MOLECOR

Orienting the future

Техническое руководство проектирования и использования сетей

Труба TOM® из ориентированного ПВХ

© Molecor Tecnología, S.L., 2019

Все права защищены. Не допускается полное или частичное воспроизведение данного руководства, его включение в компьютерную систему, а также его передача в любой форме или любым способом (электронным, механическим, фотокопированием, записью или другими) без предварительного и письменного разрешения Molecor Tecnología S.L. Нарушение этих прав может представлять собой преступление против интеллектуальной собственности.

Графические изображения и технические характеристики, а также данные, включенные в таблицы в этом документе, не носят контрактного характера,. Molecor Tecnología, S.L. сохраняет право изменять характеристики своих продуктов в соответствии с новыми технологиями производства и действующими правилами с целью их улучшения без предварительного уведомления.

Оглавление

1. ПВХ-О трубы ТОМ® **1**
1. Введение 2
2. Молекулярная ориентация 3
3. Технология производства 4
4. Преимущества ПВХ-О труб ТОМ® 5
4.1. Механические свойства 6
4.1.1. Ударопрочность 6
4.1.2. Гибкость 7
4.1.3. Внутреннее давление 9
4.1.4. Хорошие характеристики при сжатии или возникновении вакуума 10
4.2. Химическая устойчивость 10
4.2.1. Коррозийная стойкость 10
4.2.2. Качество воды 11
4.3. Гидравлические характеристики 11
4.3.1. Превосходное противодействие гидравлическому удару 11
4.3.2. Повышенная гидравлическая пропускная способность 13
4.3.3. Герметичные соединения 14
4.4. Легкая установка 14
4.4.1. Легкость, простота применения и соединения 14
4.5. Эффективность ресурсов 16
4.5.1. Сырье 16
4.5.2. Энергоэффективность и углеродный след 16
4.5.3. Управление отходами 16
5. Применения 17
5.1. Сети питьевого водоснабжения и распределительные сети 17
5.2. Регенерированная вода 19
5.3. Оросительные сети 19
5.4. Напорная канализация 20
5.5. Другие виды использования 20
2. Проектирование сетей **21**
1. Гидравлические расчеты 22
1.1. Гидротехнические требования 22
1.2. Выбор диаметров 23
1.2.1. Основные аспекты и определения 23
1.2.2. Рекомендуемая скорость 24
1.2.3. Сети с одним водовыпуском 26
Пример nº 1 31
Пример nº 2 34

Пример № 1 41
1.2.4. Сеть с несколькими точками доставки 44
Пример 46
Пример № 1 61
Пример № 2 65
1.3. Выбор номинального давления 70
1.3.1. Определения 70
1.3.2. Профиль сети 72
1.3.3. Воздействие воздуха в водопроводных сетях 74
1.3.4. Потери напора в трубах и на фитингах 77
1.3.5. Гидравлический удар 78
Пример 86
1.4. Влияние температуры и прочие расчетные коэффициенты 88
1.4.1 Рабочее давление в зависимости от температуры 88
1.4.2.Влияние различных коэффициентов запаса прочности 89
2. Механические расчеты 90
2.1. Классификация различных типов труб 90
2.2. Осевые нагрузки 92
2.2.1. Бетонное анкерное крепление 92
Пример 97
2.3. Подземные сети 104
2.3.1. Размеры траншей 104
2.3.2. Нагрузки и деформации 108
Пример 112
2.4. Надземные сети 136
3. Компоновка и профиль сети 139
3.1. Изменение направления и соединения 139
3.2. Угловые отклонения и угол поворота 139
Пример 142
3. Рекомендации по эксплуатации 144
1. Транспортировка, хранение и погрузка/разгрузка 145
2. Установка 146
3. Испытание на месте установки и ввод в эксплуатацию 149
4. Ассортимент и характеристики ПВХ-О трубами ТОМ® 150
1. Ассортимент продукции 151
2. Сырье 153
3. Механические свойства 157
4. Химические свойства 157
5. Прочие свойства 161
6. Фитинги 161

7. Качество и сертификация 168
5. Сферы применения 173
1. Питьевое водоснабжение 174
2. Сточные воды 176
3. Регенерированная вода 176
4. Соленая вода 176
6. Устойчивость 177
1. Жизненный цикл труб ПВХ-О 178
2. Влияние на парниковый эффект 182
3. Дальнейший вклад в устойчивое развитие 184
7. Приложения 186
1. Таблицы постоянной потери напора TOM® PVC-O 500 PN12,5 187
1. Таблицы постоянной потери напора TOM® PVC-O 500 PN16 188
1. Таблицы постоянной потери напора TOM® PVC-O 500 PN20 189
1. Таблицы постоянной потери напора TOM® PVC-O 500 PN25 190
2. Коэффициент локальных потерь напора (k_i) 192
2.1. Расширяющиеся и сужающиеся секции 192
2.2. Входной и выходной патрубок емкости 195
2.3. Отводы 197
2.4. Соединения (тройники) 198
2.5. Вентили 199
3. Коэффициенты Прандтля-Колбрука-Уайта, Хазена-Вильямса и Маннинга 201
4. Химическая стойкость 201
5. Коэффициент теплового расширения 205
8. Приложения к механическим расчетам 206
Механический расчет
(UNE-53331-см. приложение "Стандарты и сертификаты")
ПВХ-О трубы TOM® для напорного водоснабжения (PN 12,5) 207
(UNE-53331 — см. приложение Стандарты и сертификаты")
ПВХ-О трубы TOM® для напорного водоснабжения (PN 16) 213
UNE-53331 — см. приложение "Стандарты и сертификаты")
ПВХ-О трубы TOM® для апорного водоснабжения (PN 20) 219
(UNE-53331 — см. приложение Стандарты и сертификаты")
ПВХ-О трубы TOM® для напорного водоснабжения (PN 25) 225
9. Стандарты и ссылки 231
1. Стандарты и сертификаты 232
2. Библиографическия 235

1

ПВХ-О трубы ТОМ®

1. Введение

Ориентированный ПВХ трубопровод - это наиболее эффективный способ транспортировки воды под давлением для всех видов применения (транспортировка и распределение воды для нужд питьевого водоснабжения, орошения, снабжения регенерированной водой, отвода сточных вод, для промышленных сетей, сетей пожаротушения и т.д.) с диапазоном диаметров от 90 до 800 мм при номинальном давлении от 12,5 до 25 бар.

Трубы ТОМ® из ПВХ-О

Механический процесс **Молекулярной Ориентации** полимеров хорошо известен уже несколько десятилетий. Этот процесс используется в различных сферах (производство волокон, пластин, контейнеров и т.д.) с целью улучшения механических свойств исходного материала. Напорные трубы из ПВХ были впервые использованы в Великобритании в конце 1970-х годов, и с тех пор они постепенно получили распространение на прочих рынках (в Австралии, Франции, Южной Африке, Италии, Колумбии, Эквадоре, Бразилии, Португалии, Канаде, США и т.д.).

В Испании, **Ориентированные ПВХ трубы** были впервые использованы в начале 1990-х годов. Напорные сети из ориентированного ПВХ используются в Великобритании на протяжении более 35 лет, в Испании - более 12 лет. Действующие сети не требуют эксплуатационных расходов при продолжительном расчетном сроке службы.

Исключительные механические свойства **Ориентированных ПВХ труб**, особенно хорошо подходящих для напорного водоснабжения, приобретали большую популярность на каждом новом рынке, где бы они ни появлялись. Тем не менее, до создания технологии **Molecor**, в связи со слабым развитием производственных процессов и лимитированным объемом производства, этот продукт выпускался исключительно для высокоэффективных рынков.

Компания **Molecor** была создана в 2006 году для разработки инновационной системы выпуска, **Ориентированного ПВХ,** которая бы обеспечивала **существенные улучшения производительности, эффективности, безопасности, а также контроля технологического процесса и готовой продукции** по сравнению с предыдущими

системами производства. Это позволило повысить охват и популярность продукта во всех сферах применения и на многих рынках.

Помимо фабрики близ Мадрида, сегодня лицензиаты работают по технологии **Molecor** в Австралии, Италии, Эквадоре, Колумбии и Индии, а продукция компании продается во многих странах Европы, Африки, Латинской Америки, Азии и Океании.

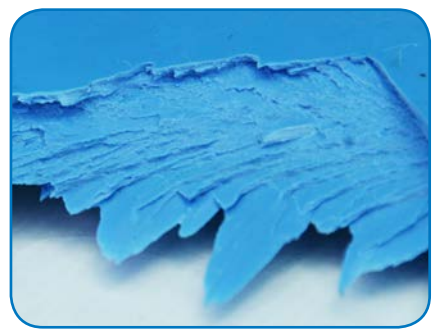
2. Молекулярная ориентация

Молекулярная Ориентация — это физический процесс, который изменяет молекулярную структуру ПВХ, сохраняя его химические свойства.

ПВХ по существу является аморфным полимером, молекулы которого расположены случайным образом. Однако, растягивая материал при определенных условиях давления, температуры и скорости, молекулы полимера можно выровнять в направлении растяжения.

В зависимости от параметров процесса в целом и коэффициента растяжения в частности можно достигнуть более высокой или меньшей степени ориентации. В результате получается пластик со слоистой структурой, которую можно увидеть невооруженным глазом.

Процесс **Молекулярной Ориентации**, который выполняется при температуре, превышающей температуру стеклования, значительно улучшает физико-механические свойства ПВХ и придает ему исключительные характеристики, сохраняя при этом преимущества и химические свойства исходного полимера. **При этом удается создать гибкий, ударопрочный пластик с непревзойденной прочностью на разрыв и усталостной прочностью.**



Многослойная структура Труб ТОМ® из ПВХ-О

При использовании в напорных сетях такие трубы демонстрируют отменную прочность и весьма продолжительный срок службы. Как при производстве, так и при последующей эксплуатации продукт показывает высокие уровни **энергоэффективности и способствует сохранению окружающей среды**, а также помогает снизить затраты благодаря оптимизации транспортировки до участка работ и установки.

Таким образом, ПВХ-О трубы **ТОМ®** — это лучшее решение при выборе водопроводных труб среднего и высокого давления для целей орошения, питьевого водоснабжения, промышленных, противопожарных или напорных сетей.

3. Технология производства

Технология, разработанная компанией **Molecor**, превосходит прежние возможности по части производительности, энергоэффективности, надежности и протяженности сетей, а также значительно повышает характеристики труб **ТОМ®**.

- **Молекулярная Ориентация** достигается за счет точного и равномерного применения высокого давления и температуры, что требует 100% контроля качества каждой отдельной трубы.
- Трубы **ТОМ®** производятся в непрерывном и полностью автоматическом режиме, а не традиционным раздельным способом. Это обеспечивает лучший контроль качества и однородность продукции.

Технология **Molecor** основана на полностью сухой системе, которая обеспечивает **высокую энергоэффективность, производительность и стабильность процесса.** Все это, наряду с **широким ассортиментом продукции**, позволяет обеспечить точность размеров и производить раструбы в процессе **молекулярной ориентации** для обеспечения однородности характеристик как самих труб, так и в системе соединений.

Система производства труб из ПВХ-О M-OR-P 3180

Модули Молекулярной Ориентации

4. Преимущества ПВХ-О труб ТОМ®

Преимущества продукта	
Механические свойства: • Ударопрочность • Гибкость	• Внутреннее давление • Хорошие характеристики при сжатии или возникновении вакуума
Химическая инертность: • Коррозийная стойкость • Материал не подвержен биоразложению	• Высокое качество воды • Устойчивость к дезинфицирующим средствам
Гидравлические характеристики: • Устойчивость к гидравлическому удару • Пропускная способность	• Герметичные соединения • Оптимизация энергопотребления
Простота установки: • Легкий вес и гибкость	• Простота соединения и эксплуатации
Эффективность использования ресурсов • Сырье • Энергоэффективность и углеродный след	• Управление отходами • 100% вторичная переработка

4.1. Механические свойства

4.1.1. Ударопрочность

Трубы ТОМ® обладают высокой устойчивостью к ударным воздействиям. Это минимизирует случайные повреждения или поломки во время монтажа.

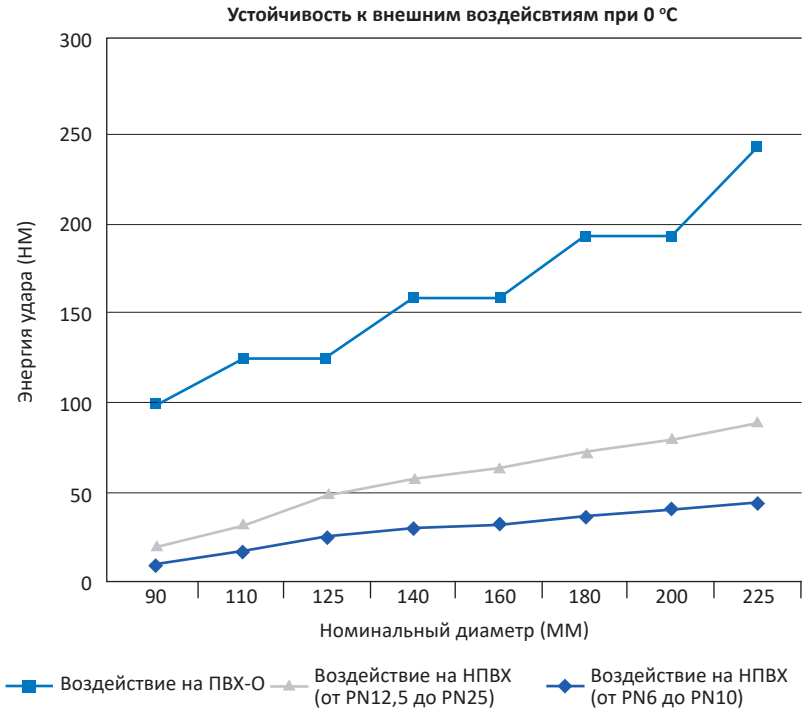
Кроме того, **Молекулярная Ориентация** **предотвращает распространение трещин и царапин, а также минимизирует риск возникновения быстрого растрескивания** благодаря слоистой структуре трубы. В результате обеспечивается впечатляющий рост срока службы продукта.

Согласно ISO 3127, трубы должны пройти испытание при температуре 0 °C (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*), а максимальное показание индикатора (TIR) не должно превышать 10%.

Ударопрочность Труб ТОМ® из ПВХ-О

Если сопоставить стойкость к ударным нагрузкам НПВХ по стандарту EN 1452-2 и ПВХ-О согласно стандарту ISO 16422 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*), то можно увидеть, что сопротивление ударной нагрузке труб из ПВХ-О различного диаметра очевидно превосходит показатели труб из НПВХ.

Трубы ТОМ® из ПВХ-О



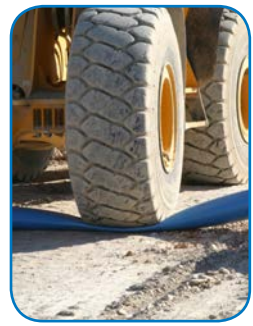
Ударопрочность различных материалов

Примечание: Для диаметров, превышающих ДН225, энергия удара будет такой же, как и для труб ПВХ-О. Масса молота и высота падения остаются неизменными.

4.1.2. Гибкость

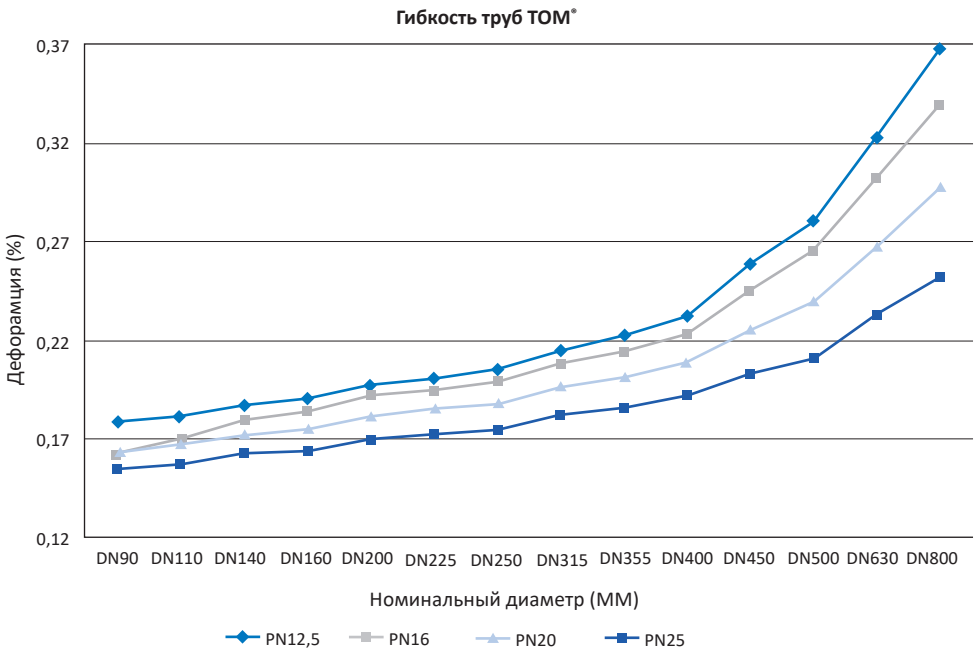
Для начала стоит отметить, что гибкость представляет собой свойство материала или структуры к деформации и последующему возвращению в исходное положение множество раз без изменений структуры или свойств материала.

Превосходная гибкость труб ТОМ® позволяет им выдерживать деформации до 100% от внутреннего диаметра. Трубы сразу восстанавливают свою первоначальную форму после деформации при любом случайном механическом воздействии. Это уменьшает опасность разрыва трубопровода из-за оползней или прочих факторов, таких как, например, механические воздействия, вызванные оборудованием или камнями.



Гибкость Труб ТОМ® из ПВХ-О

Высокая устойчивость при воздействии тяжелых грузов также обеспечивает идеальную эксплуатацию труб при подземной прокладке. Величина деформации **труб ТОМ®** (в процентах). В соответствии со стандартом 53331 (см. приложение "*Стандарты и ссылки*"), допустимое долгосрочное значение напряжения должно быть меньше или равно 5%.



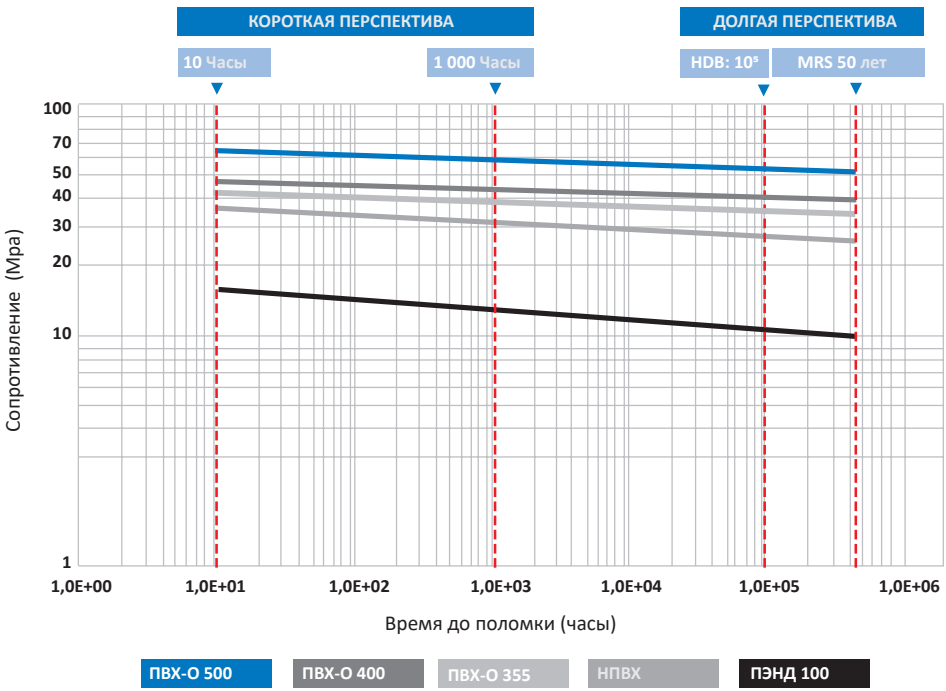
Гибкость различных диаметров Труб ТОМ®

Примечание: Эти значения соответствуют высоте траншеи в 2 м в слегка связном грунте с вертикальными нагрузками.

4.1.3. Внутреннее давление (высокое кратковременное и долговременное гидростатическое сопротивление)

Напорные трубопроводные сети должны быть спроектированы таким образом, чтобы рабочее давление не превышало номинального давления труб. **При этом трубы ТОМ® выдерживают внутреннее давление выше их номинального давления, что позволяет справляться со случайными перепадами давления.**

Все материалы теряют часть механических свойств, когда подвергаются нагрузке в течение длительного времени. Это свойство называется *"ползучесть материала"*, при этом в трубах **ПВХ-О 500** эффект ползучести наблюдается в гораздо меньшей степени, чем у обычного пластика, что приводит к улучшению длительно сохраняемых свойств. Ввиду того, что **ПВХ-О** обладает исключительными показателями сопротивления усталости и весьма высокой химической стойкостью, с легкостью можно утверждать, что такие трубопроводы способны выдерживать рабочее давление в течение более 100 лет.



