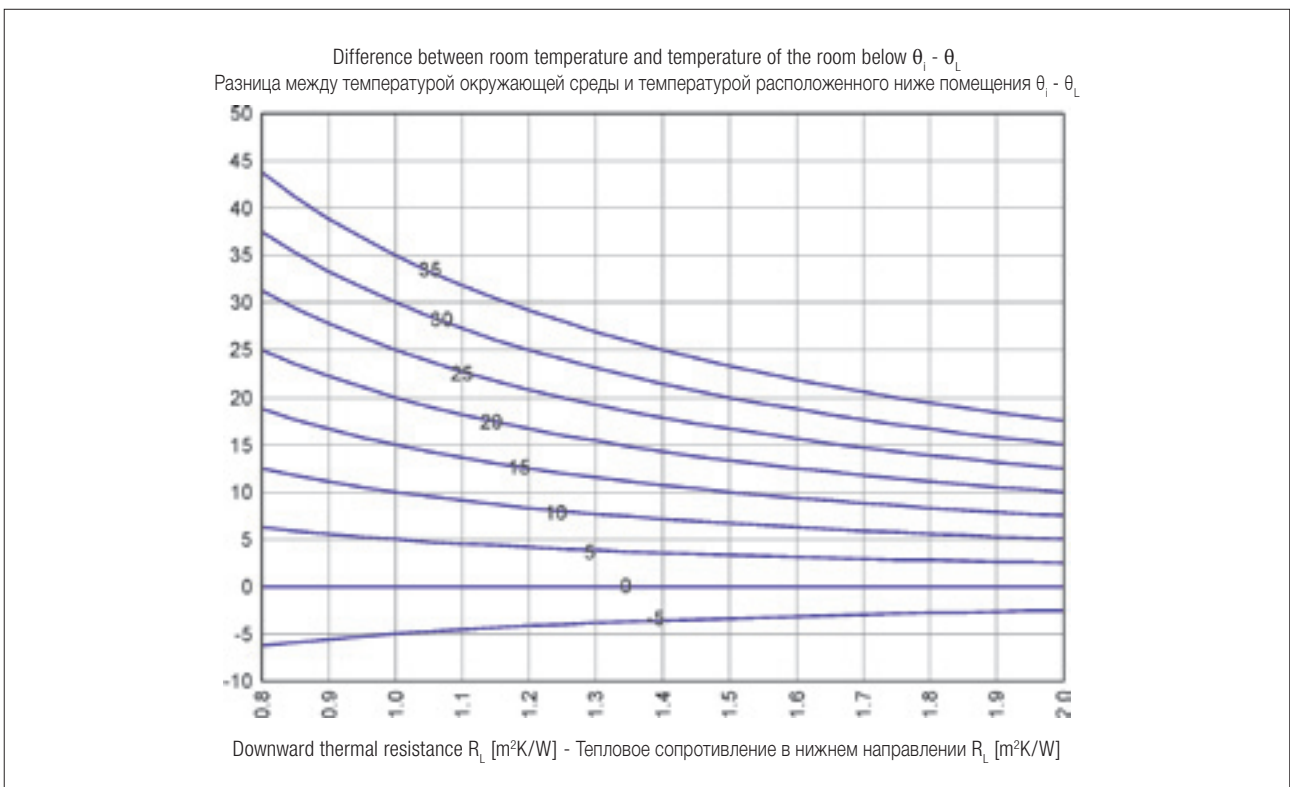




Diagram 11.9 - Thermal flow lower than 100 W/m<sup>2</sup>  
Диаграмма 11.9 - Тепловой поток ниже 100 W/m<sup>2</sup>

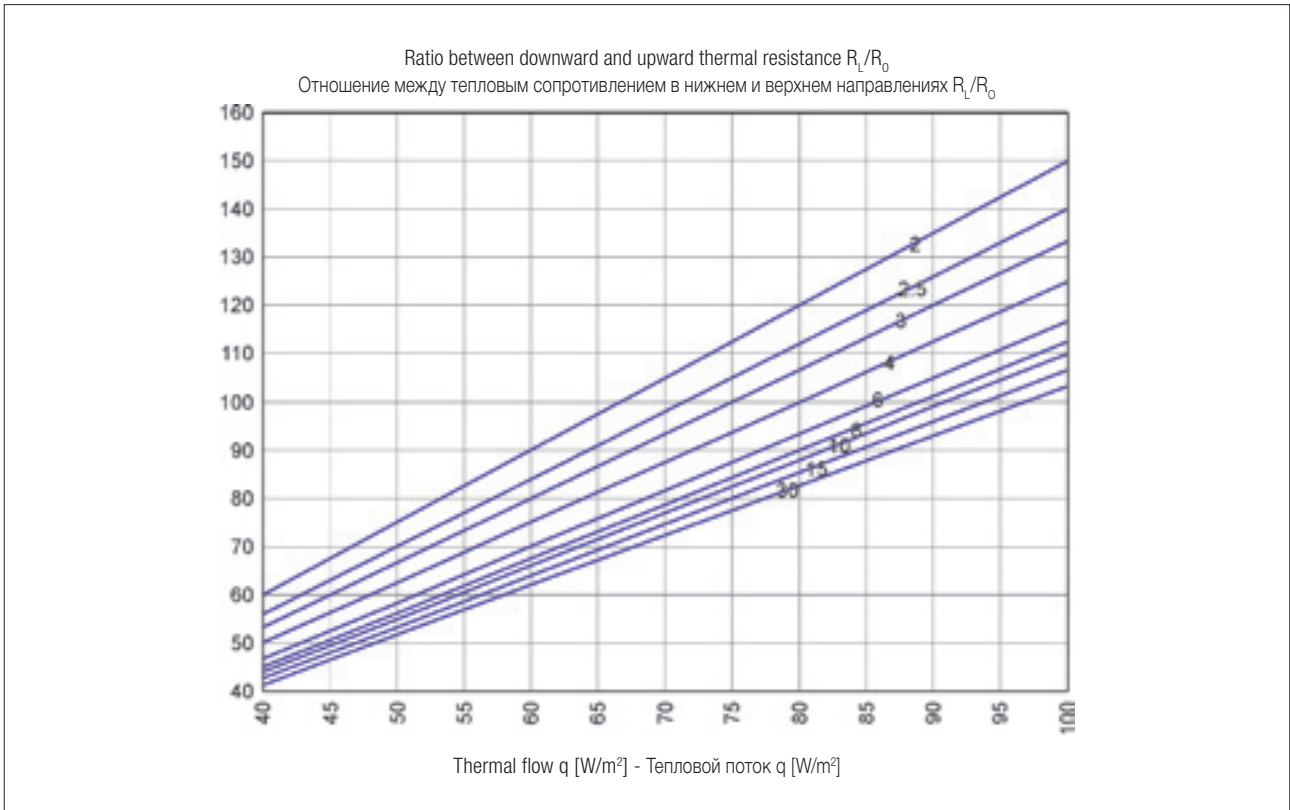
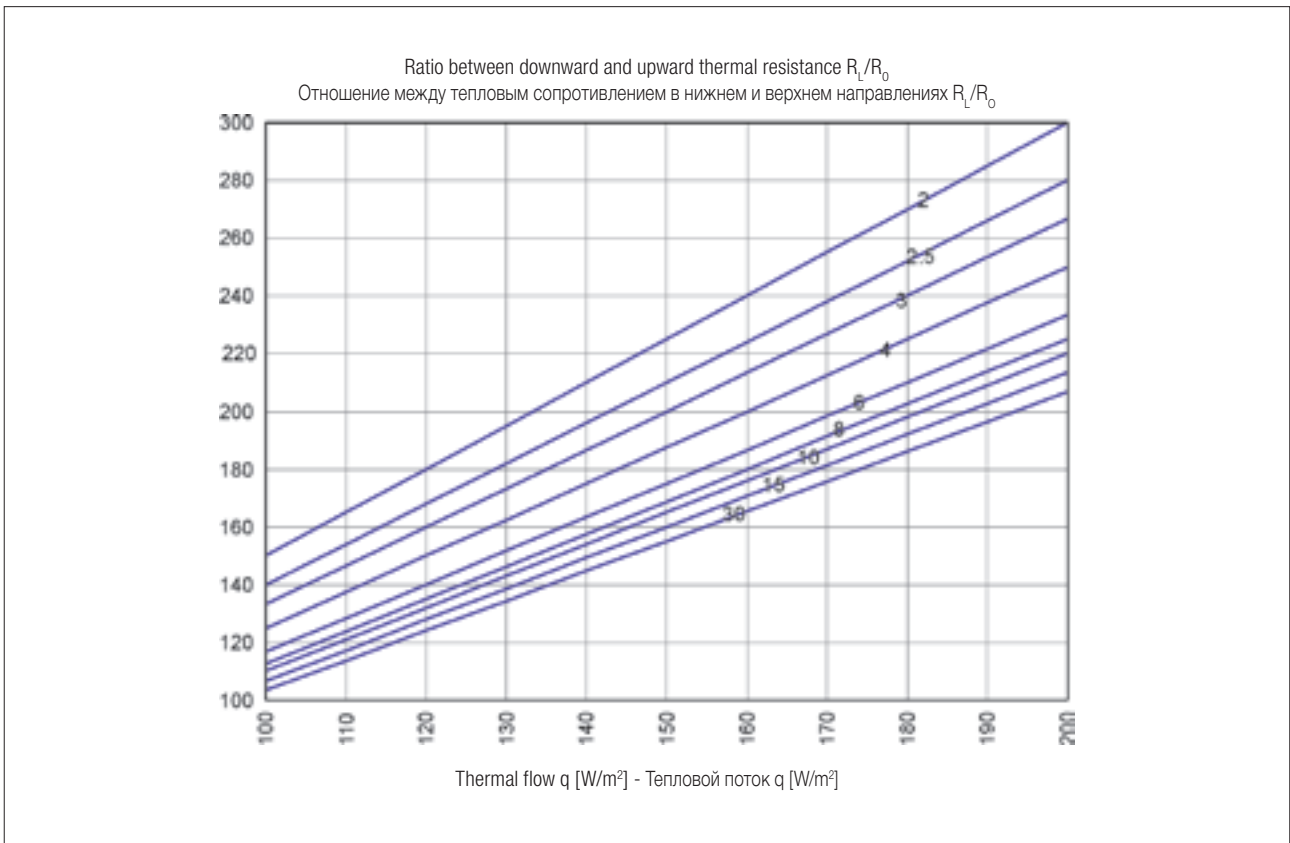