Кривые регрессии различных материалов

4.1.4. Хорошие характеристики при сжатии или возникновении вакуума

В случае отсутствия крепления труб к грунту или отсутствия других креплений по бокам, при отрицательном давлении из-за возникновения вакуума и/или внешнего давления за счет грунтовых вод может произойти разрыв трубопровода. Таким образом, по стандарту ISO 16422 (см. приложение "*Стандарты и ссылки*") значения критического давления разрыва **труб ТОМ® класса 500** для различных труб составляют:

PN12,5	75 килопаскалей [кПа] =	0,75 бар
PN16	157 килопаскалей [кПа] =	1,57 бар
PN20	306 килопаскалей [кПа] =	3,06 бар
PN25	598 килопаскалей [кПа] =	5,98 бар

Критические давления разрушения для различных классификаций труб в соответствии со стандартом ISO 16422

Аналогичным образом, согласно вышеупомянутому стандарту, система сочленения **труб ТОМ® 500** была испытана при отрицательном давлении с принудительными деформациями (угловыми и диаметральными) для проверки герметичности. Такие испытания включали два цикла -0,1 бар и -0,8 бар при температуре от 17 °C до 23 °C ±2 в течение 15 минут.

4.2. Химическая устойчивость

4.2.1. Коррозийная стойкость

Ориентированный ПВХ невосприимчив к коррозии и природным химическим веществам. Поэтому **трубы ТОМ®** с трудом поддаются разрушению, за исключением случаев воздействия определенных химикатов. Кроме того, они не требуют какой-либо защиты или специального покрытия, что приводит к экономии затрат. Благодаря этому **трубы ТОМ®** исключительно хорошо подходят для монтажа сетей в агрессивных грунтах или при наличии блуждающих токов, которые ускоряют коррозию металлических труб.

См. таблицу на "*Устойчивость ПВХ-О труб к химическим воздействиям*" (приложение 4 "*Устойчивость к химическим воздействиям*") — выдержка из стандарта UNE 53389 IN, эквивалентные значения указаны в Международном техническом отчете ISO/TR 10358:1993 (см. приложение "*Стандарты и ссылки*").

Кроме того, благодаря низкой шероховатости внутренней поверхности **труб ТОМ®** образование осадка минимальное, что предотвращает изменение цвета воды и сокращение скорости потока.

4.2.2. Качество воды

Текущая пропускная способность **труб ТОМ®** соответствует положениям испанского законодательства о **транспортировке питьевой воды** (Королевский указ 140/2003 *"Критерии качества воды для потребления человеком"*). Также были п олучены следующие сертификаты: Санитарно-эпидемиологическое заключение ACS (*Attestation de Conformité Sanitaire*) по стандартам Франции о соответствии н ормам качества воды для потребления человеком, сертификат проверки качества (*Hydrocheck Certifcate*) Бельгии, а также оба сертификата, разрешающие применение продукции в секторе питьевого водоснабжения на территории Соединенного Королевства — WRAS (*Сертификат соответствия стандартам по регулированию водных ресурсов*) и DWI (Инспекция по питьевой воде).

4.3. Гидравлические характеристики

4.3.1. Превосходное противодействие гидравлическому удару

Любое нарушение нормальной эксплуатации напорных трубопроводов вызывает переходное явление. Наиболее хорошо изученные причины нарушения работы трубопроводов включают закрытие вентилей, пуск или внезапное отключение насоса. **Гидроудар можно** описать следующим образом: перепад давления выше или ниже нормального уровня из-за быстрого изменения скорости потока. Резкое перекрытие трубопровода приводит к наиболее интенсивным гидравлическим ударам ввиду того, что при этом происходит максимальное преобразование кинетической энергии в давление. Закрытие клапана вызывает переходный процесс, который зависит от того, насколько быстро закрывается клапан, и других физических параметров, таких как скорость передачи звуковой волны через материал трубы. Так как интенсивность гидроудара зависит от скорости закрытия вентилей, такое явление в некоторой степени можно контролировать, не допуская слишком быстрого закрытия вентилей. Эффект, возникающий при внезапном отключении насоса, не так легко предотвратить, так как в этом случае причиной служит резкое падение давления в системе.

Скорость распространения ударной волны в трубах ТОМ® ниже, чем в других трубах (до четырех раз ниже по сравнению с металлическими трубами), **что позволяет минимизировать воздействие гидроудара при резких изменениях скорости потока и давления.** Низкая скорость распространения ударной волны минимизирует возможность разрыва трубопровода при открытии и закрытии различных устройств сети или при пуске насосных систем, а также защищает все элементы сети.

Гидравлический удар — это скачок давления, вызванный резкой остановкой потока жидкости в трубе либо из-за внезапного закрытия вентиля, либо из-за запуска или отключения насосной системы, либо из-за перемещения пузырьков воздуха, накопившихся в трубах.

Гидравлический удар может вызвать избыточное давление, превышающее рабочее давление в трубе, и привести к повреждениям, особенно если имела место неправильная укладка или воздействие коррозии.

Существует две формулы для расчета волны гидравлического удара (ΔP):

- Формула **Аллиеви** используется для длинных труб:

$$\Delta P = \pm \frac{av}{g} \quad si \quad T < \frac{2L}{a}$$

$$a = \frac{9\,900}{\sqrt{48{,}3 + K_c \cdot \frac{D_m}{e}}} \; ; \qquad K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

- Формула **Мишо** используется для коротких труб:

$$\Delta P = \pm \frac{2Lv}{gT} \quad si \quad T > \frac{2L}{a}$$

Где:

ΔP: Волна повышенного давления, вызванная гидравлическим ударом, мвс

a: Скорость распространения ударной волны, м/с

v: Скорость потока воды, м/с

g: Гравитационное ускорение (g = 9,81 м/сек^2)

T: Фактическое время закрытия, сек

L: Длина сети, м

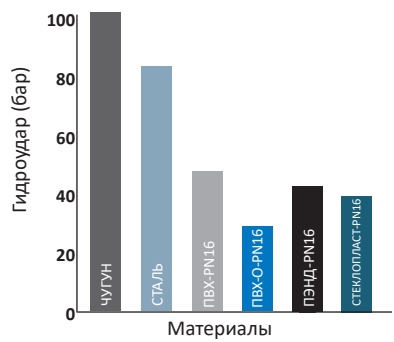
E: Модуль упругости материала трубы, кг/м^2, для труб ПВХ-О ТОМ®: 4x10^8 кг/м^2

D_m: Средний диаметр трубы, мм

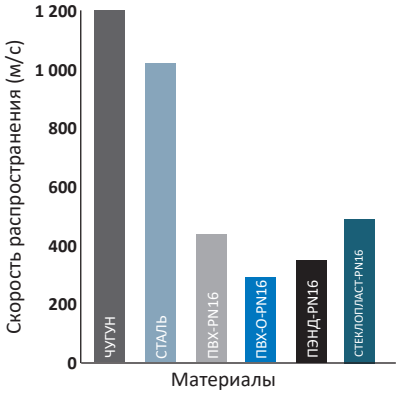
e: Толщина трубы, мм

K_c: Коэффициентная функция модуля упругости (E) материала трубы, выраженная в кг/м^2

На следующем графике показан пример расчета гидроудара для различных материалов при скорости потока в 100 м^3/ч и номинальном диаметре DN200 мм:



Скачок давления (по формуле Аллиеви) возникший при резком закрытии трубопровода со скоростью потока 100 м³/ч, диаметр = DN200 мм



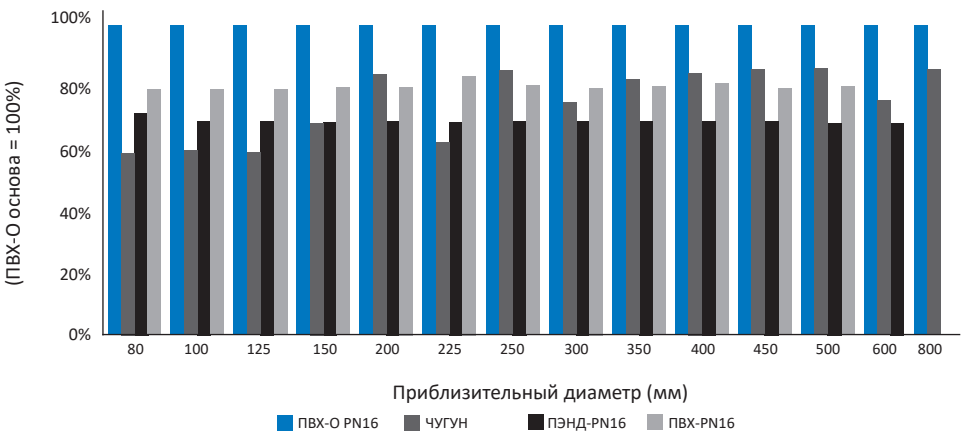
Стойкость прокачки в трубах из разных материалов

Скорость распространения **ударной волны в ПВХ-О трубах ТОМ® гораздо ниже, чем в трубах,** изготовленных из других материалов. Различия особенно четко можно проследить при сравнении с металлическими трубами, где такое явление, как гидроудар, может вызвать серьезные повреждения.

4.3.2. Повышенная гидравлическая пропускная способность

Уменьшение толщины стенок в результате **Молекулярная Ориентация способствует увеличению внутреннего диаметра и сечения труб ТОМ®**. Кроме того, внутренняя поверхность чрезвычайно гладкая, что минимизирует потери напора и предотвращает образование отложений на внутренних стенках трубы.

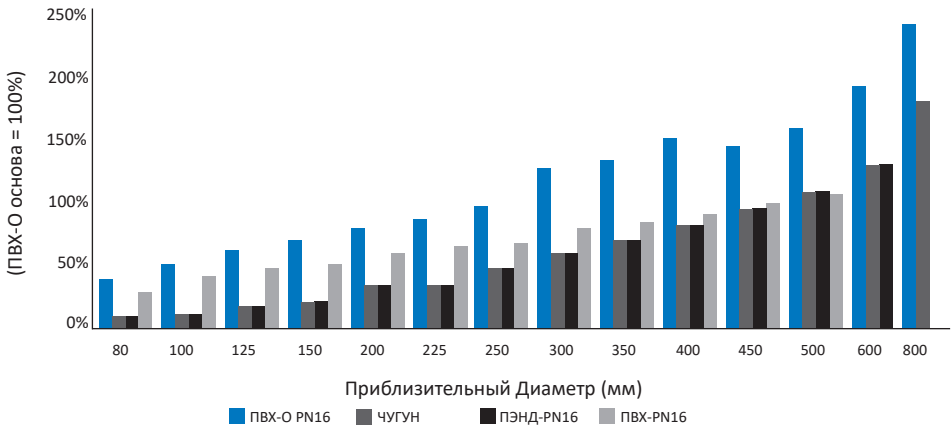
Это означает, **что пропускная способность таких труб на 15–40% выше**, чем у труб из других материалов с аналогичными внешними диаметрами.



Пропускная способность (при постоянной потере напора)

Наряду со способностью выдерживать давление, трубы должны обеспечивать возможность транспортировки наибольшего количества воды при минимальном потреблении энергии. Уменьшенная толщина стенок, по сравнению с обычными пластиковыми трубами, и сниженная внутренняя шероховатость, по сравнению с металлическими трубами, **обеспечивают наилучшую пропускную способность труб ТОМ®.**

При низкой пропускной способности приходится использовать трубы более крупного номинального диаметра, что негативно отражается на рентабельности и объеме первоначальных инфраструктурных капиталовложений. А **трубы ТОМ®** всегда обеспечивают оптимальный баланс между объемом инвестиций и пропускной способностью.



Гидравлические характеристики по отношению к стоимости трубопровода

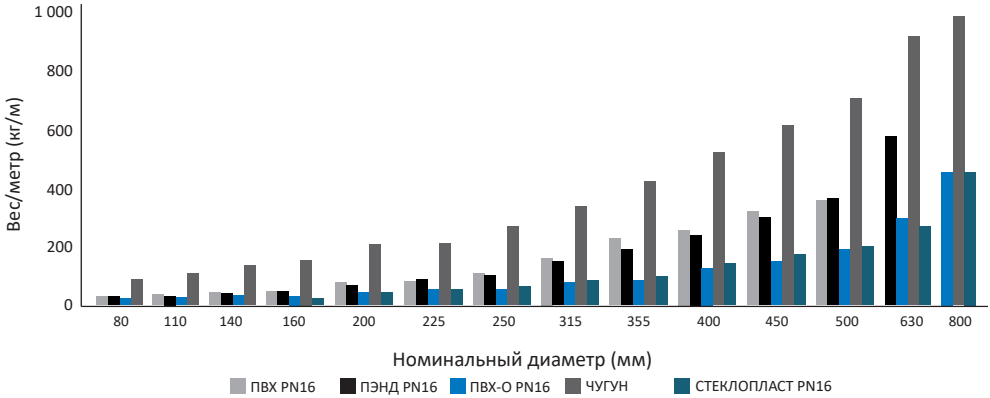
4.3.3. Герметичные соединения

У **труб ТОМ®** имеется раструб с соединительной муфтой, которая включает полипропиленовое кольцо и кромку из синтетического каучука. Кромка встроена в трубу, что предотвращает ее перемещение или свертывание во время сборки.

4.4. Легкая установка

4.4.1. Легкость, простота применения и соединения

Гибкая и простая система соединений обеспечивает простоту сборки: необходимо ввести одну трубу гладким концом в другую трубу со стороны раструба, в котором имеется каучуковый уплотнитель. **Трубы ТОМ® — это легкие, гибкие и простые в установке трубы, которые позволяют сократить трудозатраты, время работы и снизить необходимость в инструментах.**



Вес отрезков труб длиной 6м (кг) из различных материалов

ПВХ-О PN16	
DN	Вес труб длиной 5,95 м (кг)
90	7
110	10
125	11
140	15
160	19
200	28
225	35
250	44
315	70
355	88
400	112
450	142
500	175
630	278
710	358
800	449

Таблица весов труб ТОМ®

Здесь вы можете найти больше информации о преимуществах труб ТОМ® из ПВХ-О

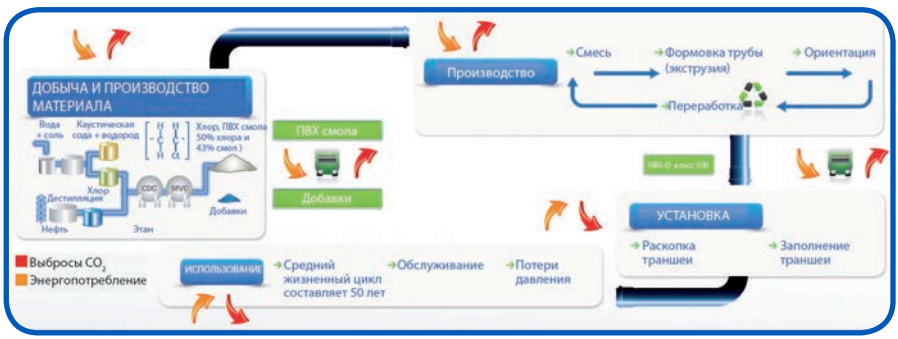
4.5. Эффективность ресурсов

4.5.1. Сырье

ПВХ на 43% состоит из этилена; это оптимизирует использование продуктов нефтехимии, необходимых для его производства. Кроме того, за счет уменьшения толщины стенок требуется меньше сырья для производства **труб с улучшенными механическими свойствами.**

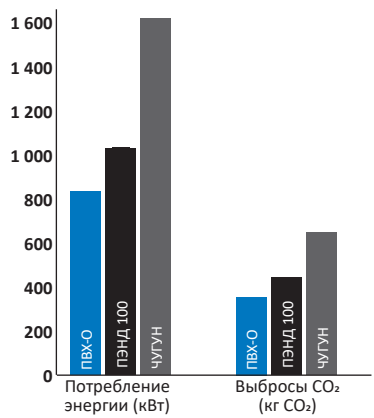
4.5.2. Энергоэффективность и углеродный след

Трубы ТОМ® обладают самым длительным сроком службы, наименьшим энергопотреблением и оставляют минимальный углеродный след, что делает их самым экологичным решением и лучшим вкладом в устойчивое развитие.



Жизненный цикл системы трубопроводов из ПВХ-О труб ТОМ®

На следующем рисунке показано количество потребляемой энергии и выбросов CO_2 на протяжении всего жизненного цикла **труб ТОМ®** согласно исследованию *"Оценка потребления энергии и выбросов CO_2, связанных с производством, использованием и утилизацией труб из ПВХ, ПЭНД, ПП, чугуна и бетона"* Политехнического университета Каталонии.



Потребляемая энергия и выбросы CO_2 для труб из разных материалов

4.5.3. Управление отходами

Трубы ТОМ® на 100% пригодны для переработки.

5. Применения (напорные водопроводные сети)

Напорные водопроводные сети транспортируют и распределяют поток с производственных точек или точек аккумулирования воды на точки водоснабжения. В сетях напорного водоснабжения, в отличие от самотечных сетей, транспортируемая жидкость полностью заполняет трубы по всему сечению и не контактирует с атмосферой, за исключением очень специфических точек (на точках водоотвода, водопотребления или на поверхностях резервуаров).

Эти трубы могут применяться в основном для:

- **Сетей питьевого водоснабжения и распределительных сетей.**
- **Сетей регенерированной воды**, воды, полученной после очистки.
- **Оросительных сетей** для парков, садов, полей для гольфа, спортивных сооружений и т.д.

5.1. Сети питьевого водоснабжения и распределительные сети

Сеть водоснабжения представляет собой набор объектов, соединяющих источники снабжения с жилыми зданиями или другими точками потребления. В зависимости от конкретной функции, они могут быть подразделены на четыре связанные сети:

- **Водосборная сеть: Набор объектов и оборудования для регулирования, отвода, откачки и транспортировки поверхностных и подземных вод на очистные сооружения**. Она включает в себя плотины, запруды, каналы, колодцы, насосные станции и трубопроводы неподготовленной воды.

- **Очистные сооружения: Комплект водоочистных сооружений и оборудования для снабжения питьевой водой в соответствии с различными нормативами для воды, предназначенной для потребления человеком.**

- **Сеть перекачки воды: Набор трубопроводов и сооружений, соединяющих водоочистные станции с распределительными сетями**. Как правило, сети перекачки воды имеют древовидную структуру и могут включать водоподъемные станции, при этом каждая ветвь заканчивается контрольной емкостью или вентилем. Сети перекачки воды обычно не прокладываются на территории города, они часто пересекают несколько муниципалитетов и не должны иметь магистральных соединений и установленных гидрантов, чтобы избежать любых эксплуатационных проблем.

- **Распределительная сеть**: **Набор трубопроводов и объектов, соединяющих водоразборные точки сети перекачки** (контрольные емкости или вентили) **с магистральными водопроводными сетями жилых районов**. За исключением случаев, когда необходимо другое, проектируется сетчатая схема водоснабжения, как правило расположенная на городских или пригородных землях в пределах одного муниципалитета. В зависимости от конструкции и эксплуатации, существуют три типа пересекающихся сетей:

- **Сеть транспортировки** : Формируется за счет набора магистральных трубопроводов, которые соединяют точки водоразбора в конце сети перекачки воды с зонами потребления при различных показателях давления на территории муниципалитета. Такая сеть обеспечивает непрерывность базовой сети водоснабжения с гидротехнической точки зрения. Номинальный диаметр труб в этой сети обычно составляет менее 315 мм. По возможности магистральные соединения и гидранты на таких сетях не устанавливаются.

- **Основная сеть**: Формируется за счет распределительных трубопроводов, на которых могут устанавливаться магистральные соединения и гидранты. Их номинальный диаметр составляет 250 мм или больше.

- **Вторичная сеть**: Это набор труб номинальным диаметром 200 мм или меньше, на которых можно устанавливать магистральные соединения.

Водоснабжение муниципалитета Карденоса (Авила)

5.2. Регенерированная вода

Сети регенерированной воды поставляют обработанную воду для орошения парков, садов, зеленых насаждений и полей для гольфа.

В зависимости от функции и типа управления, сети регенерированной воды можно подразделить на следующие категории:

- **Сеть перекачки воды:** Такая сеть состоит из набора труб, соединяющих водоспуски очистных сооружений с регулировочными емкостями и сами емкости.

- **Распределительная сеть:** Сеть включает трубы, соединяющие регулировочные емкости с водозаборными точками или магистральными трубопроводами.

- **Прикладная сеть:** Представляет собой оросительную систему в парке или частной зоне для полива растений, лугов и т.д.

Оросительное водоснабжение за счет регенерированной воды. Муниципалитет Кослада (Мадрид)

Узнайте больше о сети орошения очищенной водой, установленной в Кослада здесь

5.3. Оросительные сети

Оросительная сеть включает конструкции и оборудование, которые позволяют обеспечить полив участка земли для выращивания растений. Оросительная система включает в себя ряд компонентов, таких как разбрызгиватели, отдельные оросительные водовыпуски, оросительные, дренажные каналы, передвижные спринклеры, резервуары, насосные станции, колодцы и, конечно, трубы. Оросительная сеть не обязательно включает все эти компоненты, поскольку возможны варианты орошения поверхностными водами, дождевального или капельного орошения.

Таким образом, оросительные системы могут включать трубопроводы вплоть до орошаемых территорий (парки, сады, поля для гольфа, спортивные сооружения и т.д.), а также их продолжение в полях, включая трубопроводы для перекачки воды в резервуары, пруды и емкости.

Иными словами, сети могут состоять из самых разнообразных элементов, при этом трубопроводы, несомненно, являются их основным компонентом. С точки зрения эксплуатации трубы представляют элемент сети, который обеспечивает транспортировку воды, а остальные компоненты служат только для вспомогательных целей.

Оросительная система в Ланциего (Алава)

5.4. Напорная канализация

Это трубопроводы для транспортировки канализационных и промышленных вод, а также воды атмосферных осадков для ее повторного использования и/или сброса в окружающую среду после соответствующей очистки.

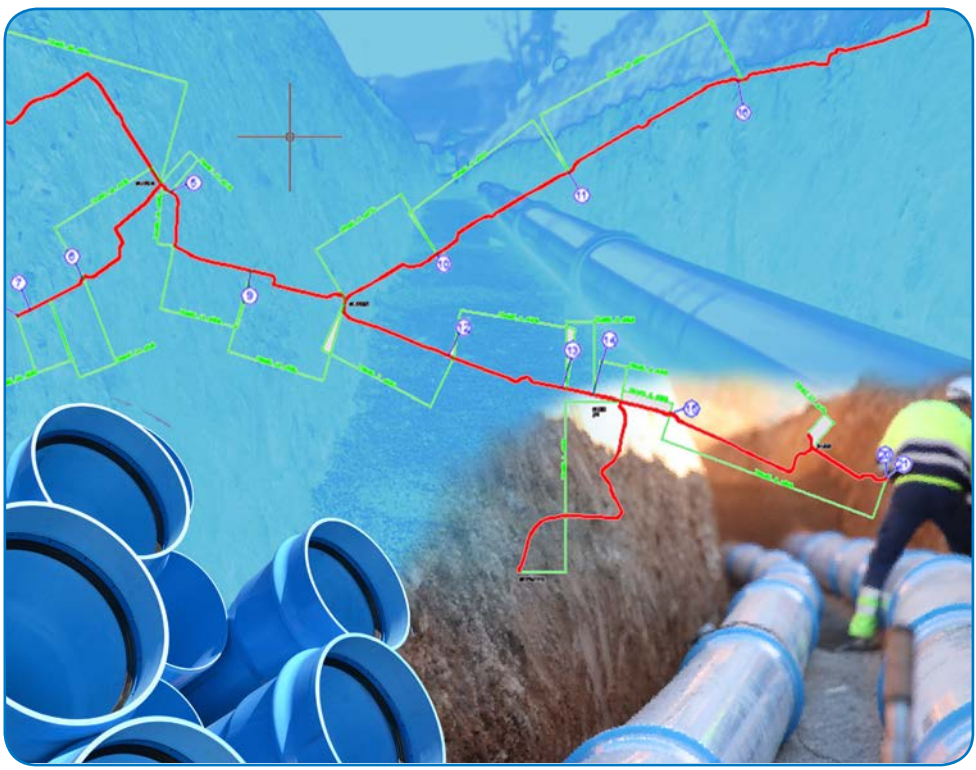
Поселение П.И. Куэста Бланка, муниципалитет Тарасона-де-ла-Манча (Альбасете)

5.5. Другие виды использования

- Трубопроводы для объектов инфраструктуры.
- Канализации.
- Системы противопожарной защиты.
- Промышленное применение.

2

Проектирование сетей



1. Гидравлические расчеты

1.1. Гидротехнические требования

Любой проект водопроводной сети основывается на расчете потребности в гидравлическом питании (Q_n) в одной или нескольких точках потребления.

Когда транспортировка воды происходит между двумя точками, характеристики потока на точке выпуска должны соответствовать требованиям, предъявляемым к параметрам потока по всей сети (Q_t). При наличии нескольких точек потребления сети водоснабжения разница в скорости потока будет зависеть от раскладки трубопровода и от необходимой скорости потока в точках потребления (Q_1, Q_2... Q_n).

Гидравлические требования будут варьироваться в зависимости от типов точек потребления:

- **Расчет водоснабжения города**, как правило, проводится на основе суточного потребления на душу населения или в разбивке по видам жилья; пиковый коэффициент и/или коэффициент одновременного использования, применяются в зависимости от количества потребителей.

- **Промышленные или сельскохозяйственные** потребности в водоснабжении будут варьироваться в зависимости от их конкретных процессов и объемов производства.

- **Ирригационные потребности** также будут варьироваться в зависимости от оросительной системы, используемой в каждом конкретном случае. Например, **спринклерное или капельное орошение**, а также организация таких систем (капельный водовыпуск, оросительные форсунки или колонки).

- В случае **противопожарных сетей или гравитационного орошения** гидранты определят скорость потока в точках потребления.

- **Заполнение резервуаров** или любое другое применение для объёмов **транспортированной воды**, которые необходимы, и время, отведенное для этого, будут определять необходимый расход.

Трубы ТОМ® из ПВХ-О

Скорость потока будет определяться в зависимости от наполнения емкостей, транспортировки воды и временных требований. Скорость потока на точках потребления (Q_n) зависит от давления в указанных точках до регулирующей арматуры. Поэтому для получения желаемой скорости потока необходимо использовать регулирующую арматуру (оросительные капельницы, распылители, вентили, регулирующие клапаны и т.д.). Чтобы получить наивысшую возможную скорость потока, регулирующую арматуру устанавливать не нужно (свободный сток). Скорость потока будет зависеть только от сечения труб и водовыпускного отверстия, а также от разницы давления в сети.

Перепад давления определяется:

- **Манометрической** разницей в насосных и самотечных трубопроводных системах.

- Давлением, производимым **насосом**, которое определяется кривой потока (Q) – давление (P) насоса.

- **Потерей напора** по длине **труб**, что также зависит от скорости потока (Q), проходящего через них

- **Локальными потерями напора** на каждом элементе сети (отводы, тройники, вентили, редукторы и т.д.).

1.2. Выбор диаметров

1.2.1. Основные аспекты и определения

В первую очередь следует упомянуть, что при любом упоминании диаметра труб этот термин следует понимать как внутренний диаметр (ID), так как это ключевое понятие, связанное с пропускной способностью труб. Таким образом, гидравлическая размерность труб определяется по диаметру.

Ниже приводится ряд основных понятий, связанных с выбором диаметров труб:

- **Внутренний диаметр (ID)**. Средний внутренний диаметр трубы в любой ее части.
- **Наружный диаметр (OD)**. Средний наружный диаметр трубы в любой ее части.
- **Номинальный диаметр (DN)**. Стандартное значение, взятое из серии общепринятых значений, характеризующих диаметры труб, и обычно приблизительно совпадающее с фактическим диаметром в миллиметрах.

Номинальный диаметр может обозначать либо внутренний (внутренний номинальный диаметр, ID), либо внешний диаметр (наружный номинальный диаметр, OD). Тем не менее, в случае труб из чугуна, бетона или стеклопластика номинальный диаметр (DN) означает внутренний диаметр, а в случае труб из стали, НПВХ, ПП, ПЭ, а также **ПВХ-О труб ТОМ®** — внешний диаметр.

1.2.2. Рекомендуемая скорость

При расчете пропускной способности любое упоминание диаметра труб следует понимать как внутренний диаметр (ID), поскольку это ключевой фактор для определения пропускной способности. Поэтому выбор размеров труб основан на расчете требуемого диаметра.

$$v = 1{,}5 \times \frac{0{,}013}{n} \times \sqrt{(ID + 0{,}05)}$$

Где:

v: Скорость потока воды в м/с

ID: Внутренний диаметр трубы в м

n: Коэффициент Маннинга (для ПВХ-О, n = 0,007 для новых труб и n = 0,009 для трубопровода в эксплуатации)

Приложение 3 "*включает коэффициенты Прандтля-Колбрука-Уайта, Хазена-Вильямса и Маннинга*" с различными значениями n в зависимости от материала.

Ниже приведено сравнение максимальных рекомендуемых скоростей потока для всего ассортимента **ПВХ-О труб ТОМ® класса 500** PN16, труб из чугуна K9 и ПЭ 100 PN16:

K9 ЧУГУН ТРУБЫ			
Номинальный Диаметр (DN)	Внутренний Диаметр (ID)	Макс. скорость (м/с)	Макс. расход л/с
100	95,90	0,60	4,30
125	121,60	0,60	7,00
150	147,30	0,60	10,20
200	198,90	0,60	18,60
250	249,90	0,63	30,80
300	300,90	0,68	48,30
350	349,70	0,73	69,60
400	399,70	0,77	96,50
450	449,50	0,81	128,70
500	500,50	0,85	167,40
600	601,30	0,93	263,00
800	800,00	1,06	531,80

ПЭ100 PN16			
Номинальный Диаметр (DN)	Внутренний Диаметр (ID)	Макс. скорость (м/с)	Макс. расход л/с
90	73,60	0,76	расход
110	90,00	0,81	л/с
140	114,60	0,88	9,10
160	130,80	0,92	12,40
200	163,60	1,0	21,00
225	184,00	1,05	27,90
250	204,60	1,09	35,90
315	257,80	1,20	60,70
355	290,60	1,26	83,80
400	327,40	1,33	112,10
450	368,20	1,40	149,20
500	409,20	1,47	190,10
630	515,60	1,63	340,10

ПВХ-О трубы класса 500, PN16			
Номинальный Диаметр (DN)	Внутренний Диаметр (ID)	Макс. скорость (м/с)	Макс. расход л/с
90	84,00	0,79	4,40
110	104,00	0,85	7,22
125	117,80	0,89	9,67
140	132,40	0,93	12,70
160	151,40	0,97	17,50
200	189,20	1,06	29,80
225	212,80	1,11	39,50
250	236,40	1,16	50,90
315	298,00	1,28	89,10
355	336,00	1,35	119,30
400	378,40	1,42	159,50
450	426,00	1,50	213,10
500	472,80	1,57	275,10
630	595,80	1,74	485,40
710	671,40	1,84	651,53
800	757,80	1,95	878,10

По формуле Маннинга проводится расчет аналогичных потерь напора для всех материалов и диаметров. При таких расчетах берется большой допуск на погрешность. В случаях, когда полученная скорость составляет менее 0,6 м/с, значение скорости потока будет соответствовать указанной скорости.

$$v = 1{,}5 \times \frac{0{,}013}{n} \times \sqrt{(ID + 0{,}05)}$$

Обычно скорость устанавливается между 0,6 и 2,0 до 2,5 м/с, чтобы избежать отложений, предотвратить гидроудар и высокие потери напора.

Рекомендуемая скорость на насосных станциях составляет от 0,8 до 1,4 м/с.

Для канализационных систем при определении скорости потока нужно учитывать следующее:

- **Максимальную расчетную скорость потока.**
  В соответствии с максимальной расчетной скоростью потока (Qmax), обычная скорость потока воды не должна подниматься выше 3 м/с, а пиковые значения при любых обстоятельствах не должны превышать 5 м/с.

- **Минимальную расчетную скорость потока.**
  В соответствии с минимальной расчетной скоростью потока (Qmin) скорость потока воды никогда не должна опускаться ниже 0,6 м/с.

Важно отметить, что для этой сферы применения необходимо тщательно подбирать размеры труб и номинальное давление в соответствии с пиковыми нагрузками при запуске и отключении системы. Установленные предохранительные устройства должны предотвращать возникновение низкого избыточного давления, кроме того, необходимо обеспечить подходящие сливные отверстия для сточных вод.

К сетям самотечной канализации могут применяться другие требования из-за конструктивных ограничений, так как они могут работать под давлением только при необходимости. Поэтому даже при случайном повышении скорости потока стандартная допустимая скорость должна составлять 3 м/с или ниже, и никогда не должна превышать 5 м/с.

1.2.3. Сети с одним водовыпуском

• Общие данные

Во-первых, необходимо рассмотреть различные водные режимы:

- **Переменный или непостоянный поток:** Скорость в заданной точке изменяется со временем.
- **Неизменный или постоянный поток:** Скорость в заданной точке не изменяется со временем.
- **Неравномерный поток:** В заданный момент времени в различных точках наблюдается различная скорость.
- **Равномерный поток:** Скорость в заданное время одинакова в различных точках.

Затем следует рассмотреть гидравлические аспекты:

- **Поток под давлением:** Замкнутые сети, где вода полностью заполняет сечение труб и оказывает давление на внутреннюю поверхность труб, при этом такое давление выше гидростатического. Наглядным примером служат стандартные водораспределительные сети в городских районах, в которых используется большинство **ПВХ-О труб ТОМ®**: трубы для питьевого водоснабжения, регенерированной воды, орошения и т.д.

- **Открытый или безнапорный поток:** Открытые проводящие сети, например, каналы или закрытые трубы, где вода не заполняет сечение трубы полностью. Часть трубы заполняется воздухом при атмосферном давлении, то есть образуется профиль гидростатического давления воды. Этот тип потока наблюдается в канализационных сетях и в некоторых сетях с использованием **ПВХ-О труб ТОМ®.**

Основное внимание в данном руководстве будет уделено гидравлическим расчетам для напорных систем, работающих в постоянном режиме. Будут рассматриваться сети с одним водоспуском (гравитационные и насосные системы) и с несколькими водоспусками (ячеистые, разветвленные и смешанные сети).

При расчете диаметра **ПВХ-О труб ТОМ®** необходимо учитывать следующие аспекты:

- Гидравлические параметры: Для гравитационных систем: расход, потеря напора и скорость

- Оптимальные гидравлические и финансовые параметры для насосных систем: Стоимость электроэнергии для эксплуатации насосов и стоимость амортизации объектов.

- В зависимости от условий эксплуатации, необходимо рассчитать риски гидроудара, кавитации и истирания, а также установить соответствующие средства защиты.

• Самотечная система трубопроводов

Самотечные трубопроводы работают следующим образом: Из природного или искусственного резервуара на уровне H2, вода самотеком подается во все точки H1 ниже уровня H2 без перекачки. Жидкость транспортируется за счет разницы давления.

Формула для расчета скорости потока по отношению к расходу:

$$Q = v \cdot \text{Секция} = v \cdot \pi \frac{ID^2}{4} \cdot 10^3$$

Q: Расход в зависимости от требований к объему водоснабжения, л/с

v: Скорость движения воды в трубе, в м/с

ID: Внутренний диаметр трубы, м

$$\Delta H_g \ (H_{\text{геометрич}}) = H_2 - H_1$$

Схема водовода под действием силы тяжести

Постоянную **потерю напора** необходимо рассчитывать по универсальной формуле Дарси-Вейсбаха:

$$J = \frac{\Delta H_c}{L} = \frac{f}{ID} \times \frac{v^2}{2g}$$

Где:

J: Постоянная потеря напора на единицу длины, в мм

v: Скорость потока воды в м/с

ΔH_c: Постоянная потеря напора, м

L: Длина секции, в м

ID: Внутренний диаметр трубы, в м

g: Ускорение свободного падения, м/с²

f: Коэффициент потери напора на единицу длины (или коэффициент трения), без указания размеров

Наиболее часто используются формулы Хазена-Вильямса и Маннинга. Эти формулы не включают параметр (f), ранее упоминаемый в формуле Дарси-Вейсбаха.

Потерю напора согласно Прандтлю-Колбруку-Уайту можно рассчитать посредством двух формул: первая без параметра (f) (2-й пункт) или последняя с параметром (f) (4-й пункт). В данном руководстве будут применены формулы, приведенные в пункте 2.

1. **Формула Хазена-Вильямса:**

$$V = 0{,}36 \cdot C \cdot ID^{0{,}63} \cdot J^{0{,}54}$$

2. **Формула Прандтля-Колбрука-Уайта:**

$$v = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot ID} \cdot \log\left(\frac{k_a}{3{,}71 \cdot ID} + \frac{2{,}51 \cdot V_c}{ID \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot ID \cdot J}} \right)$$

3. **Формула Маннинга:**

$$J = \frac{6{,}35 \cdot v^2 \cdot n^2}{ID^{4/3}}$$

Так как внутренние стенки ПВХ-О труб совершенно гладкие, потеря напора или энергии на единицу длины (f) согласно формуле Дарси-Вейсбаха может быть рассчитана с помощью следующих эмпирических выражений:

4. **Формула Прандтля-Колбрука-Уайта:**

$$f = \frac{0{,}25}{\left[\log\left(\frac{2{,}51}{R_e \cdot \sqrt{f}}\right)\right]^2}$$

5. **Формула Блазиуса:**

$$f = 0{,}316 \cdot R_e^{-0{,}25}$$

Где:

$$R_e = \frac{v\ ID}{v_c}$$

v: Скорость потока воды в м/с

c: Коэффициент Шероховатости по Хазену-Вильямсу (для ПВХ-О трубы TOM® C = 150 для новых труб и C = 140 для труб в эксплуатации)

ID: Внутренний диаметр трубы в м

J: Постоянная потеря напора на единицу длины, в м/м

K_a: Абсолютная шероховатость в м (для ПВХ-О труб TOM® $K_a = 0{,}003 \cdot 10^{-3}$ м для новых труб и ka = $0{,}007 \cdot 10^{-3}$ м для труб в эксплуатации)

n: Коэффициент шероховатости Маннинга. Для ПВХ-О труб TOM® n = 0,007 для новых труб и n = 0,009 для трубопровода в эксплуатации)

f: Коэффициент потери напора на единицу длины (коэффициент трения), безразмерная величина

R_e: Число Рейнолда, безразмерная величина

v_c: Кинематическая вязкость в $м^2/с$ ($1{,}01 \times 10^{-6}$, для воды при температуре 20 °C)

Приложение 3 *"Коэффициенты Прандтля-Колбрука-Уайта, Хазена-Вильямса и Маннинга"* приводят к получению различных предельных значений для новых труб и труб в эксплуатации, а коэффициент шероховатости зависит от типа материала и используемой формулы расчета потери напора.

В дополнение **к непрерывной потере потока** из-за трения, необходимо вычислить локализованные потери напора (ΔH_l) на фитингах, которые будут значительными при большом количестве фитингов или если трубы относительно короткие. Такие потери можно рассчитывать как коэффициент k_l в выражении $V^2/2g$ или как эквивалент длины.

Коэффициент K не имеет размерности, зависит от единичных значений и средней скорости внутри трубы.

В данном руководстве потеря напора будет рассчитываться как коэффициент k_l в выражении $V^2/2g$:

$$\Delta H_l = k_l \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Следовательно, общие локальные потери составят:

$$\Delta H_{TL} = \sum_1^n \Delta H_l$$

Существует три различные причины гашения энергии потока:

- Сужающиеся и расширяющиеся секции.
- Изменение направления или утечки.
- Препятствия (вентили или стопорные краны).

Приложение 2 *"Коэффициенты локальных потерь напора (k_l)"* включает соответствующий коэффициент локальных потерь напора k_l в выражении $V^2/2g$ для указанных трех причин гашения энергии потока.

Тем не менее, следует учитывать следующее для более общей оценки потерь напора:

- Потерю напора на вентиле в 10-метровой прямой трубе с тем же диаметром, что и у фитинга, можно считать эквивалентной.
- В зависимости от длины и количества единичных значений можно рассмотреть общее приращение длины на 10-20%.

При этом, формула для расчета общей потери напора будет выглядеть следующим образом:

$$\Delta H_T = \Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$$

Трубы ТОМ® из ПВХ-О

Пример №1

Дана емкость, установленная на высоте 150 м, из которой необходимо обеспечить подачу воды со скоростью потока 25 л/с на высоту 50 м через трубопровод длиной 2000 м. Какой тип трубы потребуется (DN и PN) при постоянном уровне воды в емкости, равном 15 м?

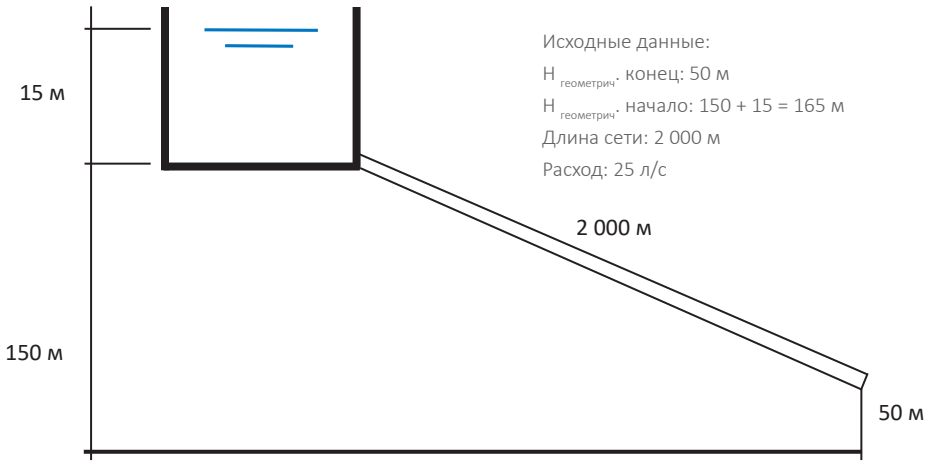


Схема существующего проекта №1

Расчет общей потери напора:

- Вычисление разницы в манометрический высоте:

$\Delta H_g = H_{геометрия}$ начало - $H_{геометрия}$ конец: = 165 – 50 = 115 m

- Расчет постоянной потери напора J (см. стр. 28):

В соответствии с формулой Дарси-Вейсбаха, используемой для расчета постоянной потери напора, и описанных выше формул для расчета коэффициентов потери напора, следующие результаты были получены как для новых труб, так и для трубопроводов в эксплуатации. За основу расчета были взяты **ПВХ-О трубы ТОМ®** DN160 PN16 и DN200 PN16.