Diagram 11.10 - Thermal flow higher than 100 W/m<sup>2</sup>  
Диаграмма 11.10 - Тепловой поток выше а 100 W/m<sup>2</sup>



## 11.6 DOWNWARDS THERMAL FLOW

Heat emission by a floor heating system must mainly take place in an upward direction. Consequently, a layer of insulating material is placed in the floor below the coils to increase downward thermal resistance and reduce downward thermal flow  $q_2$  in the same direction. However, a certain quantity of thermal energy is always dispersed downwards, depending on the temperature  $\theta_L$  of the room below. When calculating the size of the floor heating system, this thermal flow must be counted as a supply of heat from the outside. The value is 10÷15% of the upward thermal flow.

Downward thermal flow can be calculated using the following formula:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q$$

where  $\beta_1$  and  $\beta_2$  are the coefficients used to calculate the water flow rate.

## 11.7 LENGHT OF THE CIRCUIT

The length of the pipe forming the circuit (coil) can simply be calculated from the ratio between the surface area of the room and the pipe spacing:

$$L = 100 \cdot A_f / T$$

with  $A_f$  expressed in  $[m^2]$  and the pipe spacing  $T$  in  $[cm]$ . For a more precise calculation it is also necessary to consider the feed pipe's sections that connect the radiating panel to the distribution manifold since they emit thermal energy.

## 11.6 ТЕПЛОВОЙ ПОТОК В НИЖНЕМ НАПРАВЛЕНИИ

Теплоотдача напольной отопительной системой должна происходить, главным образом, в верхнем направлении. По этой причине в поли подзмеевики необходимо поместить слой изоляционного материала, который увеличивает тепловое сопротивление в нижнем направлении, сокращая тепловой поток  $q_2$  в данном направлении. Однако определённое количество тепловой энергии всё равно направляется вниз, в зависимости от температуры  $\theta_L$  расположенного ниже помещения. Этот тепловой поток необходимо учитывать в качестве внешнего притока тепла, когда выполняется определение размеров напольной отопительной установки, и он может составлять 10÷15% теплового потока в верхнем направлении.

Расчёт потока тепла в нижнем направлении можно выполнить, используя следующую формулу:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q$$

где  $\beta_1$  и  $\beta_2$  - это коэффициенты, использованные для расчёта расхода воды.

## 11.7 ДЛИНА ЗМЕЕВИКА

Длину трубы, которая составляет змеевик, можно высчитать просто из соотношения между площадью помещения и шагом змеевика:

$$L = 100 \cdot A_f / T$$

с  $A_f$ , выраженной в  $[m^2]$  и шагом  $T$  в  $[cm]$ . Для более точного расчёта необходимо учитывать также и подводящие участки трубы, которые соединяют отопительную панель с распределительным коллектором, поскольку они тоже испускают тепловую энергию.

## 11.8 EXAMPLES

### Example 1

Let us suppose we wish to determine the size of a underfloor heating system in a room with a surface area of  $A_F=27 \text{ m}^2$  and a thermal requirement  $Q=2000 \text{ W}$ .

The structure of the floor is shown in the diagram. Supposing Unidelta PE-X 17x2.0 (EN ISO 15875) pipe is used and the following data are also considered:

$\theta_i = 20^\circ\text{C}$   
temperature of the room;

$\theta_L = 10^\circ\text{C}$   
temperature of the room below;

$\theta_v = 45^\circ\text{C}$   
water supply temperature;

$\theta_R = 35^\circ\text{C}$   
water return temperature.

## 11.8 ПРИМЕРЫ

### Примеры 1

Необходимо определить размеры напольной отопительной установки в помещении площадью  $A_F=27 \text{ m}^2$  и тепловой потребностью  $Q = 2000 \text{ W}$ .

Структура пола соответствует показанной на рисунке структуре, предполагается использовать трубу Unidelta PE-X из сшитого полиэтилена 17x2.0 (EN ISO 15875), кроме того, учитываются следующие данные:

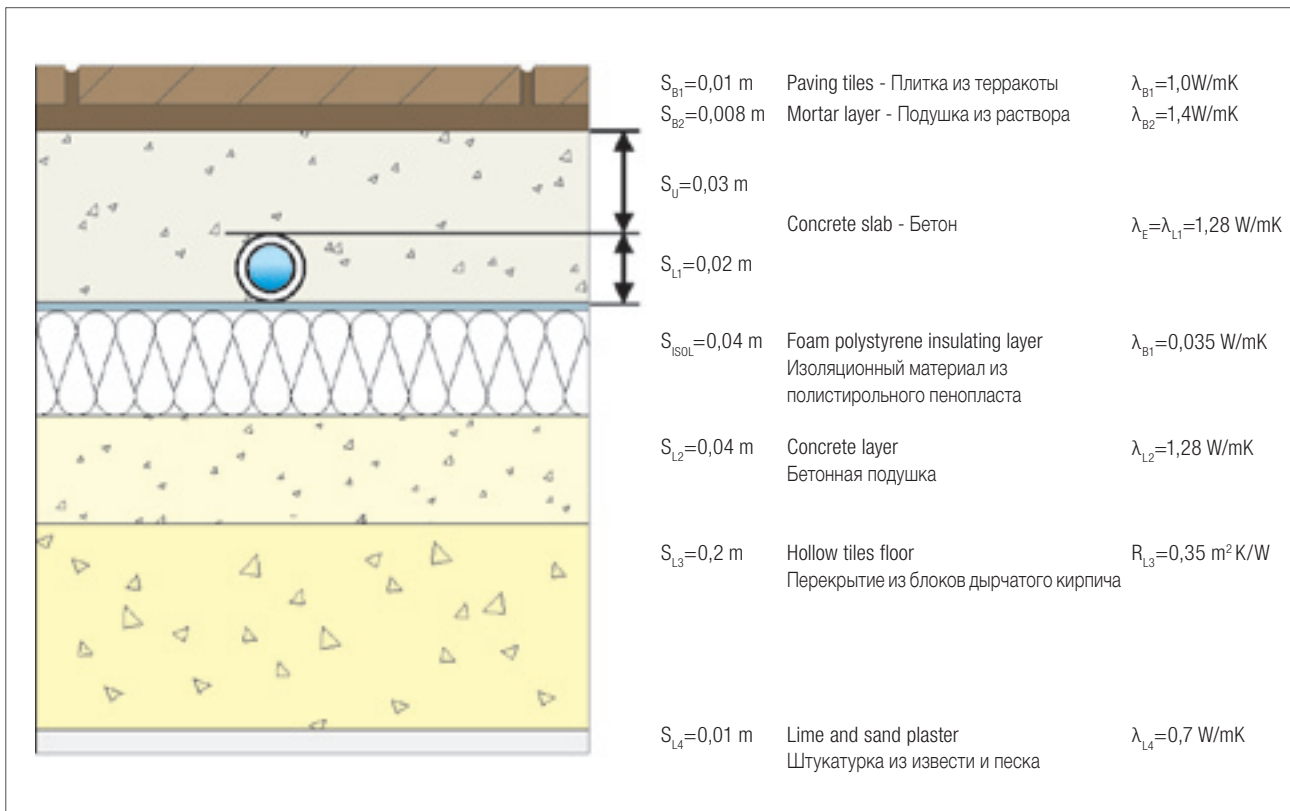
$\theta_i = 20^\circ\text{C}$   
температура окружающей среды помещения;

$\theta_L = 10^\circ\text{C}$   
температура окружающей среды расположенного ниже помещения;

$\theta_v = 45^\circ\text{C}$   
температура подачи воды контура;

$\theta_R = 35^\circ\text{C}$   
температура возврата воды контура.

Figure 11.2 - Structure of the example floor  
Рисунок 11.2 - Структура пола примера





The parameters affecting size are determined first:

$d_e = 17 \text{ mm}$   
established outer diameter of the Unidelta PE-X pipe;

$s_u = 0.03 \text{ m}$   
thickness of the layer of material between the pipes and the floor covering;

$\lambda_E = 1.28 \text{ W/mK}$   
conductivity of the layer of material between the pipes and the floor covering.

The thermal resistance of the covering is given by the formula:

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} =$$

$$\frac{0.01 \text{ m}}{1.0 \text{ W/mK}} + \frac{0.008 \text{ m}}{1.4 \text{ W/mK}} = 0.0157 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

Overall upward thermal resistance is given by the formula:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E} =$$

$$\frac{1}{10.8 \text{ W/m}^2\text{K}} + 0.0157 \text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.03 \text{ m}}{1.28 \text{ W/mK}} = 0.132 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

Overall downward thermal resistance is given by the formula:

$$R_L = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L} =$$

$$= \frac{0.02 \text{ m}}{1.28 \text{ W/mK}} + 0.35 \text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.04 \text{ m}}{1.28 \text{ W/mK}} + \frac{0.01 \text{ m}}{0.7 \text{ W/mK}}$$

$$+ \frac{0.04 \text{ m}}{0.035 \text{ W/mK}} + \frac{1}{5.9 \text{ W/m}^2\text{K}} = 1.723 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

Сначала определяются параметры, которые участвуют в определении размеров:

$d_e = 17 \text{ mm}$   
определённый внешний диаметр трубы Unidelta PE-X из сшитого полиэтилена;

$s_u = 0.03 \text{ m}$   
толщина слоя материала между змеевиками и облицовкой;

$\lambda_E = 1.28 \text{ W/mK}$   
проводимость слоя материала между змеевиками и облицовкой.

Тепловое сопротивление облицовки определяется с помощью формулы:

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} =$$

$$\frac{0.01 \text{ m}}{1.0 \text{ W/mK}} + \frac{0.008 \text{ m}}{1.4 \text{ W/mK}} = 0.0157 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

Общее тепловое сопротивление в верхнем направлении определяется с помощью формулы:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E} =$$

$$\frac{1}{10.8 \text{ W/m}^2\text{K}} + 0.0157 \text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.03 \text{ m}}{1.28 \text{ W/mK}} = 0.132 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

Общее тепловое сопротивление в нижнем направлении определяется с помощью формулы:

$$R_L = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L} =$$

$$= \frac{0.02 \text{ m}}{1.28 \text{ W/mK}} + 0.35 \text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.04 \text{ m}}{1.28 \text{ W/mK}} + \frac{0.01 \text{ m}}{0.7 \text{ W/mK}}$$

$$+ \frac{0.04 \text{ m}}{0.035 \text{ W/mK}} + \frac{1}{5.9 \text{ W/m}^2\text{K}} = 1.723 \text{ m}^2\text{K/W.}$$



The thermal flow the floor must generate to balance the room's thermal requirement is:

$$q = \frac{Q}{A_F} = \frac{2000 \text{ W}}{27 \text{ m}^2} = 74 \text{ W/m}^2$$

but thermal flow is also given by the formula:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

where

$\alpha_1=1.02$  from diagram 11.1 for  $d_e=17$  mm and  $s_u=0.03$  m;

$\alpha_2=6.45$  from diagram 11.2 for  $\lambda_E=1.28$  W/mK and  $R_B=0.0157$  m<sup>2</sup>K/W;

$\alpha_3$  is unknown since the pipe spacing T is also unknown;

$\Delta\theta_H=19.5$  from diagram 11.4 for  $\theta_V-\theta_i=25$ K and  $\theta_R-\theta_i=15$  K.

Thus it is possible to obtain coefficient  $\alpha_3$  :

$$\alpha_3 = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \Delta\theta_H} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 19.5} = 0.576$$

which is used to determine pipe spacing T from diagram 11.3 as a function of  $R_B$ . The point of diagram 11.3 corresponding to  $\alpha_3 = 0.576$  and  $R_B = 0.0157$  m<sup>2</sup>K/W falls between pipe spacing T = 30 cm and T = 27.5 cm. Selecting the wide pipe spacing, T = 30 cm, the new value of  $\alpha_3 = 0.557$  is obtained from the same diagram. Having changed the value of coefficient  $\alpha_3$ , the new value of  $\Delta\theta_H$  should be calculated again and used to determine the actual water return temperature  $T_R$ .

Hence:

$$\Delta\theta_H = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.557} = 20.2$$

and diagram 11.4 gives  $\theta_R - \theta_i = 16$  K, hence the new return temperature  $\theta_R = 36^\circ\text{C}$  which involves a thermal head of the water of  $9^\circ\text{C}$ .

Тепловой поток, который должен создаваться полом для балансировки энергетической потребности помещения:

$$q = \frac{Q}{A_F} = \frac{2000 \text{ W}}{27 \text{ m}^2} = 74 \text{ W/m}^2$$

Однако тепловой поток также определяется с помощью следующей формулы:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

где

$\alpha_1=1.02$  из диаграммы 11.1 для  $d_e=17$  мм и  $s_u=0.03$  м;

$\alpha_2=6.45$  диаграммы 11.2 для  $\lambda_E=1.28$  W/mK и  $R_B=0.0157$  м<sup>2</sup>K/W;

$\alpha_3$  - неизвестная величина, поскольку шаг змеевика T не известен;

$\Delta\theta_H=19.5$  из диаграммы 11.4 для  $\theta_V-\theta_i=25$ К и  $\theta_R-\theta_i=15$ К.

Таким образом, можно получить коэффициент  $\alpha_3$  который составляет:

$$\alpha_3 = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \Delta\theta_H} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 19.5} = 0.576$$

который даёт возможность определить шаг T из диаграммы 11.3 в зависимости от  $R_B$ . Точка диаграммы 11.3, соответствующая  $\alpha_3 = 0.576$  и  $R_B = 0.0157$  м<sup>2</sup>K/W находится между шагом  $T = 30$  см и  $T = 27.5$  см; выбрав широкий шаг,  $T = 30$  см, определяется новое значение  $\alpha_3=0.557$  из этой же диаграммы. При изменении значения коэффициента  $\alpha_3$  необходимо высчитать новое значение  $\Delta\theta_H$  с помощью которого определяется действительная температура возврата воды контура TR. Следовательно:

$$\Delta\theta_H = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.557} = 20.2$$

из диаграммы 11.4 получается  $\theta_R-\theta_i=16$  К отсюда новая температура возврата  $\theta_R=36^\circ\text{C}$  которая приводит к тепловому перепаду воды на  $9^\circ\text{C}$ .