	Трубы		ПВХ-О 160 PN16	ПВХ-О 200 PN16
ID	Внутренний диаметр	мм	151,4	189,2
L	Длина	м	2 000	2 000
Q	Расход воды	л/с	25,0	25,0
v	Скорость	м/с	1,39	0,89
v	Максимальная рекомендуемая скорость	м/с	0,97	1,06
ΔH_g		мвс	115	115
ΔH_c				

	Потеря напора (по Хазену-Вильямсу)		ПВХ-О 160 PN16	ПВХ-О 200 PN16
C	С. Формула Хазена-Вильямса (новая труба)	-	150	150
C	С. Формула Хазена-Вильямса (труба в эксплуатации)	-	140	140
J	Потеря напора (новая труба)	м/км	10,55	3,56
ΔH_c	Потеря напора (новая труба)	мвс	21,1	7,1
J	Потеря напора (труба в эксплуатации)	м/км	11,99	4,05
ΔH_c	Потеря напора (труба в эксплуатации)	мвс	24,0	8,1

	Потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)		ПВХ-О 160 PN16	ПВХ-О 200 PN16
k	Абсолютная шероховатость (новая труба)	мм	0,003	0,003
k	Абсолютная шероховатость (труба в эксплуатации)	мм	0,007	0,007
v	Кинематическая вязкость	$м^2$/сек	$1,31E^{-06}$	$1,31E^{-06}$
J	Потеря напора (новая труба)	м/км	10,69	3,66
ΔH_c	Потеря напора (новая труба)	мвс	21,39	7,32
J	Потеря напора (труба в эксплуатации)	м/км	10,81	3,69
ΔH_c	Потеря напора (труба в эксплуатации)	мвс	21,63	7,38
ΔH_{TL}	Локальные потери напора несущественны			

Общая потеря напора (по Хазену-Вильямсу)		ПВХ-О 160 PN16	ПВХ-О 200 PN16
Новая труба			
ΔH_T $\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	136,1	122,1
Рабочее давление	Бар	13,3	12,0
Трубопровод в эксплуатации			
ΔH_T $\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	139,0	123,1
Рабочее давление	Бар	13,6	12,1

Общая потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)		ПВХ-О 160 PN16	ПВХ-О 200 PN16
Новая труба			
ΔH_T $\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	136,6	122,4
Рабочее давление	Бар	13,4	12,0
Трубопровод в эксплуатации			
ΔH_T $\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	136,4	122,3
Рабочее давление	Бар	13,4	12,0

Выводы:

Выбрана труба DN200 мм, поскольку скорость потока в ней меньше максимального рекомендуемого значения. Аналогично, по результатам расчетов номинальное давление трубы должно быть PN16.

Установка Труб ТОМ® из ПВХ-О

Пример №2

Дана емкость, установленная на высоте 85 м, из которой необходимо обеспечить подачу воды со скоростью потока в 40 л/с на высоту 20 м через трубопровод длиной 1000 м. Какой тип трубы потребуется для постоянного уровня воды в емкости, равного 15 м? Выбор необходимого материала и диаметра.

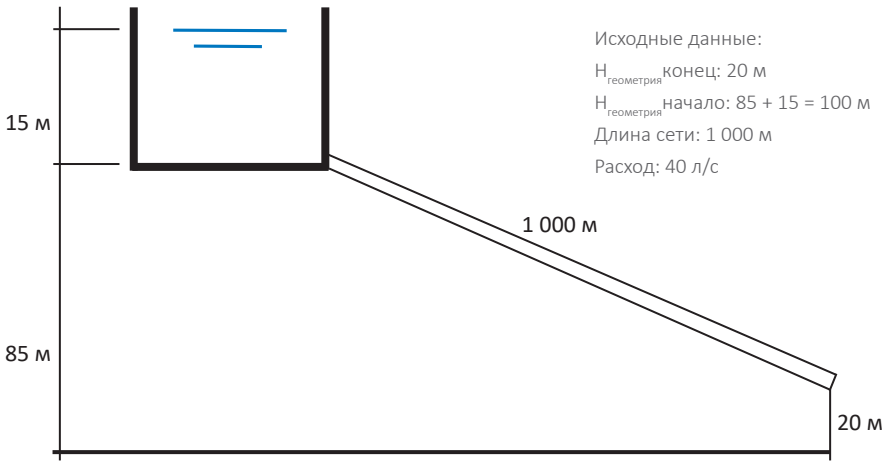


Схема существующего проекта №2

Для расчета используются следующие фитинги: отводы на 20°, 40° и 90°, входные-выходные фитинги, кран-бабочка (20°) и шаровой кран (10°).

Трубы			ПЭ100 PN16			
			DN200	DN225	DN250	DN315
ID	Внутренний диаметр	мм	163,6	184,0	204,6	257,8
L	Длина	м	1 000	1 000	1 000	1 000
Q	Расход воды	л/с	40,0	40,0	40,0	40,0
v	Скорость	м/с	1,90	1,50	1,22	0,77
v	Максимальная рекомендуемая скорость	м/с	1,00	1,05	1,09	1,20
ΔH_g		мвс	80	80	80	80
ΔH_c						

Установка Труб TOM® из ПВХ-О

Чугун К9				ПВХ-О PN16			
DN200	DN250	DN300	DN350	DN200	DN225	DN250	DN315
198,9	249,9	300,9	349,7	189,2	212,8	236,4	298,0
1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
1,29	0,82	0,56	0,42	1,42	1,12	0,91	0,57
0,60	0,63	0,68	0,73	1,06	1,11	1,16	1,28
80	80	80	80	80	80	80	80

Трубы			ПЭ100 PN16			
			DN200	DN225	DN250	DN315
Потеря напора (по Хазену-Вильямсу)						
C	С. Формула Хазена-Вильямса (новая труба)	-	150	150	150	150
C	С. Формула Хазена-Вильямса (труба в эксплуатации)	-	140	140	140	140
J	Потеря напора (новая труба)	м/км	17,28	9,75	5,81	1,89
ΔH_c	Потеря напора (новая труба)	мвс	17,28	9,75	5,81	1,89
J	Потеря напора (труба в эксплуатации)	м/км	19,63	11,08	6,61	2,14
ΔH_c	Потеря напора (труба в эксплуатации)	мвс	19,63	11,08	6,61	2,14

Трубы			ПЭ100 PN16			
			DN200	DN225	DN250	DN315
Потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)						
k	Абсолютная шероховатость (новая труба)	мм	0,005	0,005	0,005	0,005
k	Абсолютная шероховатость (труба в эксплуатации)	мм	0,030	0,030	0,030	0,030
v	Кинематическая вязкость	$м^2$/сек	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$

Трубы			ПЭ100 PN16			
			DN200	DN225	DN250	DN315
J	Потеря напора (новая труба)	м/км	17,37	9,84	5,90	1,94
ΔH_c	Потеря напора (новая труба)	мвс	17,37	9,84	5,90	1,94
J	Потеря напора (труба в эксплуатации)	м/км	18,72	10,48	6,22	2,01
ΔH_c	Потеря напора (труба в эксплуатации)	мвс	18,72	10,48	6,22	2,01
Q	Расход (новая труба)	$м^3$/ч	144,0	144,0	144,0	144,0
Q	Расход (новая труба)	л/с	40,0	40,0	40,0	40,0
Q	Расход (труба в эксплуатации)	$м^3$/ч	144,0	144,0	144,0	144,0
Q	Расход (труба в эксплуатации)	л/с	40,0	40,0	40,0	40,0
ΔH_{TL}						

Чугун К9				ПВХ-О PN16			
DN200	DN250	DN300	DN350	DN200	DN225	DN250	DN315
Потеря напора (по Хазену-Вильямсу)							
130	130	130	130	150	150	150	150
100	100	100	100	140	140	140	140
8,70	2,86	1,16	0,56	8,51	4,80	2,88	0,93
8,70	2,86	1,16	0,56	8,51	4,80	2,88	0,93
14,14	4,65	1,88	0,90	9,67	5,45	3,27	1,06
14,14	4,65	1,88	0,90	9,67	5,45	3,27	1,06

Чугун К9				ПВХ-О PN16			
DN200	DN250	DN300	DN350	DN200	DN225	DN250	DN315
Потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)							
0,030	0,030	0,030	0,030	0,003	0,003	0,003	0,003
0,200	0,200	0,200	0,200	0,007	0,007	0,007	0,007
$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$	$1{,}31E^{-06}$

Чугун К9				ПВХ-О PN16			
DN200	DN250	DN300	DN350	DN200	DN225	DN250	DN315
7,14	2,34	0,95	0,46	8,55	4,86	2,93	0,96
7,14	2,34	0,95	0,46	8,55	4,86	2,93	0,96
8,95	2,79	1,09	0,51	8,65	4,90	2,95	0,97
8,95	2,79	1,09	0,51	8,65	4,90	2,95	0,97
144,0	144,0	144,0	144,0	144,0	144,0	144,0	144,0
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
144,0	144,0	144,0	144,0	144,0	144,0	144,0	144,0
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
ΔH_{TL}							

Трубы			ПЭ100 PN16			
			DN200	DN225	DN250	DN315
Фитинги	Значение K_l	Количество	Потеря напора (мвс)			
Впуск-выпуск	0,5	1	0,092	0,058	0,038	0,015
20° отводы	0,38	2	0,140	0,088	0,057	0,023
40° отводы	0,62	2	0,229	0,143	0,094	0,037
90° отводы	1	1	0,185	0,115	0,076	0,030
Краны-бабочки (20°)	1,54	1	0,284	0,178	0,116	0,046
Шаровой кран (10°)	0,29	1	0,054	0,033	0,022	0,009
ИТОГО			0,985	0,615	0,403	0,160

Трубы			ПЭ100 PN16			
			DN200	DN225	DN250	DN315
Общая потеря напора (по Хазену-Вильямсу)						
Новая труба						
ΔH_T	$\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	98,3	90,4	86,2	82,0
Рабочее давление		Бар	9,6	8,9	8,5	8,0
Трубопровод в эксплуатации						
ΔH_T	$\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	100,6	91,7	87,0	82,3
Рабочее давление		Бар	9,9	9,0	8,5	8,1

Трубы			ПЭ100 PN16			
			DN200	DN225	DN250	DN315
Общая потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)						
Новая труба						
ΔH_T	$\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	98,4	90,5	86,3	82,1
Рабочее давление		Бар	9,6	8,9	8,5	8,1
Трубопровод в эксплуатации						
ΔH_T	$\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	99,7	91,1	86,6	82,2
Рабочее давление		Бар	9,8	8,9	8,5	8,1

Чугун К9				ПВХ-О PN16			
DN200	DN250	DN300	DN350	DN200	DN225	DN250	DN315
Потеря напора (мвс)							
0,042	0,017	0,008	0,004	0,052	0,032	0,021	0,008
0,064	0,026	0,012	0,007	0,078	0,049	0,032	0,013
0,105	0,042	0,020	0,011	0,128	0,080	0,053	0,021
0,085	0,034	0,016	0,009	0,103	0,065	0,042	0,017
0,130	0,052	0,025	0,014	0,159	0,099	0,065	0,026
0,025	0,010	0,005	0,003	0,030	0,019	0,012	0,005
0,451	0,181	0,086	0,047	0,550	0,344	0,226	0,089

Чугун К9				ПВХ-О PN16			
DN200	DN250	DN300	DN350	DN200	DN225	DN250	DN315
Общая потеря напора (по Хазену-Вильямсу)							
89,1	83,0	81,2	80,6	89,1	85,1	83,1	81,0
8,7	8,1	8,0	7,9	8,7	8,3	8,1	7,9
94,6	84,8	82,0	81,0	90,2	85,8	83,5	81,1
9,3	8,3	8,0	7,9	8,8	8,4	8,2	8,0

Чугун К9				ПВХ-О PN16			
DN200	DN250	DN300	DN350	DN200	DN225	DN250	DN315
Общая потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)							
87,6	82,5	81,0	80,5	89,1	85,2	83,2	81,1
8,6	8,1	7,9	7,9	8,7	8,4	8,2	8,0
89,4	83,0	81,2	80,6	89,2	85,2	83,2	81,1
8,8	8,1	8,0	7,9	8,7	8,4	8,2	8,0

• Насосная система. Пример

Если перепада давления недостаточно, для достижения желаемой скорости потока в точке доставки может потребоваться насосная система. Насосная система должна обеспечивать необходимый напор для транспортировки воды.

Основные учетные данные включают значения скорости потока воды — они используются для определения стоимости проекта. Прочие факторы, которые необходимо учитывать, включают диаметр труб (ID), скорость транспортировки, потери напора в зависимости от скорости, давления в точке доставки и мощности насосного агрегата.

В разделе *"Самотечная система трубопроводов"* страница 27 уже указаны все данные по расходу (Q), коэффициенту потерь напора (J), постоянной потере напора (ΔH_c) и локальным потерям напора (ΔH_{TL}). Эти же факторы применимы к насосной системе:

$$\Delta H_T = \Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$$

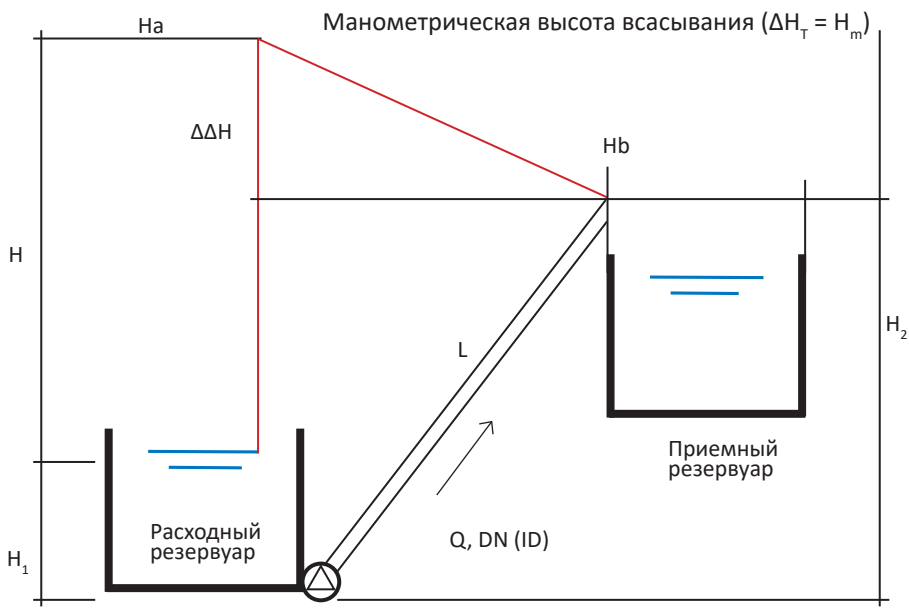


Схема водовода с насосной прокачкой

Пример №1

Допустим, что вам необходимо обеспечить транспортировку воды из емкости, расположенной на высоте 90 м, в другой бак, расположенный на высоте 200 м, со скоростью потока 30 л/сек. Уровень воды в резервуаре должен оставаться постоянным = 10 м, а длина трубы составляет 2 000 м. Нужно рассчитать требуемый диаметр трубы, номинальное давление и необходимую мощность насоса, расположенного на выходе из резервуара, при условии, что КПД насоса составляет η = 75%.

Рассмотрим локальные потери напора с учетом следующего:

Фитинги	№
Впуск-выпуск	1
20° отводы	5
40° отводы	4
90° отводы	8
Кран-бабочка (20°)	2
Шаровой кран	1

Исходные данные		
Длина	м	2 000
Нижний уровень воды	м	90
Верхний уровень воды	м	200
Расход воды	м³/с	0,03
Расход воды	м³/ч	108,0
Расход воды	л/с	30,0
Эффективность насоса	%	75

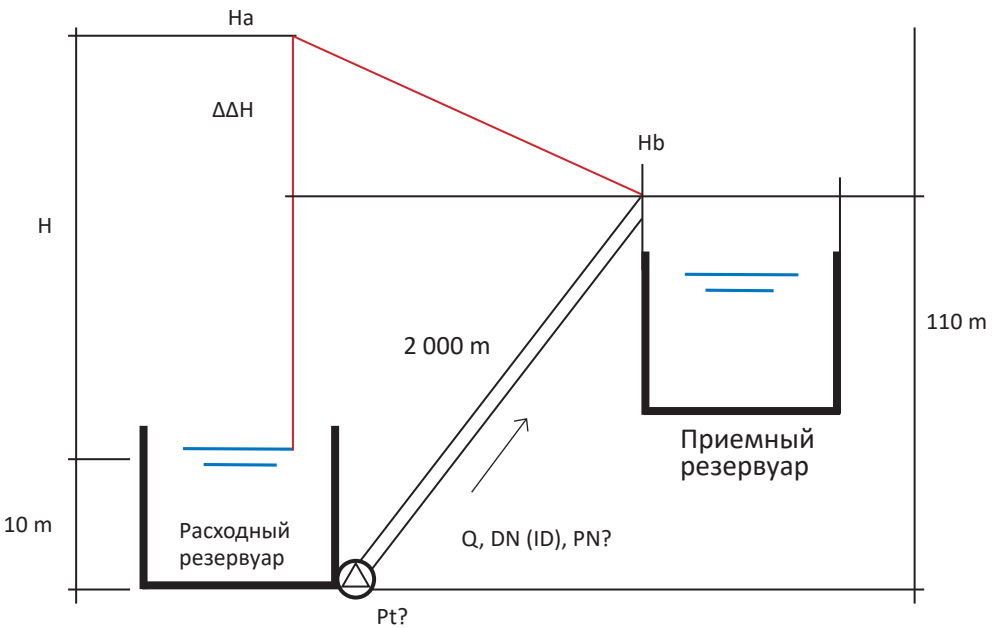


Схема существующего проекта

Трубы			Чугун DN200 k9	ПВХ-О 200 PN16	ПВХ-О 225 PN16
ID	Внутренний диаметр	мм	198,9	189,2	212,8
L	Длина	м	2 000	2 000	2 000
Q	Расход воды	л/с	30,0	30,0	30,0
v	Скорость	м/с	0,97	1,07	0,84
v	Максимальная рекомендуемая скорость	м/с	0,6	1,0	1,1
ΔHg		мвс	110	110	110
ΔH_c					

Потеря напора (по Хазену-Вильямсу)			Чугун DN200 k9	ПВХ-О 200 PN16	ПВХ-О 225 PN16
C	Потеря напора (новая труба)	-	130	150	150
C	С по Хазену-Вильямсу (рабочая t.)	-	100	140	140
J	Потеря напора (новая труба)	м/км	5,10	5,00	2,82
H_m	Потеря напора (новая труба)	мвс	10,21	9,99	5,6
J	Потеря напора (труба в эксплуатации)	м/км	8,30	5,68	3,20
ΔH_c	Потеря напора (труба в эксплуатации)	мвс	16,59	11,35	6,40

Потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)			Чугун DN200 k9	ПВХ-О 200 PN16	ПВХ-О 225 PN16
k	Абсолютная шероховатость (труба в эксплуатации)	мм	0,200	0,007	0,007
v	Кинематическая вязкость	$м^2$/сек	$1{,}01E^{-06}$	$1{,}01E^{-06}$	$1{,}01E^{-06}$
J	Потеря напора (новая труба)	м/км	-	4,84	2,75
H_m	Потеря напора (новая труба)	мвс	-	9,67	5,49
J	Потеря напора (труба в эксплуатации)	м/км	5,04	4,89	2,77
H_m	Потеря напора (труба в эксплуатации)	мвс	10,08	9,78	5,54
ΔH_{TL}					

Фитинги	Значение K_l	Количество	Чугун DN200 k9	ПВХ-О 200 PN16	ПВХ-О 225 PN16
			Локальная потеря напора (мвс)		
Впуск-выпуск	0,500	1	0,024	0,029	0,018
Отводы на 20°	0,380	5	0,090	0,110	0,069
Отводы на 40°	0,620	4	0,118	0,144	0,090
Отводы на 90°	1,000	8	0,381	0,465	0,290
Краны-бабочки (20°)	1,540	2	0,146	0,179	0,112
Шаровой кран (10°)	0,290	1	0,014	0,017	0,011
ИТОГО		мвс	0,773	0,944	0,590

Трубы			Чугун DN200 k9	ПВХ-О 200 PN16	ПВХ-О 225 PN16
Общая потеря напора (по Хазену-Вильямсу)					
Трубопровод в эксплуатации					
H_m	$\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	127,36	122,29	116,99
H_b	Высота нагнетания насоса	мвс	127,0	122,0	117,0
Общая потеря напора (по Прандтлю-Колбруку)					
Трубопровод в эксплуатации					
H_m	$\Delta H_g + \Delta H_c + \Delta H_{TL}$	мвс	120,86	120,72	116,13
H_b	Высота нагнетания насоса	мвс	121,0	121,0	116,0
Требуемая мощность насоса (по Хазену-Вильямсу)					
$P_t = \gamma \cdot Q \cdot H_b / \eta \cdot 75$					
Трубопровод в эксплуатации					
P_t	Необходимая мощность	ЛС	67,73	65,07	62,40
Необходимая мощность насоса (по Прандтлю-Колбруку)					
Трубопровод в эксплуатации					
P_t	Необходимая мощность	ЛС	64,53	64,53	61,87

Этот пример показывает, как **ПВХ-О трубы** обеспечивают превосходные условия с точки зрения сокращения потерь напора и насосной мощности по сравнению с чугунными трубами аналогичного диаметра.