Now we can calculate the average floor temperature  $\theta_{F,m}$  using diagram 11.5 (for  $q$  less than  $140 \text{ W/m}^2$ ), hence:

$$\theta_{F,m} - \theta_i = 6.8 \text{ K}$$

$$\theta_{F,m} = 26.8^\circ\text{C}.$$

Diagram 11.7 gives the flow of water in the coils per unit of surface area:

$$m_H / A_F = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2$$

as a function of the sum  $\beta_1 + \beta_2 = 87$  and the thermal head of the water  $\theta_v - \theta_R = 9 \text{ K}$ ; where coefficient  $\beta_1=6$  is obtained from diagram 11.8 at  $R_L = 1.723 \text{ m}^2\text{K/W}$  and  $\theta_i - \theta_L = 10 \text{ K}$ , and coefficient  $\beta_2 = 81$  is obtained from diagram 11.9 (for  $q$  less than  $100 \text{ W/m}^2$ ) at  $q = 74 \text{ W/m}^2$  and the ratio  $R_L/R_0 = 1.723/0.132 = 13.05$ .

Therefore the actual flow rate is:

$$m_H = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2 \cdot 27 \text{ m}^2 = 0.0621 \text{ kg/s}.$$

Lastly, when the overall length of the coils  $L = 100 \cdot A_F / T = 100 \cdot 27 / 30 = 90 \text{ m}$  is known, it is possible to obtain the head loss  $\Delta p$  and the velocity of the water  $v$  in the pipe from diagram 6.2 for  $17 \times 2.0$  Unidelta PE-X pipe (UNI 9338) at a temperature of  $50^\circ\text{C}$ :

$$\Delta p / L = 2.6 \text{ m}/100\text{m da cui } \Delta p = 3.5 \text{ m} = 0.35 \text{ bar}$$
$$v = 0.47 \text{ m/s}.$$

The last calculation concerns downward thermal flow, which is given by the following formula:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q = 87 - 74 = 13 \text{ W/m}^2.$$

Сейчас можно высчитать среднюю температуру пола  $\theta_{F,m}$  с помощью диаграммы 11.5 (для  $q$  ниже  $140 \text{ W/m}^2$ ) отсюда:

$$\theta_{F,m} - \theta_i = 6.8 \text{ K}$$

$$\theta_{F,m} = 26.8^\circ\text{C}.$$

С помощью диаграммы 11.7 выполняется расчёт расхода воды, которая циркулирует в змеевиках на единицу площади:

$$m_H / A_F = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2$$

в функции суммы  $\beta_1 + \beta_2 = 87$  и теплового перепада воды  $\theta_v - \theta_R = 9 \text{ K}$ ; где коэффициент  $\beta_1=6$  берётся из диаграммы 11.8 в соответствии с  $R_L = 1.723 \text{ m}^2\text{K/W}$  и  $\theta_i - \theta_L = 10 \text{ K}$  а коэффициент  $\beta_2 = 81$  из диаграммы 11.9 (для  $q$  ниже  $100 \text{ W/m}^2$ ) в соответствии с  $q = 74 \text{ W/m}^2$  и отношением  $R_L/R_0 = 1.723/0.132 = 13.05$ .

Следовательно, действительный расход составляет:

$$m_H = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2 \cdot 27 \text{ m}^2 = 0.0621 \text{ kg/s}.$$

Когда известна общая длина змеевиков  $L = 100 \cdot A_F / T = 100 \cdot 27 / 30 = 90 \text{ m}$  можно определить потерю нагрузки  $\Delta p$  и скорость воды  $v$  в трубопроводе из диаграммы 6.2 для трубы Unidelta PE-X из сшитого полиэтилена  $17 \times 2.0$  (UNI EN ISO 15875) при температуре  $50^\circ\text{C}$ :

$$\Delta p / L = 2.6 \text{ m}/100\text{m da cui } \Delta p = 3.5 \text{ m} = 0.35 \text{ bar}$$
$$v = 0.47 \text{ m/s}.$$

Последний расчёт относится к тепловому потоку в нижнем направлении, который выполняется с помощью выражения:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q = 87 - 74 = 13 \text{ W/m}^2.$$



### Example 2

Let us consider the same floor structure as in the previous example and suppose we wish to calculate the efficiency of the heating system taking pipe spacing  $T = 25$  cm, and also:

$\theta_i = 24^\circ\text{C}$   
temperature of the room;

$\theta_v = 50^\circ\text{C}$   
water supply temperature;

$\theta_R = 40^\circ\text{C}$   
water return temperature.

Coefficients  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are the same as in the previous example, whereas coefficient  $\alpha_3 = 0.634$  and  $\Delta\theta_H = 20.5$ . The resulting efficiency is:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.634 \cdot 20.5 = 85.5 \text{ W/m}^2.$$

If the pipe spacing were reduced to  $T = 20$  cm, this would give coefficient  $\alpha_3 = 0.722$  and a higher efficiency:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.722 \cdot 20.5 = 97.8 \text{ W/m}^2.$$

### Пример 2

Используется такая же структура пола, как и в предыдущем примере и необходимо высчитать отдачу отопительной установки, если шаг будет равняться  $T = 25$  см, кроме того:

$\theta_i = 24^\circ\text{C}$   
температура окружающей среды помещения;

$\theta_v = 50^\circ\text{C}$   
температура подачи воды контура;

$\theta_R = 40^\circ\text{C}$   
температура возврата воды контура.

Коэффициенты  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  такие же, как и в предыдущем примере, а коэффициент  $\alpha_3 = 0.634$  и  $\Delta\theta_H = 20.5$ , отдача будет следующей:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.634 \cdot 20.5 = 85.5 \text{ W/m}^2.$$

Если шаг уменьшится до  $T = 20$  см, получится коэффициент  $\alpha_3 = 0.722$  и большая отдача:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.722 \cdot 20.5 = 97.8 \text{ W/m}^2.$$

## 12. APPENDIX A NOMINAL DIAMETER

### Conventional designation: nominal diameter DN

The diameter usually considered for plastic piping in general is its outer diameter. However nominal diameters - conventionally used to refer to steel piping - are often considered.

Nominal diameter DN gives the piping inner diameter and is the unambiguous point of reference to unify the different component forming the piping (i.e. pipes, fittings, flange, valves).

The following table shows the correlation between outer diameters of cross-linked polyethylene pipes and the nominal diameter generally used.

## 12. ПРИЛОЖЕНИЕ А НОМИНАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР

### Условное указание для обозначения: номинальный диаметр DN

Ориентировочный диаметр для трубопроводов из пластмассового материала - это внешний диаметр, однако, часто идёт речь о номинальных диаметрах, которые являются условным указанием для обозначения металлических трубопроводов.

Номинальный диаметр DN ориентировочно представляет собой внутренний диаметр трубопровода и служит в качестве однозначного ориентира для унификации разных элементов, которые составляют трубопровод (трубы, патрубки, фланцы, клапаны и т.д.).

В следующей таблице показывается соотношение между внешними диаметрами труб из сшитого полиэтилена и обычно используемыми номинальными диаметрами.

Table 12.1 - Conventionsl designation: nominal diameter  
Таблица 12.1 - Условное указание для обозначения: номинальный диаметр

d <sub>e</sub> (mm)	DN EN ISO 15875 / UNE EN ISO 15875 / DIN 16892-16893			
	S5		S3,2	
	DN (mm)	DN (inch)	DN (mm)	DN (inch)
10	*	*	*	*
12	8	1/4"	8	1/4"
16	10	3/8"	10	3/8"
20	15	1/2"	-	-
25	20	3/4"	15	1/2"
32	25	1"	20	3/4"
40	32	1 1/4"	25	1"
50	40	1 1/2"	32	1 1/4"
63	50	2"	40	1 1/2"
75	-	-	50	2"
90	65	2 1/2"	65	2 1/2"
110	80	3"	80	3"

\* EN ISO 15875 Class C pipes 10x1.5 and 10x1.8 correspond to a nominal diameter of 6mm (1/8")

\* Трубы EN ISO 15875 Класс С 10x1,5 и 10x1,8 соответствуют номинальному диаметру 6 мм (1/8")



### 13. APPENDIX B CHEMICAL RESISTANCE

The table below shows the resistance of crosslinked polyethylene (PE-X) to various substances at 20°C and at 60°C for pipes not subject to mechanical stress. These data have been taken from the ISO/TR 10358:1993 standards and from indications provided by the raw material producer.

Chemical resistance is expressed as follows:

- S = Satisfactory resistance.
- L = Limited resistance.
- NS = Unsatisfactory resistance.

The concentration is expressed as a percentage in weight of the substance in aqueous solution; in certain cases it is indicated by means of the following symbols:

- Dil.sol. = Diluted aqueous solution in concentration no greater than 10%.
- Sol. = Aqueous solution in concentration greater than 10% but not saturated.
- Sat.sol. = Saturated aqueous solution.

### 13. ПРИЛОЖЕНИЕ В ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

В следующей таблице перечислены значения химической устойчивости сшитого полиэтилена (PE-X) в отношении различных веществ при 20°C и 60°C для труб, не подвергающихся механическим воздействиям. Эти данные были получены на основе норматива ISO/TR 10358:1993 и из указаний производителя сырья.

Химическая стойкость выражается следующим образом:

- S = Удовлетворительная устойчивость.
- L = Ограниченная устойчивость.
- NS = Неудовлетворительная устойчивость.

Концентрация выражается в процентах от массы вещества в водном растворе; в некоторых случаях обозначается следующими символами:

- Dil.sol. = Водный раствор, разбавленный в концентрации не более 10%.
- Sol. = Водный раствор в концентрации, превышающей 10%, но не насыщенный.
- Sat.sol. = Насыщенный водный раствор.



CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Acetaldehyde	CH <sub>3</sub> -CHO	100%	S	L
Acetanilide	CH <sub>3</sub> CONHC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	-	S	S
Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH	10%	S	S
Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH	60%	S	L
Acetic acid, glacial	CH <sub>3</sub> COOH	>96%	S	L
Acetic anhydride	CH <sub>3</sub> -CO-O-CO-CH <sub>3</sub>	100%	S	L
Acetone	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	100%	L	L
Acrylonitrile	CH <sub>2</sub> =CH-CN	100%	S	S
Adipic acid	HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	Sat.sol.	S	S
After shave lotion		-	NS	NS
Aliphatic hydrocarbons		-	L	L
Allyl acetate	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	-	S	L
Allyl alcohol	H <sub>2</sub> C=CH-CH <sub>2</sub> -OH	96%	S	S
Allyl chloride	CH <sub>2</sub> =CHCH <sub>2</sub> Cl	-	L	NS
Alum	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Sol.	S	S
Aluminium chloride	AlCl <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium fluoride	AlF <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium hydroxide	Al(OH) <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium nitrate	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium oxychloride	AlClO	Sat.sol.	S	S
Aluminium sulfate	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonia, gas	NH <sub>3</sub>	100%	S	S
Ammonia, liquid	NH <sub>3</sub>	100%	S	S
Ammonium acetate	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	-	S	S
Ammonium carbonate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium chloride	NH <sub>4</sub> Cl	Sat.sol.	S	S
Ammonium exafluorosilicate	H <sub>6</sub> F <sub>6</sub> N <sub>2</sub> Si	Sat.sol.	S	S
Ammonium fluoride	NH <sub>4</sub> F	Sol.	S	S
Ammonium hydrogen carbonate	(NH <sub>4</sub> )HCO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium hydroxide	NH <sub>4</sub> OH	30%	S	S
Ammonium metaphosphate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> P <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium nitrate	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium oxalate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	Sat.Sol.	S	S
Ammonium persulfate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Sat.Sol.	S	S
Ammonium phosphate	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium sulfate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium sulfide	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	Sat.sol.	S	S
Ammonium thiocyanate	NH <sub>4</sub> SCN	Sat.sol.	S	S
Amyl acetate	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -OOCCH <sub>3</sub>	100%	L	L
Amyl alcohol	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	100%	S	L
Amyl chloride	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> Cl	100%	L	NS
Aniline	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	100%	S	L
Antimony trichloride	SbCl <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Apple juice		-	S	S
Aqua regia	HNO <sub>3</sub> + <sub>3</sub> HCl	-	NS	NS
Aromatic hydrocarbons		-	NS	NS
Arsenic acid	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	Sat.sol.	S	S
Barium bromide	BaBr <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium carbonate	BaCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium chloride	BaCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Barium hydroxide	Ba(OH) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium sulphate	BaSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium sulphide	BaS	Sat. Sol.	S	S
Beer		-	S	S
Benzaldehyde	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHO	100%	S	L
Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	100%	L	NS
Benzoic acid	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	Sat. Sol.	S	S
Benzoyl chloride	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COCl	-	S	L
Benzyl alcohol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> OH	-	S	S
Bitumen		-	S	S
Bleach lye		10%	S	S
Borax	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	Sat. Sol.	S	S
Boric acid	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Brine		-	S	S
Bromine, gas	Br <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Bromine, liquid	Br <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Bromoform	CHBr <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Butadiene	CH <sub>2</sub> =CH-CH=CH <sub>2</sub>	-	NS	NS
Butandiol	HO-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -OH	100%	S	S
Butter		-	S	S
Butyl acetate	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	100%	S	L
Butyl alcohol	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH	100%	S	S
Butylene glycol	HO-CH <sub>2</sub> -CH=CH-CH <sub>2</sub> -OH	100%	S	S
Butyric acid	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	100%	S	L
Calcium arsenate	Ca <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	S	S
Calcium bromide	CaBr <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium carbonate	CaCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium chlorate	Ca(ClO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium chloride	CaCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium cyanide	Ca(CN) <sub>2</sub>	-	S	S
Calcium hydroxide	Ca(OH) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium hypochlorite	Ca(ClO) <sub>2</sub>	Sol.	S	S
Calcium nitrate	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium oxide	CaO	Sat. Sol.	S	S
Calcium sulphate	CaSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium sulphide	CaS	Dil. Sol.	L	L
Camphor oil		-	L	L
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	100%	S	S
Carbon disulphide	CS <sub>2</sub>	100%	L	NS
Carbon monoxide	CO	100%	S	S
Carbon tetrachloride	CCl <sub>4</sub>	100%	L	NS
Carbonic acid	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	S	S
Carrot juice		-	S	S
Castor oil		Sol.	S	S
Chlorine, aqueous	Cl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	L	NS
Chlorobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	100%	NS	NS
Chloroform	CHCl <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Chloromethane, gas	CH <sub>3</sub> Cl	100%	L	-
Chlorosulphonic acid	ClHO <sub>3</sub> S	100%	NS	NS
Chlorine, dry gas	Cl <sub>2</sub>	100%	L	NS

&gt;&gt;&gt;