1.2.4. Сеть с несколькими точками доставки

- **Критерии выбора размеров и классификации**

После определения различных компонентов распределительной сети (см. раздел "*Приложения*" страница 17), необходимо подобрать их размеры исходя из следующих критериев:

- **Подходящая скорость потока**, согласно раздел 1.2.2 "*Рекомендуемые скорости*".
- **Необходимый диапазон давлений** — см. раздел 1.3 "*Как выбрать номинальное давление*" страница 70. Для проведения расчетов необходимы следующие данные: высота установки резервуара относительно водозабора, высота слоя воды, потери напора в трубах и фитингах, высота воды на входе и необходимое давление в точке питания.
- **Требуемые объемы транспортировки.** Расход распределительной сети должен соответствовать самым высоким объемам потребления (где коэффициент пиковой нагрузки представляет соотношение между максимальным почасовым потреблением в дни максимального потребления и средним почасовым потреблением в дни среднего потребления), необходимо учесть водоразборные краны. Размеры водопроводных труб можно подбирать исходя из наименьшего расхода в часы пиковых нагрузок

Критерии классификации сетей с несколькими точками доставки:

- **Компоновка:** разветвленные, замкнутые и смешанные сети.

- **Диапазон давления**: один, два уровня давления и сеть с насосной системой. Многоуровневые сети часто используются в больших городах или населенных пунктах в холмистой местности. В этих случаях разница высот обычно влияет на максимальное давление сети.
- **В зависимости от типа сетей:** для питьевого, промышленного водоснабжения и т.д., также сооружаются сети для целей ирригации и очистки дорог с использованием регенерированных сточных вод.

Все вышеперечисленные сети, независимо от их типа, состоят из узлов и линий:

- **Узлы** представляют особый интерес. Они могут включать точки потребления, точки входа/выхода в подсистему или просто точки соединения труб с другими элементами сети.

- **Сети** состоят из элементов, рассеивающих энергию жидкости (пассивные элементы), таких как трубы, регулирующие вентили и т.д., или элементов, передающих энергию жидкости (активных элементов), таких как насосы

- **Разветвленная сеть. Пример**

Вода протекает через разветвленную сеть в одном направлении. Такие сети напоминают ветви деревьев, поэтому их часто называют древовидными. Разветвленная система состоит из главной трубы и труб меньшего размера, ответвляющихся от главной. В зависимости от диаметра труб, участки системы можно классифицировать как первичные, вторичные или третичные и т.д. Вода на каждую точку сети подается только с одной стороны, что облегчает расчеты по сравнению с замкнутыми сетями. В связи со структурой сети при наличии пробоя на конкретной трубе поставка воды прекращается на все последующие секции ответвления.

Разветвленные сети часто используются в небольших городах, где тупиковые звенья сети часто пропускаются из-за их значительной стоимости.

Применение таких сетей зачастую рекомендуется для городов с населением до 1 000 жителей при линейном плане городской застройки. Длина основного трубопровода не должна превышать 1 000 м, а длина ответвлений — 300 м. При необходимости использования труб крупных размеров на концах трубопровода должны быть установлены специальные фитинги для проведения обслуживания и очистки системы.

Трубы ТОМ® из ПВХ-О

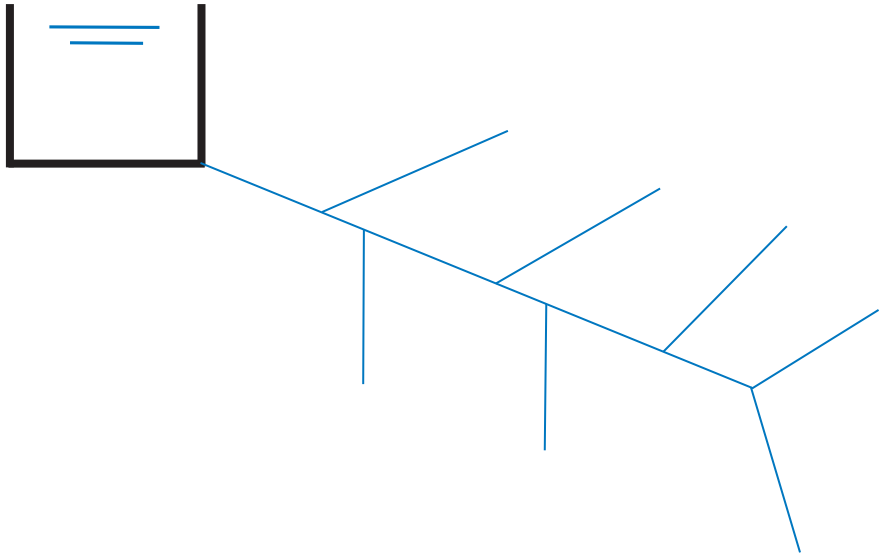


Схема разветвленной сети

Пример

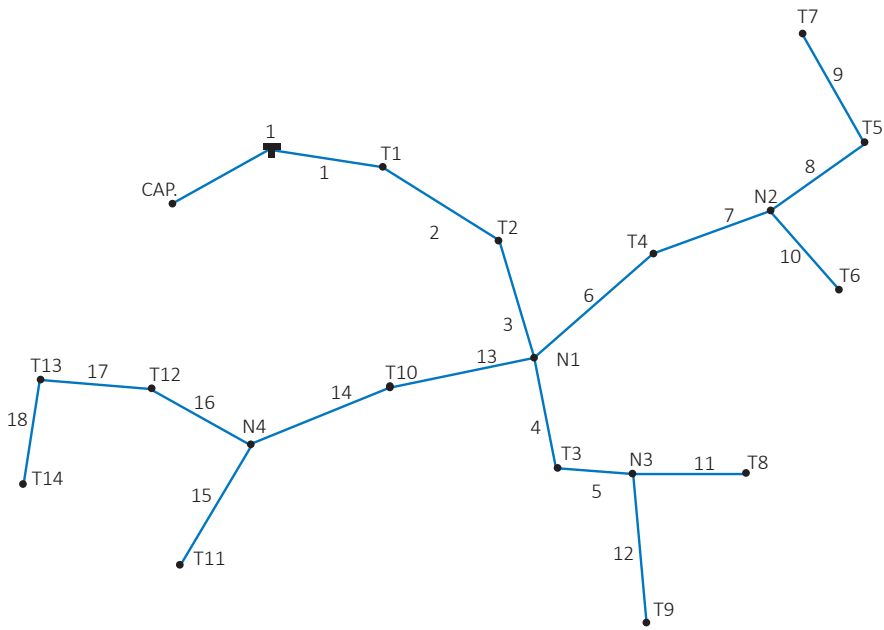
Имеется самотечная оросительная сеть с питанием из распределительного резервуара с максимальным уровнем воды 5 м, расположенном на высоте 650 м. Водовыпуск из резервуара происходит на высоте 550 м, при этом вода поступает в скважину с горизонтом воды на отметке 15 м. Расстояние между уравнительной емкостью и точкой водовыпуска составляет 100 м.

Ирригационная схема выглядит следующим образом:

- 4 периода полива: S1, S2, S3, S4
- Общее время орошения: 8 часов
- Два периода по 2,66 часа каждый и два периода по 1,33 часа
- 14 точек доставки

Расчетный максимальный расход сети — 81 л/с.

Точки доставки (Водовыпуски)	S1 (л/с) T= 2,666 Н	S2 (л/с) T= 1,333 Н	S3 (л/с) T= 1,333 Н	S4 (л/с) T= 2,666 Н
T1	12			
T2	17			
T3	12	12		
T4	7			
T5		7	7	7
T6		7	7	
T7			12	12
T8	12	12	12	12
T9			7	7
T10	12		12	12
T11			7	7
T12			7	7
T13			4	4
T14	6	6	6	6
Итого	**78**	**44**	**81**	**74**



Разветвлённая сеть

• Габариты распределительного резервуара

Резервуар будет запроектирован в соответствии с общим временем полива. Таким образом, его общая емкость составит:

- Q = 81 л/с
- Общее время орошения: 8 часов
- Емкость резервуара = 81 x 3 600 x 8 = 2 332 800 литров <> 2 332 м^3
- Поскольку емкость резервуара составляет 2 332 м^3, номинальная емкость должна быть немного больше. Возможный вариант: 25 x 20 x 5 = 2 500 м^3

• Расчет трубы для перекачки

Прежде всего, необходимо рассчитать геометрическую высотную отметку. Это разница высот между точкой водовыпуска, насосом в скважине и распределительным резервуаром.

$$Hg = 650 – (550 – 15) = 115 \text{ m}$$

Поскольку геометрическая высотная отметка составляет 115 м, номинальное давление трубы должно быть 16 кг/см^2.

Диаметр трубы должен обеспечивать максимальную скорость потока воды ниже величины, определяемой формулой Моуне-Маннинга, которая связывает скорость v (м/с) с внутренним диаметром ID (м) и коэффициентом шероховатости Маннинга (n):

$$v = 1{,}5 \times \frac{0{,}013}{n} \times \sqrt{(ID + 0{,}05)}$$

Соединение Труб ТОМ® из ПВХ-О

ПВХ-О PN16					
Номинальный диаметр (DN)	Внутренний диаметр (ID)	Макс. скорость по Маннингу (м/с)	Q насосной системы (л/с)	Конечная скорость (м/с)	Конечный DN
DN90	84,0	0,793	81,0	14,616	Малый диаметр
DN110	104,0	0,850	81,0	9,535	Малый диаметр
DN140	132,4	0,925	81,0	5,883	Малый диаметр
DN160	151,4	0,972	81,0	4,499	Малый диаметр
DN200	189,2	1,060	81,0	2,881	Малый диаметр
DN225	212,8	1,111	81,0	2,277	Малый диаметр
DN250	236,4	1,160	81,0	1,845	Малый диаметр
DN315	298,0	1,278	81,0	1,161	DN315
DN355	336,0	1,346	81,0	0,914	Негабаритный диаметр
DN400	378,4	1,418	81,0	0,720	Негабаритный диаметр
DN450	426,0	1,495	81,0	0,568	Негабаритный диаметр
DN500	472,8	1,567	81,0	0,461	Негабаритный диаметр
DN630	595,8	1,741	81,0	0,291	Негабаритный диаметр
DN800	757,8	1,947	81,0	0,180	Негабаритный диаметр

Для требуемой скорости 1,161 м/с при необходимом расходе рекомендуется использовать **трубы ТОМ®** номинальным диаметром 315 мм, 16 бар.

Для определения потери напора в трубах и фитингах использовались уравнения Хазена-Вильямса и Прандтля-Колбрука-Уайта, упомянутые в разделе 27 *"Самотечные системы трубопроводов"*.

Моделирование выполняется с использованием следующих аксессуаров: 1 отвод 11,25°, 4 отвода 22,5°, 5 отводов 45°, 3 отвода 90° и клапан диаметром 315 мм.

Насосная система			
Q	Расход воды для орошения	м³/ч	291,6
Q	Расход воды для орошения	л/с	81,0
L	Длина	м	100,0
Ha	Высота всасывания	м	550,0
Hi	Высота насосной системы	м	650,0
Hp	Горизонт воды (в скважине)	м	15,0
Hg	Геометрический напор	м	115,0

	Рекомендованная труба		ПВХ-О DN315 PN16
ID	Внутренний диаметр	мм	298,0
v	Скорость	м/с	1,16
n	Коэффициент Маннинга	-	0,009
v	Максимальная скорость (по Маннингу)	м/с	1,278

Постоянная потеря напора (по формуле Хазена-Вильямса)			
C	Коэффициент Хазена-Вильямса	-	140
J	Потеря напора	м/км	3,91
ΔH	Потеря напора	мвс	0,39

Постоянная потеря напора (по формуле Прандтля-Колбрука)			
k	Абсолютная шероховатость (труба в эксплуатации)	мм	0,007
v	Кинематическая вязкость	$м^2$/сек	$1{,}31E^{-06}$
J	Потеря напора	м/км	3,47
ΔH	Потеря напора	мвс	0,35
Q	Расход воды	$м^3$/ч	209,2
Q	Расход воды	л/с	81,0

Локальная потеря напора			
Фитинги в сети	№	K_c	h_c (m)
Впуск-выпуск	1	0,72	0,05
11,25° отводы	1	0,23	0,02
22,5° отводы	4	0,42	0,12
45° отводы	5	0,67	0,23
90° отводы	3	1,00	0,21
Кран Ø 315 мм	2	1,56	0,21
Общая манометрическая высота (мвс). $H_g + A_h + h_c$			116,2
По формуле Хазена-Вильямса			
Общая манометрическая высота (мвс). $H_g + A_h + h_c$			116,2
По формуле Прандтля-Колбрука			

Таким образом, необходимая мощность насоса составляет:

$$P_t = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_b}{(\eta \cdot 75)}$$

Где:

γ= 1 ккг/дм³ (плотность жидкости)

H_b = высота нагнетания = 116,2 мвс

η = эффективность насоса = 0,6

$$P_t = \frac{1 \cdot 81 \cdot 116{,}2}{75 \cdot 0{,}6} = 209{,}2 \text{ CV}$$

Учитывая 90% эффективность, мощность насоса составляет:

$$P_t = \frac{209{,}2 \cdot 100}{90} = 232{,}4 \text{ CV}$$

- **Расчет для самотечных трубопроводных сетей**

Высоты точек орошения и узлов, а также расход на различных участках сети согласно графику полива:

Точки орошения	Высота (м)
T1	552
T2	545
T3	602
T4	575
T5	540
T6	610
T7	566
T8	584
T9	563
T10	607
T11	574
T12	575
T13	585
T14	582

Точки орошения	Высота (м)
N1	535
N2	613
N3	545
N4	550

			S1	S2	S3	S4
Секция	Начало	Конец	л/с			
TM1	Отложение	T1	78	44	81	74
TM2	T1	T2	66	44	81	74
TM3	T2	N1	49	44	81	74
TM4	N1	T3	24	24	19	19
TM5	T3	N3	12	12	19	19
TM6	N1	T4	7	14	26	19
TM7	T4	N2	0	14	26	19
TM8	N2	T5	0	7	19	19
TM9	T5	T7	0	0	12	12
TM10	N2	T6	0	7	7	0
TM11	N3	T8	12	12	12	12
TM12	N3	T9	0	0	7	7
TM13	N1	T10	18	6	36	36
TM14	T10	N4	6	6	24	24
TM15	N4	T11	0	0	7	7
TM16	N4	T12	6	6	17	17
TM17	T12	T13	6	6	10	10
TM18	T13	T14	6	6	6	6

• Расчет требований к номинальному давлению

Разница высот между резервуаром и самой низкой точкой сети: 650-535 = 115 м, таким образом, статическое давление = мвс.
Следовательно, необходимо использовать трубы **TOM®** на 16 бар.

• Расчет диаметров труб

Применяется также скорость; скорость в каждой секции и время орошения рассчитываются по формуле Маннинга тем же способом, что и для расчета трубы насосной системы.

					S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Секция	Начало	Конец	DN	ID(мм)	л/с				м/с			
TM1	Отложение	T1	DN315	298,0	78	44	81	74	1,12	0,63	1,16	1,06
TM2	T1	T2	DN315	298,0	66	44	81	74	0,95	0,63	1,16	1,06
TM3	T2	N1	DN315	298,0	49	44	81	74	0,70	0,63	1,16	1,06
TM4	N1	T3	DN200	189,2	24	24	19	19	0,85	0,85	0,68	0,68
TM5	T3	N3	DN160	151,4	12	12	19	19	0,67	0,67	1,06	1,06
TM6	N1	T4	DN200	189,2	7	14	26	19	0,25	0,50	0,92	0,68
TM7	T4	N2	DN200	189,2	0	14	26	19	0,00	0,50	0,92	0,68
TM8	N2	T5	DN160	151,4	0	7	19	19	0,00	0,39	1,06	1,06
TM9	T5	T7	DN160	151,4	0	0	12	12	0,00	0,00	0,67	0,67
TM10	N2	T6	DN110	104,0	0	7	7	0	0,00	0,82	0,82	0,00
TM11	N3	T8	DN140	132,4	12	12	12	12	0,87	0,87	0,87	0,87
TM12	N3	T9	DN110	104,0	0	0	7	7	0,00	0,00	0,82	0,82
TM13	N1	T10	DN225	212,8	18	6	36	36	0,51	0,17	1,01	1,01
TM14	T10	N4	DN200	189,2	6	6	24	24	0,21	0,21	0,85	0,85
TM15	N4	T11	DN110	104,0	0	0	7	7	0,00	0,00	0,82	0,82
TM16	N4	T12	DN160	151,4	6	6	17	17	0,33	0,33	0,94	0,94
TM17	T12	T13	DN140	132,4	6	6	10	10	0,44	0,44	0,73	0,73
TM18	T13	T14	DN110	104,0	6	6	6	6	0,71	0,71	0,71	0,71

Выбранные диаметры обеспечивают максимальную скорость для каждого из четырех периодов орошения и находятся в пределах рекомендуемого диапазона диаметров по Маннингу. В данном конкретном случае они соответствуют периоду орошения №3 (S3) — синяя колонка таблицы.

• Значения давления

Давление в разных точках соответствует манометрической высоте, повышающейся в результате потери напора в насосной системе и из-за других помех (см. формулы в разделе *"Самотечная система трубопроводов"* страница 27).

Список помех по секциям выглядит следующим образом:

	Количество помех						
	Впуск-выпуск	Отводы на 11,25°	Отводы на 22,5°	Отводы на 45°	Отводы на 90°	Тройник	Открытый запорный вентиль 1/2"
Кс	0,51	0,22	0,41	0,67	1,00	1,28	3,27
Секция							
TM1	1		1	8	1		1
TM2						1	1
TM3				5		1	1
TM4							
TM5							1
TM6							
TM7				2			
TM8				1		1	
TM9			2	1			1
TM10			2	5			
TM11			2	3			1
TM12		1	2	9	2		
TM13				4	1		1
TM14					5		2
TM15					5		2
TM16					5		2
TM17					5		2
TM18					5		2

Откройте для себя программу механических расчетов, с помощью которой вы можете создавать свои собственные расчеты. www.tomcalculation.com

Потери напора:

Секция	Частичная потеря напора в точках помех (мвс)								Общие потери напора на помехах (мвс)
	Впуск-выпуск	Отводы на 11,25°	Отводы на 22,5°	Отводы на 45°	Отводы на 90°	Тройник	Открытый запорный вентиль 1/2" дюйма	Итого	Итого
TM1	0,035		0,028	0,368	0,069		0,225	0,725	0,900
TM2						0,088	0,225	0,313	1,213
TM3				0,230		0,088	0,225	0,543	1,756
TM4								0,000	1,756
TM5							0,186	0,186	1,941
TM6								0,000	2,115
TM7				0,058				0,058	2,173
TM8				0,038		0,102		0,140	2,313
TM9			0,019	0,015			0,074	0,108	2,421
TM10			0,028	0,116				0,144	2,317
TM11			0,032	0,078			0,127	0,236	2,178
TM12		0,008	0,028	0,209	0,069			0,314	2,255
TM13				0,140	0,052		0,171	0,363	2,119
TM14					0,069		0,243	0,312	2,430
TM15					0,173		0,226	0,399	2,830
TM16					0,227		0,297	0,524	2,955
TM17					0,134		0,176	0,310	3,265
TM18					0,127		0,166	0,293	3,559

Трубы TOM® из ПВХ-О

Таким образом, уровни давления составляют:

					Расход воды	Скорость	ΔHg	Длина
Секция	Начало	Конец	DN	ID (мм)	л/с	м/с	м	м
TM1	Отложение	T1	DN315	298,0	81	1,16	98,00	520,00
TM2	T1	T2	DN315	298,0	81	1,16	105,00	700,00
TM3	T2	N1	DN315	298,0	81	1,16	115,00	800,00
TM4	N1	T3	DN200	189,2	19	0,68	48,00	650,00
TM5	T3	N3	DN160	151,4	19	1,06	105,00	350,00
TM6	N1	T4	DN200	189,2	26	0,92	75,00	850,00
TM7	T4	N2	DN200	189,2	26	0,92	37,00	740,00
TM8	N2	T5	DN160	151,4	19	1,06	110,00	680,00
TM9	T5	T7	DN160	151,4	12	0,67	84,00	790,00
TM10	N2	T6	DN110	104,0	7	0,82	40,00	600,00
TM11	N3	T8	DN140	132,4	12	0,87	66,00	700,00
TM12	N3	T9	DN110	104,0	7	0,82	87,00	900,00
TM13	N1	T10	DN225	212,8	36	1,01	43,00	690,00
TM14	T10	N4	DN200	189,2	24	0,85	100,00	750,00
TM15	N4	T11	DN110	104,0	7	0,82	76,00	700,00
TM16	N4	T12	DN160	151,4	17	0,94	75,00	500,00
TM17	T12	T13	DN140	132,4	10	0,73	65,00	600,00
TM18	T13	T14	DN110	104,0	6	0,71	68,00	500,00

Трубы TOM® из ПВХ-О

Потеря напора на единицу	Потеря напора на секцию	Общие потери напора на секцию	Общие потери напора на помехах	Потери напора ИТОГО	Фактическое давление в секции
м/км	мвс	мвс	мвс	мвс	кг/см²
3,91	2,03	2,03	0,90	2,93	10,09
3,91	2,74	4,77	1,21	5,98	11,10
3,91	3,13	7,89	1,76	9,65	12,46
2,44	1,58	9,48	1,76	11,23	5,92
7,21	2,52	12,00	1,94	13,94	11,89
4,35	3,70	11,60	2,11	13,71	8,87
4,35	3,22	14,82	2,17	16,99	5,40
7,21	4,91	19,72	2,31	22,04	13,20
3,08	2,43	22,16	2,42	24,58	10,86
7,07	4,24	19,06	2,32	21,38	6,14
5,92	4,14	16,15	2,18	18,32	8,43
7,07	6,36	18,37	2,26	20,62	10,76
4,49	3,10	10,99	2,12	13,11	5,61
3,75	2,82	13,81	2,43	16,24	11,62
7,07	4,95	18,76	2,83	21,59	9,76
5,87	2,94	16,74	2,95	19,70	9,47
4,22	2,53	19,28	3,27	22,54	8,75
5,31	2,66	21,93	3,56	25,49	9,35

• Расчет оросительной сети

Для оросительной сети длиной 12 220 м с 14 точками орошения и 8-часовым суточным рабочим режимом с максимальным потреблением можно рассчитать среднее потребление на точку орошения и расход следующим образом:

$$Q = \frac{NT \cdot D}{L \cdot t}$$

NT: Количество точек орошения

D: Расход в литрах в секунду на выпуске из оросительной сети. Среднее водообеспечение за период S3 = 28 л/выпуск · сек

L: Длина сети, в м

t: Время максимального потребления, ч

Q: Среднее потребление на метр трубы, в л/м

$$Q = \frac{14 \cdot 28 \cdot 3\,600}{12\,020 \cdot 8} = 14{,}68 \text{ л/м}$$

Таким образом, идеальные габариты оросительной сети будут следующими.