&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Chromic acid	CrO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	20%	S	L
Chromic acid	CrO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	50%	S	L
Cider		-	S	S
Citric acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Citric acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>3</sub>	10%	S	S
Citric acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>3</sub>	25%	S	S
Coffee		-	S	S
Copper chloride	CuCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper cyanide	Cu(CN) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper fluoride	CuF <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper nitrate	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper sulphate	CuSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Corn oil		-	S	S
Cottonseed oil		-	S	S
Cresylic acid	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> COOH	Sat. Sol.	L	-
Cyclohexane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	-	NS	NS
Cyclohexanol	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> OH	100%	S	S
Cyclohexanone	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	100%	S	L
Decalin	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	100%	S	NS
Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	-	L	NS
Detergents		-	S	S
Dextrina		Sol.	S	S
Dextrose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Sol.	S	S
Diacetone alcohol	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> COCH <sub>2</sub> COCH <sub>3</sub>	-	L	L
Dibuhtyl ether	[CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> O	-	L	NS
Dibutyl amine	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> NH	-	L	NS
Dibutylphthalate	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub>	-	S	L
Dichlorobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	-	NS	NS
Dichloroethylene	CHCl=CHCl	-	NS	NS
Diesel oil		-	S	L
Diethyl ether	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	100%	L	NS
Diethyl ketone	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> CO	-	L	L
Diethylene glycol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	-	S	S
Diglycolic acid	HOOCCH <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> COOH	-	S	S
Diisobutylketone	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100%	S	L
Dimethyl formamid	HCON(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	S	S
Diocetyl phthalate	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOC <sub>8</sub> H <sub>17</sub> ) <sub>2</sub>	100%	S	L
Dioxane	(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	100%	S	S
Ethyl acetate	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	100%	S	NS
Ethyl acrylate	CH <sub>2</sub> =CHCOOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	100%	L	NS
Ethyl alcohol	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	100%	S	S
Ethyl benzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	-	NS	NS
Ethyl chloride	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl	100%	NS	NS
Ethyl ether	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -O-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	-	NS	NS
Ethylene chlorohydrin	ClCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	100%	S	S
Ethylene diamine	NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	100%	S	S
Ethylene glycol	HOCH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> OH	100%	S	S
Ferric chloride	FeCl <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ferric nitrate	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ferric sulphate	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Ferrous chloride	FeCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ferrous sulphate	FeSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Fluorine, gas dry	F <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Fluoroboric acid	HBF <sub>4</sub>	-	S	S
Fluorosilicic acid	H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	32%	S	S
Formaldehyde	CH <sub>2</sub> O	10-30%	S	S
Formaldehyde	CH <sub>2</sub> O	30-40%	S	L
Formic acid	HCOOH	40%	S	S
Formic acid	HCOOH	100%	S	S
Fructose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Sat. Sol.	S	S
Furfural	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Furfuryl alcohol	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	100%	S	L
Gallic acid	(OH) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> COOH	Sat. Sol.	S	S
Gasoline		-	L	L
Glucose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Sat. Sol.	S	S
Glycerine	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Glycolic acid	HOCH <sub>2</sub> COOH	Sol.	S	S
Grape juice		-	S	S
Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100%	NS	NS
Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	-	S	L
Hydrobromic acid	HBr	50%	S	S
Hydrobromic acid	HBr	100%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	10%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	20%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	30%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	36%	S	S
Hydrocyanic acid	HCN	Sat. Sol.	S	S
Hydrofluoric acid	HF	40%	S	S
Hydrofluoric acid	HF	60%	S	L
Hydrogen	H <sub>2</sub>	100%	S	S
Hydrogen peroxide	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	30%	S	S
Hydrogen peroxide	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	90%	S	NS
Hydrogen sulphide, gas	H <sub>2</sub> S	100%	S	S
Hydroquinone	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ink		-	S	S
Iodine (in alcohol)	I <sub>2</sub>	-	NS	NS
Iodine (in potassium solution)	I <sub>2</sub>	-	NS	NS
Iso-octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	100%	S	L
Iso-pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	NS	NS
Isopropanol	CH <sub>3</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub>	-	S	S
Isopropyl ether	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOCH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100%	S	NS
Kerosene		-	NS	NS
Lactic acid	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	10%	S	S
Lactic acid	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	100%	S	S
Lead acetate	Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium carbonate	MgCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium chloride	MgCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium hydroxide	Mg(OH) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium nitrate	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium sulphate	MgSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;



&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Maleic acid	HOOC-CH=CH-COOH	Sat. Sol.	S	S
Mercuric chloride	HgCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Mercuric cyanide	Hg(CN) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Mercurous nitrate	HgNO <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Mercury	Hg	100%	S	S
Methyl alcohol	CH <sub>3</sub> OH	100%	S	S
Methyl bromide	CH <sub>3</sub> Br	100%	NS	NS
Methyl chloride	CH <sub>3</sub> Cl	100%	NS	NS
Methylene chloride	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	-	NS	NS
Methyl-ethyl ketone	CH <sub>3</sub> COC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	100%	S	L
Milk		-	S	S
Mineral oil		-	S	L
Molasses		-	S	S
Naphtha		-	L	NS
Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	-	L	NS
Nickel chloride	NiCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Nickel nitrate	Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Nickel sulphate	NiSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	-
Nicotine	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	Dil. Sol.	S	S
Nicotinic acid	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> NCOOH	Dil. Sol.	S	-
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	25%	S	S
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	50%	S	L
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	70%	S	L
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	95%	NS	NS
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Nitrobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Nitrotoluene	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	-	NS	NS
Oleic acid	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	100%	S	S
Oleum	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +10%SO <sub>3</sub>	-	NS	NS
Oleum	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +50%SO <sub>3</sub>	-	NS	NS
Olive oil		-	S	NS
Oxalic acid	HOCCOOH	Sat. Sol.	S	S
Oxygen	O <sub>2</sub>	100%	S	L
Ozone	O <sub>3</sub>	100%	L	NS
Paraffin oil		-	S	S
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	NS	NS
Perchloric acid	HClO <sub>4</sub>	20%	S	S
Perchloric acid	HClO <sub>4</sub>	50%	S	L
Perchloric acid	HClO <sub>4</sub>	70%	S	NS
Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Sol.	S	S
Phosphoric acid	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	25%	S	S
Phosphoric acid	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	50%	S	S
Phosphorous pentoxide	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100%	S	S
Phosphorous trichloride	PCl <sub>3</sub>	100%	S	L
Photography solutions		-	S	S
Phthalic acid	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOH) <sub>2</sub>	50%	S	S
Potassium bicarbonate	KHCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium borate	K <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium bromate	KBrO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium bromide	KBr	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Potassium carbonate	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium chlorate	KClO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium chloride	KCl	Sat. Sol.	S	S
Potassium chromate	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium hydroxide	KOH	10%	S	S
Potassium hydroxide	KOH	Sol.	S	S
Potassium perchlorate	KClO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium permanganate	KMnO <sub>4</sub>	20%	S	S
Potassium persulphate	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium sulphate	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Propionic acid	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	50%	S	S
Propionic acid	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	100%	S	L
Propyl alcohol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	-	S	S
Propylene glycol	CH <sub>3</sub> CHOHCH <sub>2</sub> OH	-	S	S
Pyridine	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	100%	S	L
Sea water		-	S	S
Silicon oil		-	S	S
Silver nitrate	AgNO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Sodium acetate	CH <sub>3</sub> COONa	Sat. Sol.	S	S
Sodium benzoate	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COONa	Sat. Sol.	S	S
Sodium bicarbonate	NaHCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium bisulphate	NaHSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium bisulphite	NaHSO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium borate	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	-	S	S
Sodium carbonate	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium chlorate	NaClO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium chloride	NaCl	Sat. Sol.	S	S
Sodium cyanide	NaCN	Sat. Sol.	S	S
Sodium fluoride	NaF	Sat. Sol.	S	S
Sodium hydroxide	NaOH	Sol.	S	S
Sodium hydroxide	NaOH	40%	S	S
Sodium hypochlorite	NaClO	12,50%	S	S
Sodium nitrate	NaNO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium nitrite	NaNO <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium phosphate	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium silicate	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Sodium sulphide	Na <sub>2</sub> S	Sat. Sol.	S	S
Stannic chloride	SnCl <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Stannous chloride	SnCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Steric acid	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH	Sat. Sol.	S	-
Sulphur dioxide, dry gas	SO <sub>2</sub>	100%	S	S
Sulphur trioxide	SO <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10%	S	S
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50%	S	S
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	70%	S	L
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80%	S	NS
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98%	L	NS
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Fumante	NS	NS
Sulphurous acid	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Tannic acid	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> O <sub>9</sub>	Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

>>>

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Tartaric acid	$\text{COOH}(\text{CHOH})_2\text{COOH}$	Sat. Sol.	S	S
Tetrachloroethylene	$\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$	100%	NS	NS
Tetrahydrofurane	$(\text{CH}_2)_4\text{O}$	-	NS	NS
Thionyl chloride	$\text{SOCl}_2$	100%	NS	NS
Toluene	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	100%	L	NS
Trichloroethylene	$\text{ClCH}=\text{CCl}_2$	100%	NS	NS
Triethanolamine	$\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3$	Sol.	S	-
Turpentine		-	NS	NS
Urea	$\text{NH}_2\text{CONH}_2$	30%	S	S
Urine		-	S	S
Vaseline		-	L	L
Wine		-	S	S
Wine vinegar		-	S	S
Xylene	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	100%	L	NS
Yeast		Sol.	S	S
Zinc chloride	$\text{ZnCl}_2$	Sat. Sol.	S	S
Zinc sulphate	$\text{ZnSO}_4$	Sat. Sol.	S	S

## 14. CONVERSION EQUIVALENTS - ПЕРЕВОД ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

Length - Длина

[mm]	[cm]	[m]	[km]	[mi]	[in]	[ft]	[yd]
1	0,1	0,001	10 <sup>-6</sup>	6,2137·10 <sup>-7</sup>	0,0394	0,0033	0,0011
10	1	0,01	10 <sup>-5</sup>	6,2137·10 <sup>-6</sup>	0,3937	0,0328	0,0109
1000	100	1	1000	6,2137·10 <sup>-4</sup>	39,37	3,2808	1,0936
10 <sup>+6</sup>	100000	1000	1	6,2137·10 <sup>-1</sup>	393700	3280,8	1093,6
1,6093·10 <sup>+6</sup>	160934	1609,34	1,6093	1	63360	5280	1760
25,4	2,54	0,0254	2,54·10 <sup>-5</sup>	1,5783·10 <sup>-5</sup>	1	0,0833	0,0278
304,8	30,48	0,3048	3,0480·10 <sup>-4</sup>	1,8939·10 <sup>-4</sup>	12	1	0,3333
914,4	91,44	0,9144	9,1440·10 <sup>-4</sup>	5,6818·10 <sup>-4</sup>	36	3	1

mm	cm	m	km	mi	in	ft	yd
Millimetre Миллиметры	Centimetre Сантиметры	Metre Метры	Kilometre Километры	Miles Мили	Inch Дюймы	Foot Футы	Yard Ярды

Area - Участок

[mm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> ]	[ft <sup>2</sup> ]	[yd <sup>2</sup> ]
1	0,01	10 <sup>-6</sup>	1,55·10 <sup>-3</sup>	1,0764·10 <sup>-5</sup>	1,1960·10 <sup>-6</sup>
100	1	10 <sup>-4</sup>	0,155	1,0764·10 <sup>-3</sup>	1,1960·10 <sup>-4</sup>
10 <sup>+6</sup>	10000	1	1550	10,7639	1,1960
645.16	6,4516	6·10 <sup>-4</sup>	1	6,9444·10 <sup>-3</sup>	7,7160·10 <sup>-4</sup>
92903	929,030	0,0929	144	1	0,1111
836127	8361,27	0,8361	1296	9	1

mm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	yd <sup>2</sup>
Square millimetre Квадратные миллиметры	Square centimetre Квадратные сантиметры	Square metre Квадратные метры	Square inch Квадратные дюймы	Square foot Квадратные футы	Square yard Квадратные ярды

Volume - Объём

[mm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[in <sup>3</sup> ]	[ft <sup>3</sup> ]	[l]	[ml]	[UK gal]	[US gal]
1	0,001	10 <sup>-9</sup>	6,1024·10 <sup>-5</sup>	3,5315·10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	0,001	2,1997·10 <sup>-7</sup>	2,6417·10 <sup>-7</sup>
1000	1	10 <sup>-6</sup>	0,0610	3,5315·10 <sup>-5</sup>	0,001	1	2,1997·10 <sup>-4</sup>	2,6417·10 <sup>-7</sup>
10 <sup>+9</sup>	10 <sup>+6</sup>	1	61024	35,3147	1000	10 <sup>+6</sup>	219,97	264,17
16387	16,3871	1,6387·10 <sup>-5</sup>	1	5,787·10 <sup>-4</sup>	0,0164	16,3871	3,6046·10 <sup>-3</sup>	4,329·10 <sup>-3</sup>
2,8317·10 <sup>+7</sup>	28317	0,0283	1728	1	28,3168	28317	6,2288	7,4805
10 <sup>+6</sup>	1000	0,001	61,0237	0,0353	1	1000	0,2200	0,2642
1000	1	1·10 <sup>-6</sup>	0,0610	3,5315·10 <sup>-5</sup>	0,001	1	2,1997·10 <sup>-4</sup>	2,6417·10 <sup>-4</sup>
4,5461·10 <sup>+6</sup>	4546,09	4,5461·10 <sup>-3</sup>	277,42	0,1605	4,5461	4546,09	1	1,2010
3,7854·10 <sup>+6</sup>	3785,41	3,7854·10 <sup>-3</sup>	231	0,1337	3,7854	3785,41	0,8327	1
mm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	l	ml	UK gal	US gal
Cubic millimetre Кубические миллиметры	Cubic centimetre Кубические сантиметры	Cubic metre Кубические метры	Cubic inch Кубические дюймы	Cubic foot Кубические футы	Litre Литры	Millilitre Миллилитры	UK gallon Галлоны (Великобритания)	US gallon Галлоны (США)

Speed - Скорость

[m/s]	[ft/s]	[m/min]	[ft/min]	[km/h]	[mi/h]
1	3,2808	60	196,85	3,6	2,2369
0,3048	1	18,2880	60	1,0973	0,6818
0,0167	0,0547	1	3,2808	0,06	0,0373
0,0051	0,0167	0,3048	1	0,0183	0,0114
0,2778	0,9113	16,6667	54,6807	1	0,6214
0,4470	1,4667	26,8224	88	1,6093	1
m/s	ft/s	m/min	ft/min	km/h	mi/h
Metre per second Метры в секунду	Foot per second Футы в секунду	Metre per minute Метры в минуту	Foot per minute Футы в минуту	Kilometre per hour Километры в час	Mile per hour Мили в час



Mass - Масса

[g]	[kg]	[lb]	[t]	[UK t]	[US t]
1	0,001	2,2046·10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	9,8421·10 <sup>-7</sup>	1,1023·10 <sup>-6</sup>
1000	1	2,2046	0,001	9,8421·10 <sup>-4</sup>	1,1023·10 <sup>-3</sup>
453,59	0,4536	1	4,5359·10 <sup>-4</sup>	4,4643·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>
10 <sup>+6</sup>	1000	2204,62	1	9,9842	1,1023
1,016·10 <sup>+6</sup>	1016,05	2240	1,0160	1	1,12
907185	907,185	2000	0,9072	0,8929	1

g	kg	lb	t	UK t	US t
Gram Граммы	Kilogram Килограммы	Pound Фунты	Tonne Тонны	UK Tonne Тонны Великобритания	US Tonne Тонны США

Flow rate - Расход

[l/s]	[l/min]	[l/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /min]	[m <sup>3</sup> /h]	[ft <sup>3</sup> /min]	[ft <sup>3</sup> /h]	[UK gal/ min]	[US gal/ min]
1	60	3600	0,001	0,06	3,6	2,1189	127,133	13,1981	15,8503
0,0167	1	60	1,667·10 <sup>-5</sup>	0,001	0,06	0,0353	2,1189	0,2200	0,2642
2,778·10 <sup>-4</sup>	0,0167	1	2,778·10 <sup>-7</sup>	1,667·10 <sup>-5</sup>	0,001	5,886·10 <sup>-4</sup>	0,0353	3,666·10 <sup>-3</sup>	4,403·10 <sup>-3</sup>
1000	60000	3,6·10 <sup>+6</sup>	1	60	3600	2118,88	127133	13198	15850
16,6667	1000	60000	0,0167	1	60	35,3147	2118,9	219,969	264,172
0,2778	16,6667	1000	2,778·10 <sup>-4</sup>	0,0167	1	0,5886	35,315	3,6662	4,4029
0,4719	28,3168	1699	4,719·10 <sup>-4</sup>	0,0283	1,6990	1	60	6,2288	7,4805
0,0079	0,4719	28,3168	7,866·10 <sup>-6</sup>	4,719·10 <sup>-4</sup>	0,0283	0,0167	1	0,1038	0,1247
0,0758	4,546	272,77	7,577·10 <sup>-5</sup>	0,0045	0,2728	0,1605	9,6326	1	1,2010
0,0631	3,7854	227,12	6,309·10 <sup>-5</sup>	3,785·10 <sup>-3</sup>	0,2271	0,1337	8,0208	0,8327	1

l/s	l/min	l/h	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /min
Litre per second Литры в секунду	Litre per minute Литры в минуту	Litre per hour Литры в час	Cubic metre per second Кубические метры в секунду	Cubic metre per minute Кубические метры в минуту

m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /min	ft <sup>3</sup> /h	UK gal/min	US gal/min
Cubic metre per hour Кубические метры в час	Cubic foot per minute Кубические футы в минуту	Cubic foot per hour Кубические футы в час	UK gallon per minute Галлоны Великобритании в минуту	US gallon per minute Галлоны США в минуту