			Длина	Среднее потребление на точку орошения	Потребление на секцию	Расход в S3	Общий расход воды
Секция	Начало	Конец	м	л/м	л	л/с	л/с
TM1	Отложение	T1	520	14,68	7631,28	81	82,59
TM2	T1	T2	700	14,68	10272,88	81	83,14
TM3	T2	N1	800	14,68	11740,43	81	83,45
TM4	N1	T3	650	14,68	9539,10	19	20,99
TM5	T3	N3	350	14,68	5136,44	19	20,07
TM6	N1	T4	850	14,68	12474,21	26	28,60
TM7	T4	N2	740	14,68	10859,90	26	28,26
TM8	N2	T5	680	14,68	9979,37	19	21,08
TM9	T5	T7	790	14,68	11593,68	12	14,42
TM10	N2	T6	600	14,68	8805,32	7	8,83
TM11	N3	T8	700	14,68	10272,88	12	14,14
TM12	N3	T9	900	14,68	13207,99	7	9,75
TM13	N1	T10	690	14,68	10126,12	36	38,11
TM14	T10	N4	750	14,68	11006,66	24	26,29
TM15	N4	T11	700	14,68	10272,88	7	9,14
TM16	N4	T12	500	14,68	7337,77	17	18,53
TM17	T12	T13	600	14,68	8805,32	10	11,83
TM18	T13	T14	500	14,68	7337,77	6	7,53

Общий расход = круговой поток в S3 + (расход на секцию/(1,333 x 3 600)) л/с
* 1,333 ч — время работы секции S3

• Замкнутые сети. Примеры

Замкнутые сети имеют ячеистую форму. Вода может течь в любом направлении по трубопроводам, а до точек потребления жидкость может подаваться по различным гидравлическим маршрутам. В отличие от разветвленных сетей, поломка одной конкретной трубы не вызывает отключения других участков сети, так как направление потока можно изменить с помощью вентилей.

Некоторые преимущества таких сетей:

- Они могут обеспечить более высокую скорость потока до гидрантов, чтобы удовлетворить высокую потребность в воде.
- Небольшие секции сети можно изолировать для обновления и ремонта без ущерба для остальной сети.
- Давление сети более сбалансировано и равномерно распределено.

Схема замкнутой сети может быть обусловлена расположением резервуаров. В городах и деревнях с более чем одним расходным резервуаром можно организовать замкнутую сеть без особых затруднений.

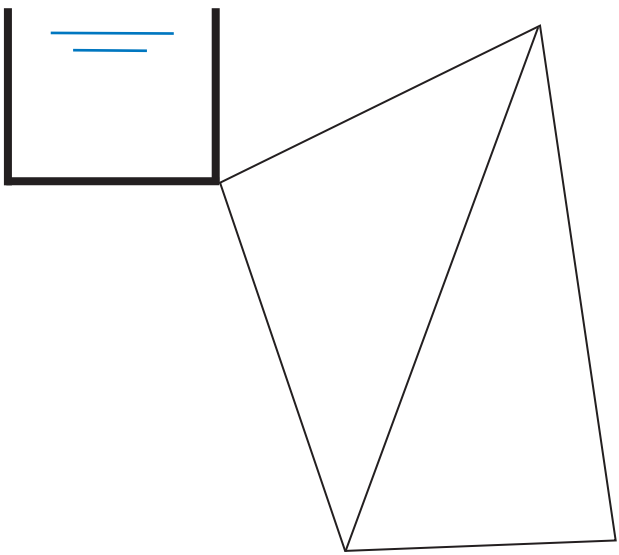


Схема разветвленной сети

Замкнутые сети должны соответствовать ряду правил, аналогичных тем, которые используются для электрических цепей:

- **Первый закон Кирхгофа или закон узлов**: сумма всех токов, втекающих в узел или пересечение труб, равна сумме всех токов, вытекающих из узла, т.е. алгебраическая сумма всех токов равна 0.

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$$

- **Второй закон Кирхгофа или закон напряжений**: в замкнутом контуре алгебраическая сумма комплексных электродвижущих сил равна алгебраической сумме комплексных напряжений.

$$\sum_{k=1}^{n} V_k = 0$$

С точки зрения гидравлики, считается, что:

- Алгебраическая сумма входящего и исходящего потока на узле равна нулю.

$$\sum_{k=1}^{n} Q_k = 0$$

- Алгебраическая сумма потери напора в замкнутом контуре равна нулю.

$$\sum_{k=1}^{n} J_k = \sum_{k=1}^{n} j_k \cdot L_k = 0$$

Таким образом, в замкнутой сети число потоков определяется согласно первому закону узлов, так что потокам, движущимся по часовой стрелке, будет присвоено положительное значение, в то время как потоки, движущиеся против часовой стрелки, будут иметь отрицательное значение. Аналогичная процедура применяется ко второму закону.

Пример № 1

Дана одноячеистая распределительная сеть, для которой, согласно уставленному расходу и фиксированным диаметрам труб, были выбраны **ПВХ-О трубы ТОМ®** с номинальным давлением 16 бар:

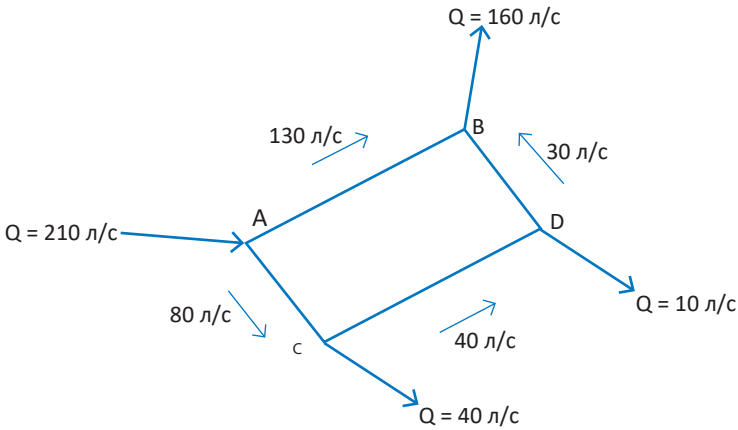


Схема распределительной сети с одной сеткой

Согласно первому закону, необходимо установить скорость потока и найти алгебраическую сумму потерь по сетке трубопровода:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k = \sum_{k=1}^{n} j_k \cdot L_k$$

Где:

J_k: Общая потеря напора

j_k: Единичная потеря напора в секции

L_k: Длина секции

Расход корректируется по следующей формуле:

$$\Delta Q = -\frac{\sum_{k=1}^{n} J_K}{2 \cdot \sum_{k=1}^{n} J_K / Q_K}$$

Таким образом, **первый расчет** будет следующим:

Направление потока	Секция	ПВХ-О DN	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
+	A-B	315/16	298,0	0,070	720,0	130,0	1,864	9,385	6,757	0,052
-	A-C	250/16	236,4	0,044	250,0	80,0	1,823	11,798	-2,949	0,037
-	D-B	200/16	189,2	0,028	290,0	30,0	1,067	5,676	-1,646	0,055
-	C-D	160/16	151,4	0,018	680,0	40,0	2,222	28,637	-19,473	0,487
									-17,312	0,631

Установлено, что:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k \neq 0$$

Поэтому к первому расчету применяется **первая корректировка**:

$$\Delta Q = -\frac{-17{,}312}{2 \cdot 0{,}631} = 13{,}72 \text{ л/с}$$

Были получены следующие значения:

Направление потока	Секция	ПВХ-О DN	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
+	A-B	315/16	298,0	0,070	720,0	143,7	2,061	11,302	8,138	0,057
-	A-C	250/16	236,4	0,044	250,0	66,3	1,510	8,325	-2,081	0,031
-	D-B	200/16	189,2	0,028	290,0	16,3	0,579	1,828	-0,530	0,033
-	C-D	160/16	151,4	0,018	680,0	26,3	1,459	13,147	-8,940	0,340
									-3,414	0,461

Установлено, что:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k \neq 0$$

Поэтому ко второму расчету применяется вторая корректировка:

$$\Delta Q = -\frac{-3{,}414}{2 \cdot 0{,}461} = 3{,}70 \text{ л/с}$$

Результаты после применения **второй корректировки:**

Направление потока	Секция	ПВХ-О DN	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
+	A-B	315/16	298,0	0,070	720,0	147,4	2,114	11,848	8,530	0,058
-	A-C	250/16	236,4	0,044	250,0	62,6	1,426	7,484	-1,871	0,030
-	D-B	200/16	189,2	0,028	290,0	12,6	0,447	1,133	-0,329	0,026
-	C-D	160/16	151,4	0,018	680,0	22,6	1,254	9,922	-6,747	0,299
									-0,417	0,413

Установлено, что:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k \neq 0$$

Поэтому к третьему расчету применяется третья корректировка:

$$\Delta Q = -\frac{-0{,}417}{2 \cdot 0{,}413} = 0{,}50 \text{ л/с}$$

Результаты после **третьей корректировки:**

Направление потока	Секция	ПВХ-О DN	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
+	A-B	315/16	298,0	0,070	720,0	147,9	2,121	11,923	8,584	0,058
-	A-C	250/16	236,4	0,044	250,0	62,1	1,414	7,373	-1,843	0,030
-	D-B	200/16	189,2	0,028	290,0	12,1	0,429	1,050	-0,305	0,025
-	C-D	160/16	151,4	0,018	680,0	22,1	1,226	9,516	-6,471	0,293
									-0,034	0,406

Замкнутая сеть соответствует второму закону:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k \approx 0$$

$$\Delta Q = -\frac{0{,}034}{2 \cdot 0{,}406} = 0{,}04 \text{ л/с (допустимое значение)}$$

Первый закон соблюдается в равной степени:

Узел A: 210 – 147,9 – 62,1 = 0
Узел B: 147,9 + 12,1 – 160 = 0
Узел C: 22,1 + 40 - 62,1 = 0
Узел D: 10 + 12,1 - 22,1 = 0

Окончательные значения после третьей корректировки в следующей ячеистой сети:

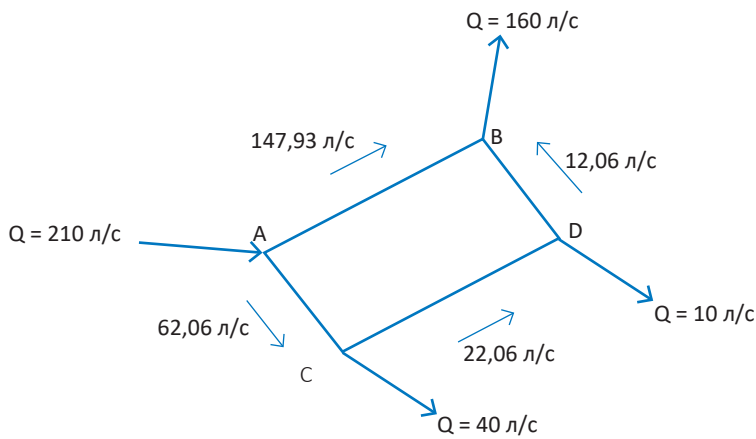


Схема с сеткой

Пример №2

Дана следующая распределительная сеть с более чем одной ячейкой. Требования к потреблению определены. Подбор диаметров **ПВХ-О труб ТОМ®** с номинальным давлением 16 бар.

Как и в примере №1, для правильного выбора размеров будут учитываться требования к замкнутым ячеистым сетям: алгебраическая сумма входящих и исходящих потоков на узле должна равняться нулю, алгебраическая сумма потери напора также должна равняться нулю.

Для ячеек определена следующая структура (коррекция для ячеек выполняется отдельно):

- Ячейка ABCDEFA
- Ячейка ACEA

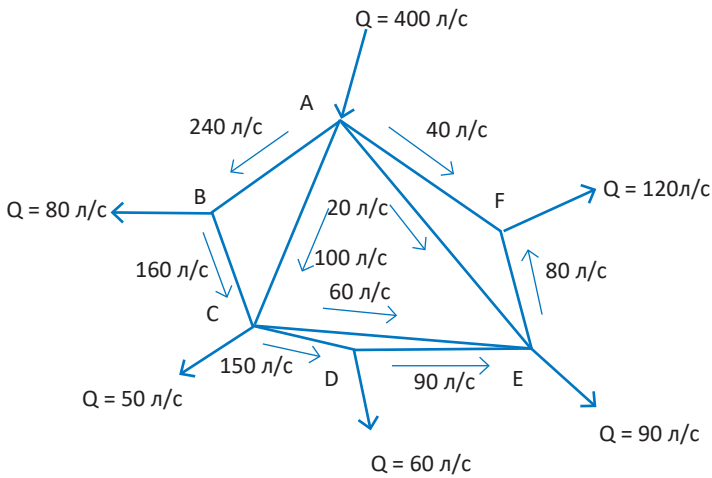


Схема распределительной сети с более чем одной сеткой

Первый расчет выполняется для обеих ячеек:

Ячейка ABCDEFA										
Направление потока	Секция	ПВХ-О DN (мм)	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
-	A-B	500/16	472,8	0,176	1200,0	240,0	1,367	3,084	-3,701	0,015
-	B-C	400/16	378,4	0,112	1000,0	160,0	1,423	4,307	-4,307	0,027
-	C-D	400/16	378,4	0,112	800,0	150,0	1,334	3,821	-3,057	0,020
-	D-E	315/16	298,0	0,070	1200,0	90,0	1,290	4,750	-5,700	0,063
-	E-F	315/16	298,0	0,070	900,0	80,0	1,147	3,819	-3,437	0,043
+	F-A	225/16	212,8	0,036	1300,0	40,0	1,125	5,455	7,091	0,177
									-13,110	0,346

Ячейка ACEA										
Направление потока	Секция	ПВХ-О DN (мм)	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
-	A-C	315/16	298,0	0,070	1300,0	100,0	1,434	5,773	-7,505	0,075
-	C-E	250/16	236,4	0,044	1100,0	60,0	1,367	6,925	-7,617	0,127
+	E-A	160/16	151,4	0,018	1400,0	20,0	1,111	7,933	11,106	0,555
									-4,016	0,757

Установлено, что для обеих ячеек:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k \neq 0$$

Поэтому первая корректировка применяется к первому расчету:

$$\Delta Q_1 = -\frac{-13{,}110}{2 \cdot 0{,}346} = 18{,}94 \text{ л/с}$$

$$\Delta Q_2 = -\frac{-4{,}016}{2 \cdot 0{,}757} = 2{,}65 \text{ л/с}$$

Результаты после применения **первой корректировки**:

Ячейка ABCDEFA										
Направление потока	Секция	ПВХ-О DN (мм)	ID (мм)	Сечение ($м^2$)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
-	A-B	500/16	472,8	0,176	1200,0	221,1	1,259	2,649	-3,178	0,014
-	B-C	400/16	378,4	0,112	1000,0	141,1	1,254	3,411	-3,411	0,024
-	C-D	400/16	378,4	0,112	800,0	131,1	1,166	2,977	-2,381	0,018
-	D-E	315/16	298,0	0,070	1200,0	71,1	1,019	3,067	-3,681	0,052
-	E-F	315/16	298,0	0,070	900,0	61,1	0,876	2,316	-2,085	0,034
+	F-A	225/16	212,8	0,036	1300,0	58,9	1,657	11,179	14,533	0,247
									-0,203	0,389

Ячейка ACEA										
Направление потока	Секция	ПВХ-О DN (мм)	ID (мм)	Сечение ($м^2$)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
-	A-C	315/16	298,0	0,070	1300,0	97,3	1,396	5,493	-7,141	0,073
-	C-E	250/16	236,4	0,044	1100,0	57,3	1,307	6,369	-7,006	0,122
+	E-A	160/16	151,4	0,018	1400,0	22,7	1,258	9,990	13,986	0,617
									-0,160	0,813

Установлено, что для обеих ячеек:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k \neq 0$$

Поэтому ко второму расчету применяется вторая корректировка:

$$\Delta Q_1 = -\frac{-0{,}203}{2 \cdot 0{,}389} = 0{,}26 \text{ л/с}$$

$$\Delta Q_2 = -\frac{-0{,}16}{2 \cdot 0{,}813} = 0{,}10 \text{ л/с}$$

Результаты после применения **второй корректировки:**

Ячейка ABCDEFA										
Направление потока	Секция	ПВХ-О DN (мм)	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
-	A-B	500/16	472,8	0,176	1200,0	220,8	1,258	2,643	-3,178	0,014
-	B-C	400/16	378,4	0,112	1000,0	140,8	1,252	3,399	-3,399	0,024
-	C-D	400/16	378,4	0,112	800,0	130,8	1,163	2,966	-2,373	0,018
-	D-E	315/16	298,0	0,070	1200,0	70,8	1,015	3,046	-3,656	0,052
-	E-F	315/16	298,0	0,070	900,0	60,8	0,872	2,298	-2,068	0,034
+	F-A	225/16	212,8	0,036	1300,0	59,2	1,664	11,271	14,652	0,248
									-0,015	0,390

Ячейка ACEA										
Направление потока	Секция	ПВХ-О DN (мм)	ID (мм)	Сечение (м²)	L (м)	Q (л/с)	V (м/с)	j (м/км)	J (мвс)	J/Q
-	A-C	315/16	298,0	0,070	1300,0	97,2	1,394	5,482	-7,127	0,073
-	C-E	250/16	236,4	0,044	1100,0	57,2	1,304	6,349	-6,983	0,122
+	E-A	160/16	151,4	0,018	1400,0	22,8	1,264	10,071	14,099	0,620
									-0,012	0,815

Замкнутая сеть соответствует второму закону:

$$\sum_{k=1}^{n} J_k \neq 0$$

$$\Delta Q_1 = -\frac{-0{,}015}{2 \cdot 0{,}390} = 0{,}02 \text{ л/с}$$

$$\Delta Q_2 = -\frac{-0{,}012}{2 \cdot 0{,}815} = 0{,}01 \text{ л/с}$$

Первый закон соблюдается в равной степени:

Узел A: 400 – 220,8 – 59,2 – 97,2 – 22,8 = 0
Узел B: 220,8 – 80 – 140,8 = 0
Узел C: 97,2+140,8 - 50 – 57,2 – 130,8 = 0
Узел D: 130,8 – 60 – 70,8 = 0
Узел E: 57,2 + 22,8 + 70,8 – 90 – 60,8 = 0
Узел F: 59,2 + 60,8 – 120 = 0

Таким образом, после второй корректировки применяются окончательные показатели расхода. В результате замкнутая сеть выглядит следующим образом:

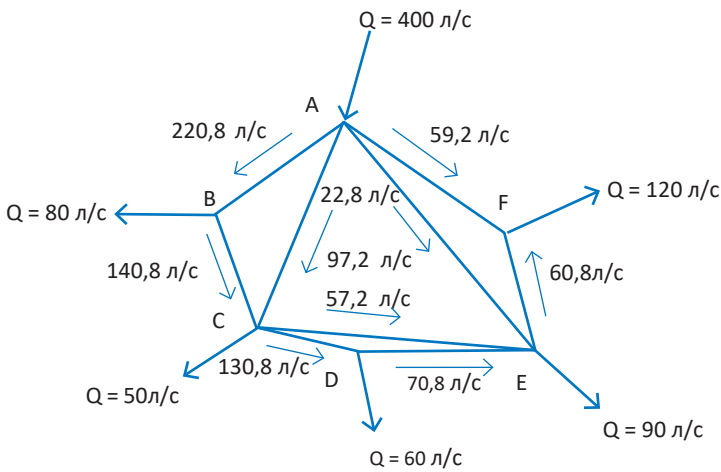


Схема распределительной сети с более чем одной сеткой

Трубы TOM® из ПВХ-О

1.3. Выбор номинального давления

1.3.1. Определения

Необходимо провести различие между гидравлическим давлением, оказываемым на трубопровод или сеть, и давлением, которое каждый компонент сети может выдержать самостоятельно.

- **Гидравлическое давление трубопроводной сети**

- **Статическое давление**. Это давление в заполненной секции трубопровода (вода в состоянии покоя).

- **Расчетное давление (Рс.Д)**. Максимальное непрерывное рабочее давление сети или зоны под давлением в секции трубопровода, за исключением воздействия гидравлического удара. Следует отметить, что:

  Насосная система: Рабочее давление = Расчетное давление > Статическое давление.

  Самотечная система: Рабочее давление < Статическое давление = Расчетное давление.