Force - Сила

[N]	[kN]	[Kgf]	[lbf]
1	0,001	0,1020	0,2248
1000	1	101,97	224,81
9,8066	$9,8066 \cdot 10^{-3}$	1	2,2046
4,4482	$4,4482 \cdot 10^{-3}$	0,4536	1

N	kN	Kgf	lbf
Newton Ньютон	Kilonewton Килоньютон	Kilogram force Kilopond Килограмм-сила	Pound force Фунт-сила

Pressure - Давление

[Pa]	[mbar]	[bar]	[atm]	[Kgf/cm <sup>2</sup> ]	[lbf/in <sup>2</sup> ]	[ft H <sub>2</sub> O]	[m H <sub>2</sub> O]	[mm Hg]	[in Hg]
1	0,01	$10^{-5}$	101325	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$1,45 \cdot 10^{-4}$	$3,346 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$2,953 \cdot 10^{-4}$
100	1	$10^{-3}$	$1,013 \cdot 10^{+7}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	0,0145	0,0335	0,0102	0,7501	0,0295
$10^{+5}$	1000	1	$1,013 \cdot 10^{+10}$	1,0197	14,5033	33,456	10,1968	750,062	29,53
$9,869 \cdot 10^{-6}$	$9,869 \cdot 10^{-8}$	$9,869 \cdot 10^{-11}$	1	$1,006 \cdot 10^{-10}$	$1,431 \cdot 10^{-9}$	$3,302 \cdot 10^{-9}$	$1,006 \cdot 10^{-9}$	$7,402 \cdot 10^{-8}$	$2,914 \cdot 10^{-9}$
98067	980,67	0,9807	$9,937 \cdot 10^{+9}$	1	14,2229	32,8093	10	735,563	28,9592
6895	68,95	0,0690	$6,986 \cdot 10^{+8}$	0,0703	1	2,3068	0,7031	51,7168	2,0361
2989	29,89	0,0299	$3,029 \cdot 10^{+8}$	0,0305	0,4335	1	0,3048	22,4193	0,8827
9807	98,07	0,0981	$9,937 \cdot 10^{+8}$	0,1	1,4223	3,2810	1	73,5585	2,8960
133,32	1,3332	$1,333 \cdot 10^{-3}$	$1,351 \cdot 10^{+7}$	$1,359 \cdot 10^{-3}$	0,0193	0,0446	0,0136	1	0,0394
3386,4	33,8639	0,0339	$3,431 \cdot 10^{+8}$	0,0345	0,4911	1,1330	0,3453	25,4	1

Pa	mbar	bar	atm	kgf/cm <sup>2</sup>
Pascal Паскаль	Millibar Миллибар	Bar Бар	Atmosphere Атмосфера	Kilogram force per square centimetre Килограмм-сила на квадратный сантиметр

lbf/in <sup>2</sup>	ft H <sub>2</sub> O	m H <sub>2</sub> O	mm Hg	in Hg
Pound force per square inch Фунт-сила на квадратный дюйм	Foot of water Футы воды	Metre of water Метры воды	Millimetre of mercury Миллиметры ртутного столба	Inch of mercury Дюймы ртутного столба



Energy - Энергия

[J]	[KJ]	[cal]	[Kcal]	[Kgm]	[Wh]	[KWh]
1	10 <sup>+3</sup>	4,1868	4,187·10 <sup>+3</sup>	9,81	3,6·10 <sup>+3</sup>	3,6·10 <sup>+6</sup>
10 <sup>-3</sup>	1	4,187·10 <sup>-3</sup>	4,1868	9,81·10 <sup>-3</sup>	3,6	3,6
0,2388	238,846	1	1000	2,3419	859,845	8,6·10 <sup>+5</sup>
2,388·10 <sup>-4</sup>	0,2388	0,001	1	2,34·10 <sup>-3</sup>	0,8598	859,845
0,1019	101,937	0,427	427	1	367,647	3,68·10 <sup>+5</sup>
2,778·10 <sup>-4</sup>	0,2778	1,163·10 <sup>-3</sup>	1,163	2,72·10 <sup>-3</sup>	1	1000
2,778·10 <sup>-7</sup>	2,778·10 <sup>-4</sup>	1,163·10 <sup>-6</sup>	1,163·10 <sup>-3</sup>	2,72·10 <sup>-6</sup>	0,001	1

J	kJ	cal	Kcal	Kgm	Wh	KWh
Joule Джоули	KiloJoule Килоджоули	Calorie Калории	Kilocalorie Килокалории	Kilogram-metre Килограмм-метр	Watt hour Ватт-час	KiloWatt hour Киловатт-час

Power - Мощность

[W]	[KW]	[kcal/h]	[Kgm/s]
1	1000	1,163	9,81
0,001	1	1,163·10 <sup>-3</sup>	9,81·10 <sup>-3</sup>
8,6·10 <sup>-1</sup>	8,6·10 <sup>+2</sup>	1	8,43
1,02·10 <sup>-1</sup>	1,02·10 <sup>+2</sup>	0,12	1

W	KW	kcal/h	Kgm/s
Watt Ватт	Kilowatt Киловатт	Kilocalorie per hour Килокалории в час	Kilogram-metre per second Килограмм-метр в секунду



## SOLUZIONI PER ESTERNO - OUTDOOR SOLUTIONS

Tubi PE  
PE pipes



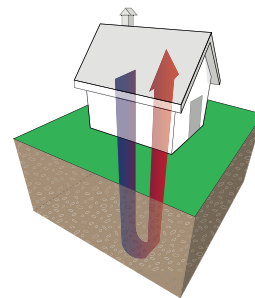
Raccordi a saldare  
Welding fittings



Raccordi a compressione  
Compression fittings



Impianti geotermici  
Geothermal systems



## SOLUZIONI PER INTERNO - INDOOR SOLUTIONS

PE-X/Al/PE-X - PE-RT/Al/PE-RT  
PE-X - PE-RT pipes



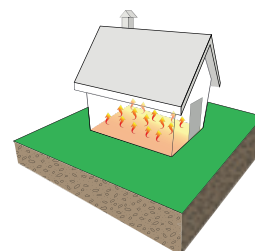
Raccordi in ottone per acqua e gas  
Brass fittings for water and gas



Sistema multistrato gas  
Multilayer system for gas



Impianti radianti  
Radiant systems





Copyright © 2023 Unidelta Spa  
Via Capparola Sotto, 4 - 25078 Vestone (BS) - Italy  
Tel. 0039 0365/878011 - Fax Italia 0039 0365 878080 - Fax Estero 0039 0365 878090  
[www.unidelta.com](http://www.unidelta.com) - [unidelta@unidelta.com](mailto:unidelta@unidelta.com)

All rights reserved.

No part of this document can be reproduced electronically, mechanically or by any other means without the written consent of the author.

Все права защищены.

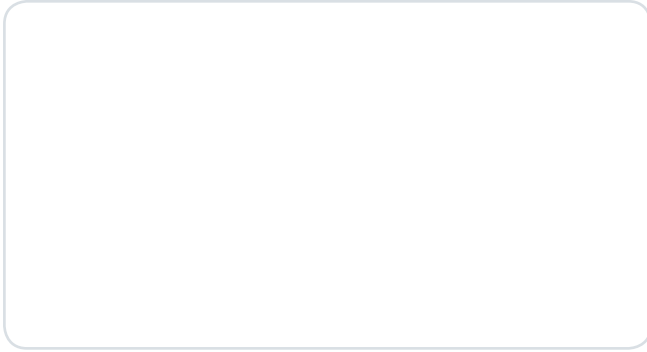
Любая часть настоящего документа, не может быть скопирована электронным, механическим и любым другим способом без письменного разрешения автора.

The dimensions shown in the catalogue can be modified without prior warning for commercial or technical updating reasons.

Данные, приведённые в каталоге, могут быть изменены без предварительного уведомления в связи с техническим или коммерческими обновлениями.

In the event of different interpretations, refer to the Italian text.

При расхождении с переводом, преимущественную силу будет иметь текст на итальянском языке.



Unidelta SpA  
Via Capparola Sotto, 4 - 25078 Vestone (BS) - Italy  
Tel. +39 0365 878011 - Fax Export +39 0365 878090 - Fax Italia +39 0365 878080  
[www.unidelta.com](http://www.unidelta.com) - [unidelta@unidelta.com](mailto:unidelta@unidelta.com)

Certificato n° 127  
UNI EN ISO 9001:2008