- **Максимальное расчетное давление (МРД).** Максимальное расчетное давление — это максимальное рабочее давление, которое допустимо для секции трубопровода в эксплуатации, включая колебания, вызванные гидравлическим ударом. Максимальное расчетное давление – это максимальное давление, на которое рассчитана труба:

  - Если допустимые значения гидравлического удара были ранее установлены, максимальное расчетное давление обозначается как МРДд.

  - Если возможные значения гидравлического удара были рассчитаны, максимальное расчетное давление обознается как МРДр.

- **Испытательное давление сети (ИДС)**. Гидростатическое давление в новом трубопроводе, нагнетаемое для проверки его целостности и герметичности.

- **Рабочее давление (Раб.Д).** Внутреннее давление в заданной точке сети водоснабжения в определенный момент времени.

- **Эксплуатационное давление (ЭД)**. Внутреннее давление в точке подключения для потребления, при нулевом потоке.

• Уровни давления на компонентах сети

- **Номинальное давление (НД)**. Условное числовое значение, используемое в качестве эталона для труб, специальных компонентов и прочих элементов, связанное с их внутренним максимальным гидравлическим давлением (кс/см2) при отсутствии внешних нагрузок. При совпадении номинальных диаметров, элементы с одинаковым номинальным давлением (фланцы и т.д.) можно соединять между собой.

Соотношение между значениями НД и внутренним гидравлическим давлением зависит от:

- Типа материала
- Температуры.
- Назначения элемента (кратковременное или длительное использование)
- Применяемого коэффициента запаса прочности.

Иными словами, НД — это обычное давление (не при гидравлическом ударе), которое конкретный элемент может выдержать при эксплуатации и при отсутствии внешних нагрузок.

Стандарт ISO 16422 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*) *"Трубы и муфты из ориентированного непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-О) для напорного водоснабжения. Спецификации"* определяет четыре возможных номинальных давления для ПВХ-О труб класса 500 и расчетный коэффициент 1,4:

PN (номинальное давление): 12,5, 16, 20 и 25 (кс/см^2)

- **Допустимое рабочее давление (ДРД)**. Постоянное максимальное гидростатическое давление, которое компонент может выдержать во время эксплуатации.

- **Допустимое испытательное давление (ДИД)**. Максимальное гидростатическое давление, которое может выдержать компонент после установки на месте эксплуатации в течение относительно короткого периода времени без каких-либо рисков нарушения целостности трубы и герметичности.

- **Давление разрыва ($Д_р$)**. Внутреннее гидростатическое давление, которое, при отсутствии внешних нагрузок, может привести к разрыву трубы. Когда трубы изготавливаются из однородных материалов, давление разрыва зависит от предела прочности на растяжение (R_m), который определяется следующим образом:

$$P_r = \frac{2e}{ID} R_m$$

Где:

P_r: Давление разрыва, Н/мм^2

e: Толщина стенок трубы, мм

ID: Внутренний диаметр, мм

R_m: Предел прочности на растяжение материала, в кс/см^2

Для **ПВХ-О труб ТОМ®** давление разрыва тесно связано с нижним доверительным пределом — НДП (прочность на растяжение материала при 20°С в течение 50 лет с уровнем надежности не менее 97,5%).

1.3.2. Профиль сети

В любой трубопроводной сети под давлением при отсутствии потока возникает статическое давление, а при наличии потока — динамическое или пьезометрическое давление. Таким образом, можно сказать, что давление напора может быть выше или ниже, чем статическое давление, в зависимости от типа системы — самотечной или насосной.

ΔH_g ($H_{геометрич}$)

Как разъясняется в разделе *"Самотечная система трубопроводов" страница 27* и разделе *"Насосные системы" "Насосная система" страница 40*, их соответствующие профили могут быть следующими:

- **Самотечная система**

- **Hg**: Гидравлическое давление напора — разница высот между точками A и B, которая определяет статическое давление в точке B.

- **J**: Потеря напора, вызванная трением воды в трубе. Ее максимальное значение представляет гидравлическое давление напора (Hg), когда выпускное отверстие трубы открыто. В этом случае потеря напора зависит от градиента профиля сети.

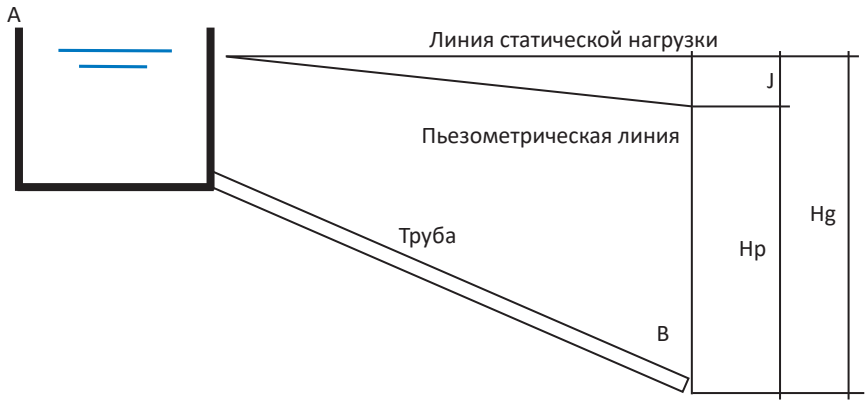
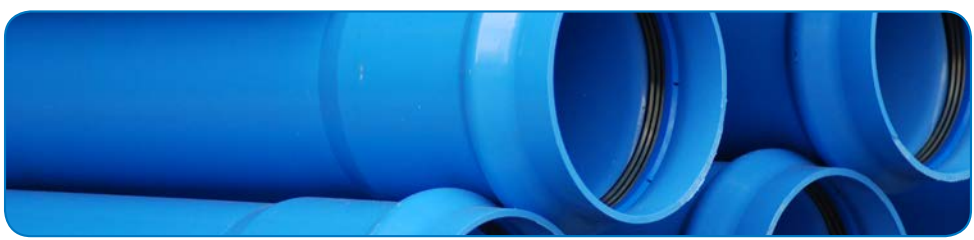


Схема водовода под действием силы тяжести

• Насосная система

В этом случае гидравлический напор будет выше статического давления.

- **A** : Насосное оборудование.
- **B**: Приемный бак.
- **Hi**: Высота насосной системы.
- **J**: Потеря напора, вызванная трением воды в трубе, которую необходимо преодолеть с помощью насосного оборудования.
- **Hm**: Манометрическая высота. Это давление, которое должно обеспечить насосное оборудование для преодоления сопротивления из-за разницы высот, включая потерю напора.



Трубы TOM® из ПВХ-О

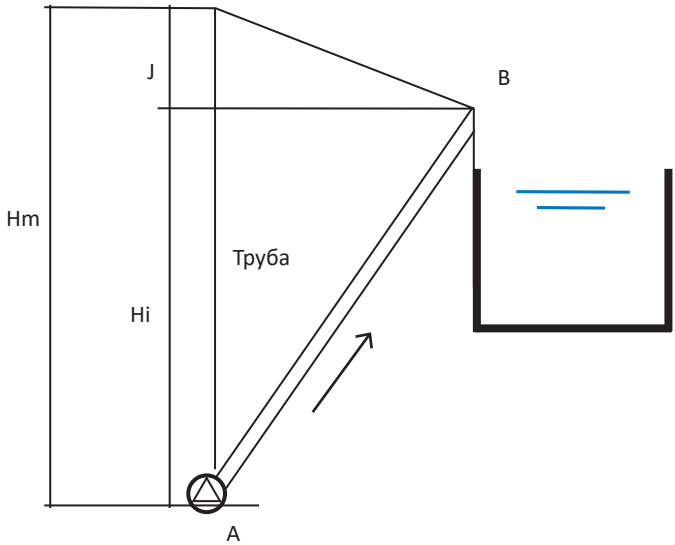


Схема водовода с насосной прокачкой

1.3.3. Воздействие воздуха в водопроводных сетях

Для самотечных систем принимается, что поток воды полностью заполняет трубы. В этом случае поток в трубе зависит от доступной загрузки, длины, диаметра, коэффициента трения труб и единичных потерь, уже упомянутых в разделах выше. Когда по какой-либо причине труба не полностью заполнена водой, соотношение между доступной загрузкой и расходом существенно меняется. Это происходит в следующих случаях:

- Вода поступает в пустую или частично заполненную сеть в первый раз.
- Нарушается сплошность потока (слишком высокий уровень всасывания и испарения воды) в том или ином месте сети.
- Объем воды, поступающей в сеть, ниже расчетной пропускной способности системы..

РСледовательно, необходимо удалить воздух, так как он увеличивает нагрузку, необходимую для достижения заданного расхода. Более того, воздух может препятствовать выпуску воды из трубы.

Воздух можно спустить с помощью **воздушных клапанов**, которые позволяют впускать и выпускать воздух из трубопровода. Они предотвращают разрыв труб и обеспечивают исправную работу сети.

При стравливании воздуха из труб воздушные клапаны помогают потоку воды пройти по всему участку трубопровода. Это сокращает скорость потока, потери напора и эффект гидравлического удара в сети, что способствует улучшению доставки воды к труднодоступным участкам сети.

Воздушные клапаны — это важные элементы напорных систем, так как они позволяют впускать большой объем воздуха при остановке насосной системы (если давление волны гидроудара превышает статическое давление), контролировать стравливание воздуха и значительно сокращать воздействие гидроудара.

Воздушные клапаны обеспечивают обслуживание сетей и их эффективность, позволяют проводить их наполнение и опорожнение, а также снижают неблагоприятные воздействия переходных процессов, таких как вибрации или снижение пропускной способности.

• Расположение воздушных клапанов

Перед расчетом размеров воздушных клапанов необходимо определить их местоположение. Неправильное размещение может привести к сбоям в работе системы независимо от качества и пропускной способности клапанов.

Воздушные клапаны необходимо размещать:

- В верхних точках системы.
- На участках уменьшения уклона. На расстоянии 600 метров друг от друга на длинных нисходящих участках.
- На участках увеличения уклона. На расстоянии 400-800 метров друг от друга на длинных восходящих участках.
- На расстоянии 500 метров друг от друга на горизонтальных участках.
- Перед обратным клапаном в сифонных ловушках.
- После насосов
- После главного распределительного вентиля.

Следует различать **монофункциональные и трехфункциональные воздушные клапаны**.

Монофункциональные клапаны работают только тогда, когда труба находится под давлением, удаляя пузырьки воздуха из сети. Этот тип клапанов очень важен, чтобы избежать скопления воздуха и, следовательно, потери напора в результате уменьшения рабочего сечения клапана. Они также необходимы для удаления пузырьков воздуха, которые могут привести к поломке трубопровода при перемещении из-за давления или увеличения скорости потока. Такой тип устройств снабжен поплавком для закрытия клапана. Давление воздуха, накапливающегося на небольшом отверстии (от 1 до 5 мм), опускает поплавок. При опускании поплавка клапан открывается и стравливает воздух. Благодаря этой системе, диаметр фланцевого соединения монофункциональных клапанов не превышает DN50.

Трехфункциональные клапаны могут работать так же, как и монофункциональные, но они также могут впускать и выпускать большие объемы воздуха. Это необходимо во время опорожнения или наполнения труб соответственно. Такие клапаны играют очень важную роль — они служат для предотвращения разрыва труб из-за вакуумметрического давления, а также снижают мощность гидравлических ударов при остановке насосов. Они также облегчают наполнение и опорожнение труб. Их конструкция включает монофункциональный клапан с поплавком, который блокирует секцию в соответствии с диаметром воздушного клапана.

1. Расположение монофункциональных клапанов:

a) На всех верхних переломных точках профиля трубопровода для правильного стравливания воздуха и уменьшения потерь напора..

b) На равных промежутках по длине трубопровода, по крайней мере, каждые 500 м для предотвращения гидроударов в результате неконтролируемого передвижения *"воздушных карманов"* под давлением.

c) При каждом резком изменении направления на нисходящих участках для того, чтобы избежать возникновения воздушных пробок. Изменение уклона может вызвать эффект, аналогичный скоплению воздуха в верхних точках системы из-за увеличения давления.

2. Расположение трехфункциональных клапанов:

d) На всех основных верхних точках системы, чтобы обеспечить быстрое наполнение труб.

e) На равных промежутках по длине трубопровода, по крайней мере, каждый километр, чтобы предотвратить образование воздушных карманов из-за скопления воздуха во время наполнения системы.

f) До или после каждого регулирующего устройства, после уклона земной поверхности для предотвращения возникновения отрицательного давления внутри трубы после запуска или закрытия насосного оборудования.

g) После насосной системы, когда мощность гидроудара превышает статическое давление на выходном отверстии насоса. Это предотвращает нагрузку, вызванную остановкой насоса, и снижает интенсивность гидроудара.

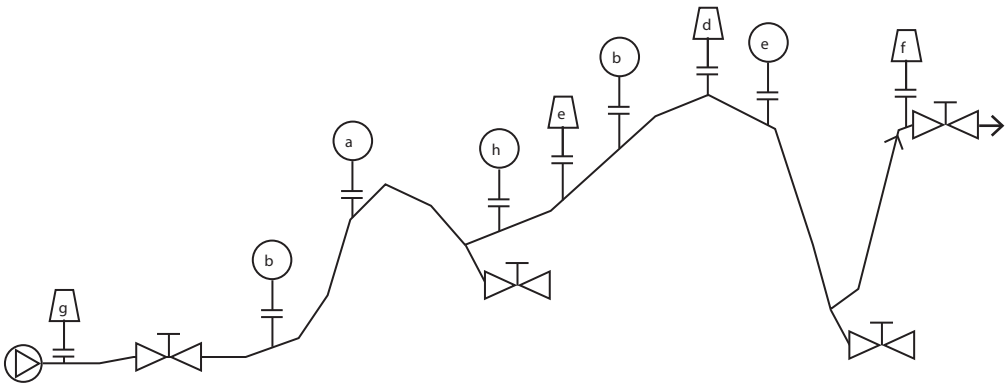


Схема критериев установки присосок

- **Размеры воздушных клапанов**

Размер воздушных клапанов необходимо подобрать в соответствии с рекомендациями с помощью программ для расчета и проектирования, выпускаемых специализированными компаниями. Это также включает график обслуживания и режим работы в соответствии с расходом и нагрузкой трубопровода. Поскольку жидкости не поддаются сжатию, объем удаляемого воздуха равен объему замещенной воды. Таким образом, скорость потока воздуха такая же, как и скорость потока воды внутри трубы.

Следовательно, размеры могут быть основаны на общем давлении до разрыва труб, скорости опорожнения или согласно рекомендациям изготовителя в отношении соответствующих диаметров труб и воздушных клапанов.

1.3.4. Потери напора в трубах и на фитингах

Раздел *"Самотечная система трубопроводов"* страница 27 описывает потери напора по длине труб и в отдельных точках. Все указанные аспекты одинаково актуальны как для самотечных, так и насосных систем.

1.3.5. Гидравлический удар

• Описание явления

Гидравлический удар возникает в связи с инерцией жидкости, движущейся по трубе, и внезапной остановкой потока из-за быстрого открытия или закрытия подающего клапана в самотечных системах, а также пуска или отключения насоса в насосной системе, либо из-за движения воздушных пробок по трубам. **Гидравлический удар может вызвать перепады давления выше рабочего давления труб и разорвать их,** особенно если трубы повреждены из-за ударов или коррозии (металлические трубы).

Такие перепады давления необходимо учитывать при выборе размеров труб для трубопроводной сети. При понижении давления до давления насыщения паров происходит кавитация, а при скачке давления пузырьки пара уничтожаются, что, хотя и не очень часто, может привести к превышению расчетного давления и риску разрыва трубопровода. Это явление можно предотвратить с помощью воздушных клапанов, испарителей, уравнительных емкостей, однонаправленных емкостей, клапанов сброса давления, перепускных клапанов и т.д.

Таким образом, при выборе размеров труб необходимо тщательно изучить воздействие гидравлического удара. Так, ошибки в расчетах могут привести к:

a) Выбору труб слишком большого диаметра, что повлечет излишние затраты.

b) Выбору труб слишком маленького диаметра, что может привести к разрыву трубопровода.

Описание явления в самотечных системах

При внезапном закрытии вентиля поток воды, идущий по трубе с определенной скоростью, останавливается на таком вентиле, и на этой точке на него оказывает воздействие вода, оставшаяся позади. Возникающее давление будет давить на жидкость, пока скорость потока не станет равна нулю. Процесс такого сжатия будет распространяться в обратном направлении, так как поток будет сжимать воду перед собой до определенного предела. Через некоторое время процесс распространится по всей трубе. Это первый этап гидроудара.

Иными словами, формируется максимальная волна сжатия, которая начинается рядом с вентилем и движется вверх по потоку. Кинетическая энергия в воде трансформируется в энергию сжатия. Поток воды полностью останавливается после преобразования всей кинетической энергии, затем декомпрессия начинается в начале трубы и движется в направлении вентиля. По закону маятника, декомпрессия не останавливается на точке равновесия (на вентиле), а продолжается, при этом цикл повторяется. Декомпрессия фактически означает отрицательное давление, которое возвращается к клапану, и затем снова вызывает сжимающую силу. Цикл повторяется и вызывает колебания давления по длине трубы. Это явление известно как гидравлический удар. Одним словом, кинетическая энергия многократно преобразуется в энергию сжатия и наоборот, а вода действует как пружина.

Описание явления в насосных системах

В насосной системе, внезапная остановка двигателей вызывает аналогичное инверсивное явление, т.е. область отрицательного давления возникает у насоса и движется к концу трубы, преобразуется в силу сжатия и возвращается к насосу.

Первая фаза гидроудара начинается с остановки насосного оборудования. Жидкость, изначально текущая со скоростью (v), будет продолжать двигаться по трубе до тех пор, пока область отрицательного давления на выходе из оборудования, вызванная отсутствием жидкости (текущую вперед жидкость не подталкивает вода сзади), не остановит поток. В этих условиях волна отрицательного давления движется к емкости и также останавливает поток жидкости, так что через некоторое время отрицательное давление устанавливается по всей длине секции и жидкость переходит в состояние покоя.

Во время **второй фазы**, ввиду того что давление в баке всегда выше давления в трубе, в которой установилось отрицательное давление, жидкость начинает течь обратно к клапану с аналогичной скоростью. Когда вода достигает скорости системы, в трубе восстанавливается изначальное давление. Таким образом, через некоторое время в трубе восстанавливается начальное давление и скорость v.

Третья фаза начинается в результате столкновения потока жидкости с обратным клапаном. В результате давление резко увеличивается, а движение жидкости постепенно прекращается, так что через некоторое время вся жидкость в трубе находится в состоянии покоя, и труба находится под давлением такой же величины, что и изначальное отрицательное давление. Третья фаза гидравлического удара в насосных системах похожа на первую фазу в самотечных системах.

Четвертая фаза – это стадия декомпрессии. Движение начинает снова, и спустя некоторое время повторяется ситуация, как при первой фазе. Начинается новый цикл.

Для самотечных и насосных систем продолжительность каждой фазы (L/a) составляет:

L: Длина трубы (м).
a: Скорость распространения ударной волны (м/с).

• Скорость распространения ударной волны

La celeridad (a) es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería.

Скорость распространения ударной волны по трубе (a). В основном это зависит от размеров трубы (соотношение между наружным диаметром и минимальной толщиной) и характеристик материала, из которого она изготовлена (модуль Юнга или модуль упругости (E)). Следующая формула, предложенная Аллиеви, позволяет оценить скорость распространения ударной волны, когда в качестве циркулирующей жидкости выступает вода:

$$a = \frac{9\,900}{\sqrt{48{,}3 + k_C \cdot \frac{D_m}{e}}}$$

a: Скорость распространения ударной волны (м/с)

D_m: Средний диаметр трубы, мм

e: Толщина трубы, мм

K_c: Коэффициент модуля упругости (E) материала трубы, выраженный в кг/м^2 следующим образом:

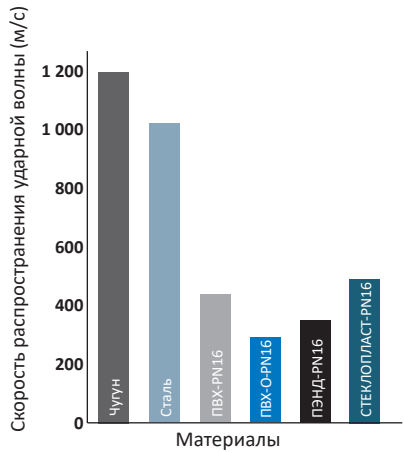
$$k_C = \frac{10^{10}}{E}$$

E: модуль упругости, кг/м^2 для ПВХ-О труб TOM®: 4x10^8 кг/м^2

Далее приведены примеры расчетов:

		ПВХ-О TOM® класса 500 PN16													
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN355	DN400	DN450	DN500	DN630	DN800
ID	мм	84,0	104,0	132,4	151,4	189,2	212,8	236,4	298,0	336,0	378,4	426,0	472,8	595,8	757,8
e	мм	2,0	2,4	3,1	3,5	4,4	5,0	5,5	6,9	7,8	8,8	9,9	11,0	13,8	17,4
E	кг/м^2	4,00E+08													
K_c	кг/м^2	25													
a	м/с^2	296	292	294	292	293	294	295	292	292	295	293	295	295	291

Как видно на рисунке, **скорость распространения ударной волны** в **ПВХ-О трубах TOM® гораздо ниже**, чем в трубах, изготовленных из других материалов.



Если трубопровод состоит из секций с различными характеристиками, средняя скорость распространения ударной волны вычисляется как средневзвешенное значение скорости распространения волны в каждой секции. Если L_1, L_2, L_3... — длины секций с различными характеристиками, при этом a_1, a_2, a_3... — соответствующие скорости распространения ударной волны, общее время L/a, которое необходимо волне для прохождения всего трубопровода, будет выражаться следующей суммой:

$$\frac{L}{a} = \frac{L_1}{a_1} + \frac{L_2}{a_2} + \frac{L_3}{a_3} + "..." \rightarrow a = \frac{L}{\sum \frac{L_i}{a_i}}$$

- **Время закрытия клапана и время остановки насоса. Медленное и быстрое закрытие**

Время (T) определяется как интервал между началом и окончанием процесса (полное и частичное закрытие или открытие). Это период, в течение которого изменяется скорость потока. Это в равной степени относится к самотечным и насосным системам, как по части времени закрытия, так и остановки потока соответственно.

Иными словами, время закрытия вентиля (T) является переменной для самотечных систем, так как вентили могут закрываться с различной скоростью. С другой стороны, время остановки в насосных системах обычно неизменно, за исключением случаев, когда насосное оборудование оснащено регулятором потока или аналогичным устройством.

По формуле Мендилуче, время остановки можно рассчитать следующим образом:

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

Где:

L: Длина трубы (м)

v: Скорость воды, м/с

C и K: Эмпирические корректировочные коэффициенты

g: Гравитационное ускорение: 9,81 м/с^2

H_m: Манометрическая высота, мвс; $H_m = H_g + H_T$

Коэффициент (C) является функцией гидравлического градиента (м), где:

$$m = \frac{H_m}{L}$$

C = 1 для увеличивающихся гидравлических градиентов до 20%. Затем значение постепенно падает до нуля, когда градиент достигает 40%. При градиентах свыше 50% остановка потока происходит очень быстро, поэтому следует учитывать максимальное значение гидроудара по Аллиеви по всей длине трубы. Значения (C) по Мендилуче:

$$\frac{H_m}{L} < 0{,}20;\ C = 1$$

$$\frac{H_m}{L} \geq 0{,}40;\ C = 0$$

$$\frac{H_m}{L} = 0{,}30;\ C = 0{,}60$$

Коэффициент (k) зависит от длины трубы. Его можно найти в следующей таблице по формуле Мендилуче.

L	K
L< 500	2
L≈ 500	1,75
500<L<1 500	1,5
L≈ 1 500	1,25
L> 1 500	1

Предельное время (T_c) определяется как время, необходимое волне давления для завершения одного колебания.

Так как L — это длина трубы, а значение (a) — это скорость распространения волны давления,

$$T_c = \frac{2 \cdot L}{a}$$

Где:

T_c: Предельное время, с

L: Длина трубы (м)

a: Скорость распространения ударной волны, м/с

Критическое время (T_c) затем сравнивается с временем остановки (T), полученным по формуле Мендилуче, как определено выше.

- Если **T_c>T**, то закрытие будет завершено ко времени возвращения волны давления. Такое закрытие считается быстрым. При этом в определенной точке трубы возможен максимальный скачок давления.

- Если **T_c<T**, то закрытие происходит медленно, и ни в одной точке не возникнет максимальный скачок напряжения, так как первая волна положительного давления вернется до формирования последней волны отрицательного давления.

Наихудший сценарий для трубы (максимальный гидроудар) происходит при мгновенном закрытии (T≈0). На самом деле, это случается только в насосных системах с большими пьезометрическими уклонами, что встречается нечасто.

Чем дольше происходит закрытие (T), тем ниже скачки давления, поэтому управление временем закрытия (T), например, как в самотечных системах, снизит вероятность поломок трубопровода.

- **Расчет скачков давления, вызванных гидроударом. Формулы Мишо и Аллиеви**

Как только определено время закрытия (T) (медленное или быстрое), гидравлический удар можно рассчитать следующим образом:

a) Медленное закрытие

Мишо предлагает следующую формулу для расчета гидроудара:

$$\Delta P = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$$

Где:

ΔP: Волна повышенного давления, вызванная гидравлическим ударом, мвс

L: Длина сети, м

v: Скорость потока воды, м/с

T: Время остановки или закрытия, в зависимости от обстоятельств, сек

g: Гравитационное ускорение, м/с^2

b) Быстрое закрытие

В этом случае Аллиеви предлагает следующее выражение для максимального значения гидроудара:

$$\Delta P = \frac{a \cdot v}{g}$$

Где (a) — скорость распространения ударной волны в м/с, (v) — скорость и (g) — гравитационное ускорение, как указано выше.

Графическое представление уравнений Аллиеви и Мишо показывает, что: если труба достаточно длинная, две прямые линии пересекаются в точке, называемой критической точкой. Длина секции трубы, согласно уравнению Мишо, известна как критическая длина (L_c) , и это значение логически вычисляется путем сопоставления формул Мишо и Аллиеви:

$$\frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} = \frac{a \cdot v}{g} \qquad L_c = \frac{a \cdot T}{2}$$

В соответствии с концепцией критической длины (L_c):

- Если $L<L_c$, то это короткая насосная система (трубопровод), соответствующая медленному закрытию, при этом гидроудар вычисляется по формуле Мишо.

- Если $L>L_c$, то насосная система (трубопровод) является длинной, а закрытие — быстрым, где значение гидроудара от клапана до критической точки вычисляется по формуле Аллиеви, а формула Мишо используется для остальных секций.

$L < L_c$	Короткая насосная система	$T > \frac{2 \cdot L}{a}$	Медленное закрытие	Формула Мишо	$\Delta P = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$
$L > L_c$	Длинная насосная система	$T < \frac{2 \cdot L}{a}$	Быстрое закрытие	Формула Аллиеви	$\Delta P = \frac{a \cdot v}{g}$

Комплексные решения для водонапоррных сетей

TOM ECO FITTOM

Новое поколение труб из Ориентированного ПВХ

От ДН90мм до ДН800 мм и давления 12.5; 16; 20 и 25 бар

Однородная система из ПВХ-О

Большая гидростатическая устойчивость

Абсолютная антикоррозийность

Максимальная устойчивость перед гидроударом

Гарантированная герметичность

Высокая ударопрочность

Максимальная гибкость

Первые аксессуары из ПВХ-О

Муфта

Скользящая муфта

Переход

Отвод на 11.25˚, 22 5˚ и 45˚

info@molecor.com
www.molecor.ru

Пример

Короткая насосная система. Медленное закрытие. Вычисляется с использованием уравнения Мишо.

	трубы		ПВХ-О DN 355 PN 16	ПЭ 100 DN 355 PN 16	ЧУГУН K9 DN 350
Длина (L)		**м**	**1 600**	**1 600**	**1 600**
H_g	H геометрич	м	10	10	10
Q	Расход воды	$м^3/ч$	350	350	350
Q	Расход воды	л/с	97	97	97
ID	Внутренний диаметр	мм	336,0	290,6	349,7
v	Скорость	м/с	1,10	1,47	1,01
Непрерывная потеря напора для трубы в эксплуатации (по формуле Хазена-Вильямса)					
C	Коэффициент Хазена-Вильямса	-	150	150	130
J	Потеря напора	м/км	2,69	5,45	2,88
Δh	Потеря напора	мвс	4,30	8,72	4,61
$ΔH_m$	**Hg + Ah**	**мвс**	**14,30**	**18,72**	**14,61**
Волна повышенного давления, вызванная гидравлическим ударом					
v	Скорость потока воды	м/с	1,10	1,47	1,01
e	Толщина	мм	7,8	32,2	6
E	Долгосрочный модуль упругости	$кг/м^2$	4,00E+08	1,00E+08	1,70E+10
K_c	Значение K, долгосрочное (характеристики материала)	-	25,0	100,0	0,6
a	Скорость распространения ударной волны	м/с	292	318	1 079
T	Время закрытия	с	13,51	13,77	12,30
m	Гидравлический градиент	-	0,009	0,012	0,009
C	Коэффициент "C" по Мендилуче	-	1,00	1,00	1,00
K	Коэффициент "K" по Мендилуче	-	1,00	1,00	1,00
T_c	Предельное время	с	10,94	10,06	2,96
L_c	Критическая длина	м	1 974,86	2 190,51	6 637,48
	Трубопроводная система	-	Короткая	Короткая	Короткая
	Тип закрытия	-	Медленный	Медленный	Медленный
	Формула	-	Формула Мишо	Формула Мишо	Формула Мишо
ΔP	Гидроудар (±)	мвс	26,48	34,72	26,85

Поскольку закрытие происходит медленно, скорость распространения ударной волны не оказывает воздействие (см. формулу Мишо). По этой причине результаты показывают, что гидроудар в чугунных трубах аналогичен гидроудару в трубах из других материалов. Однако это не самый частый тип закрытия, поэтому необходимо учесть результаты вычислений по формуле Аллиеви ниже.

Длинная насосная система. Быстрое закрытие. Вычисляется по формуле Аллиеви.

трубы			ПВХ-О DN 355 PN 16	ПЭ 100 DN 355 PN 16	ЧУГУН K9 DN 350
Длина (L)		**м**	**1 600**	**1 600**	**1 600**
H_g	Н геометрич	м	80	80	80
Q	Расход воды	$м^3/ч$	350	350	350
Q	Расход воды	л/с	97	97	97
ID	Внутренний диаметрг	мм	336,0	290,6	349,7
v	Скорость потока воды	м/с	1,10	1,47	1,01
Непрерывная потеря напора для трубы в эксплуатации (по формуле Хазена-Вильямса)					
C	Коэффициент Хазена-Вильямса	-	150	150	130
J	Потеря напора	м/км	2,69	5,45	2,88
Δh	Потеря напора	мвс	4,30	8,72	4,61
$ΔH_m$	**Hg + Ah**	**мвс**	**84,30**	**88,72**	**84,61**
Волна повышенного давления, вызванная гидравлическим ударом					
v	Скорость потока воды	м/с	1,10	1,47	1,01
e	Толщина	мм	7,8	32,2	6
E	Долгосрочный модуль упругости	$кг/м^2$	4,00E+08	1,00E+08	1,70E+10
K_c	Значение K, долгосрочное (характеристики материала)	-	25,0	100,0	0,6
a	Скорость распространения ударной волны	м/с	292	318	1 079
T	Время закрытия	с	3,12	3,69	2,95
m	Гидравлический градиент	-	0,053	0,055	0,053
C	Коэффициент "C" по Мендилуче	-	1,00	1,00	1,00
K	Коэффициент "K" по Мендилуче	-	1,00	1,00	1,00
T_c	Предельное время	с	10,94	10,06	2,96
L_c	Критическая длина	м	456,42	587,73	1 592,89
	Трубопроводная система	-	Длинная	Длинная	Длинная
	Тип закрытия	-	Быстрый	Быстрый	Быстрый
	Формула	-	Формула ллиеви	Формула ллиеви	Формула ллиеви
ΔP	Гидроудар (±)	мвс	32,69	47,54	111,39

- **Таблица рабочих давлений**

Показатели давления в соответствии со стандартом UNE-EN 805 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*) для **ПВХ-О труб TOM®**, использующихся в напорных системах, представлены в следующей таблице:

Номинальное давление (бар)		PN12,5	PN16	PN20	PN25
PN	Номинальное давление	12,5	16	20	25
PFA	Допустимое рабочее давление	12,5	16	20	25
PEA (120 минут - 25 °C) (1)	Допустимое испытательное давление на участке	17,5	21	25	30
Pr (50 лет - 20 °C)	Давление разрыва	17,5	22,4	28	35
Pr (10 часов - 20 °C)	Давление разрыва	25,0	30,0	37,0	48,0

(1) При расчетном гидроударе

Труба может выдержать внутреннее давление при эксплуатации, включая случайные гидроудары согласно MAP - МДД (максимально допустимому давлению). Постоянное превышение Допустимого рабочего давления (AOP - ДРД) не разрешается. **Частые гидроудары вызывают усталость материала труб и снижают срок их службы. Поэтому гидроудары следует предотвращать посредством соответствующей конструкции сети и различных предохранительных элементов (воздушных клапанов, клапанов защиты от гидроудара и т.д.).**

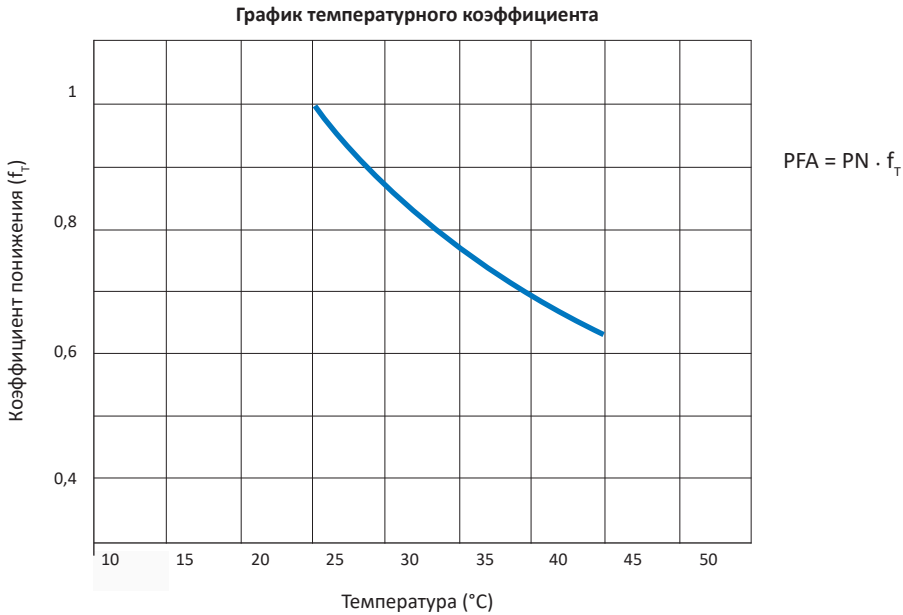
При определении максимального рабочего давления, которое установленная труба может выдержать при обслуживании или в течение срока службы, необходимо учитывать не только значения внутреннего давления, но и другие силы и нагрузки, которым подвергается труба, например, действие гравитации (грунт, трубы, жидкость и др.), воздействия грунта, вызванные перегрузкой или прочими факторами (валуны, оползни и т.д.), которые увеличивают нагрузку на материал труб и снижают срок службы (см. *"Механические расчеты"* страница 90).

Все вышеперечисленные факторы соответствуют трубам, используемым при температуре 25 °C и ниже. В случае эксплуатации при более высоких температурах необходимо применять соответствующий коэффициент понижения температуры (см. 1.4 *"Влияние температуры и прочие расчетные коэффициенты"* страница 88).

1.4. Влияние температуры и прочие расчетные коэффициенты

1.4.1. Рабочее давление в зависимости от температуры

Когда температура окружающей среды или жидкости превышает 25 °C, необходимо применять коэффициент понижения температуры. Такой коэффициент (f_T) уменьшает все значения рабочего давления, описанные в главе *"Таблица рабочих давлений" страница* 87.



1.4.2. Влияние различных коэффициентов запаса прочности

В дополнение к коэффициенту понижения температуры, указанному выше, необходимо применять прочие коэффициенты запаса прочности, чтобы уменьшить рабочее давление, когда того требуют условия эксплуатации. Есть и другие факторы, которые могут привести к поломке трубопровода, что делает необходимым использование поправочного коэффициента в зависимости от сферы применения (f_A).

$$PFA = PN \cdot f_T \cdot f_A$$

Обстоятельства или условия, которые вынуждают использовать поправочный коэффициент в зависимости от сферы применения (f_A), очень разнообразны, вот некоторые примеры:

- **Наличие других требований или силы, кроме внутреннего давления** (см. *"Механические расчеты"* страница 90): действие гравитации, грунтовые нагрузки, перегрузки и т.д.

- **Ошибки при монтаже:**

> Неподходящий состав грунта, неверная укладка грунта для засыпки;
> Неподходящий состав грунта и плохое уплотнение;
> Неоднородная или неподходящая геометрия траншей;
> Камни или посторонние материалы, которые могут привести к возникновению точечной нагрузки на трубу.

- **Большая вероятность аварийных ситуаций:**

> Высокий уровень подземных вод или высокий риск их влияния;
> Риск смещения грунта;
> Неожиданное увеличение температуры окружающей среды или жидкости.

- **Экономические последствия поломки трубопровода:**

> Остановка промышленных процессов;
> Дорогостоящие потери в связи с прекращением водоснабжения;
> Воздействие на высокотоварные культуры в связи с прекращением полива;
> Воздействие других близлежащих инфраструктур.

- **Социальные последствия сбоя в работе сети:**

> Отключение городской системы питьевого водоснабжения;
> Отключение полива зеленых насаждений.

- **Опасности, связанные с поломками трубопровода:**

> Близость к транспортной инфраструктуре (автомобильные, железные дороги и т.д.);
> Близость к другим инфраструктурам (электро-, газоснабжение и т.д.);
> Возможное затопление в городских районах;
> Близость к промышленным районам или расположение на их территории.

Значения допустимого рабочего давления с учетом и без учета скачков давления не должны строго корректироваться по рабочему давлению труб. Однако необходимо применять корректирующие коэффициенты в зависимости от конкретных условий использования (f_A).

2. Механические расчеты

2.1. Классификация различных типов труб

Трубы могут быть классифицированы как жесткие, полужесткие и гибкие в зависимости от механической прочности их поперечного сечения. Трубы в основном классифицируются по теории Марстона.

Жесткие:

$$\frac{\Delta D}{D} \leq 0{,}1\%$$

Полужесткие:

$$0{,}1\% < \frac{\Delta D}{D} \leq 3\%$$

Гибкие:

$$\frac{\Delta D}{D} > 3\%$$

Согласно стандарту CEN/TR 1295-3:2007 (см. приложение *"Стандарты и сертификаты"*), когда материал труб считается однородным, жесткость кольца трубы (S) выражается следующим образом:

$$S = \frac{E}{12} \cdot \left(\frac{e}{D_m} \right)^2$$

Где:

E: Краткосрочный и долгосрочный модуль упругости материала трубы, в Н/мм^2

Материал трубы	Краткосрочный	Долгосрочный
ПВХ-О	4 200	2 500
ПВХ	3 600	1 750
ПЭ	1 000	150

e: Толщина трубы, м

D_m: Средний диаметр трубы, м

Для оценки производительности наземной трубопроводной системы и расчета коэффициента концентрации используется параметр S_c для определения относительной жесткости:

$$S_c = \frac{E_s}{8S(1-\vartheta_s^2)}$$

Где:

S_c: Относительная жесткость

E_s: Модуль упругости циркулирующего материала после коррекции, МПа

S: Жесткость трубы

ϑ_s: Модуль почвы Пуассона; его значение, как правило, равно 0,3, безразмерная величина

Классификация в соответствии с этим стандартом:

Жесткие: $S_r \leq 9$
Гибкие: $S_r > 24$
Полужесткие: $9 \leq S_r \leq 24$

Аналогичным образом трубы можно классифицировать по материалу и геометрии. Согласно стандарту UNE-EN 805 (см. приложение "*Стандарты и ссылки*"), они классифицируются по следующим критериям:

- **Жесткие**: Пропускная способность ограничена показателями разрывного давления, без значительных деформаций в поперечном сечении.

- **Гибкие**: Пропускная способность ограничена показателями допустимой деформации.

- **Полужесткие**: Пропускная способность ограничена показателями разрывного давления или деформации поперечного сечения.

Классификация труб будет также зависеть от их диаметра, толщины и условий монтажа. В целом, трубы можно классифицировать следующим образом:

- **Жесткие**: Бетон или керамика.

- **Гибкие**: Сталь, стекловолокно, чугун, ПЭ, НПВХ и **ПВХ-О ТОМ®**

- **Полужесткие**: В зависимости от диаметра, толщины и условий монтажа к ним можно отнести трубы из чугуна, ПЭ, НПВХ и **ПВХ-О трубы ТОМ®**.

2.2. Осевые нагрузки

2.2.1. Бетонное анкерное крепление

Осевые нагрузки, оказываемые на трубопроводные сети, в особенности на некоторые элементы сетей (отводы, редукторы, вентили, закрытые фланцы и т.д.), необходимо гасить путем крепления элементов на твердых бетонных основаниях, которые могут поглощать такие осевые нагрузки и передать их на грунт, чтобы предотвратить повреждения сети.

Общая формула осевых нагрузок:

1. Для вентилей, тройников и переходных конусов:

$$F = P \cdot S$$

2. Для отводов:

$$F = 2 \cdot P \cdot S \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

Где:

F: Осевая нагрузка, даН

P: Испытательное давление в трубе (1,4 x рабочего давления), бар

S: Сечение трубы в см^2 (отвод для тройника и разница между сечением впуска и выпуска для редуктора)

$$S = \pi \cdot \frac{ID^2}{4} \qquad S = \pi \cdot \frac{(ID_1^2 - ID_2^2)}{4}$$

Иными словами, чтобы рассчитать осевую нагрузку, необходимо включить коэффициент K, который варьируется в зависимости от геометрии фитинга.

$$F = P \cdot S \cdot K$$

Они принимают следующие значения:

Фитинги	Значение K
Тройники и втулки на 90°	1
Отводы на 90°	1,414
Отводы на 45°	0,765
Отводы на 22° 30'	0,39
Отводы на 11° 15'	0,196

В случаях, когда геометрия фитинга отличается от вышеуказанных параметров, значение (K) можно получить с помощью следующего полиномиального уравнения:

$$K= -3\cdot10^{-7}\cdot\alpha^3+1.4\cdot10^{-5}\cdot\alpha^2+1.7\cdot10^{-2}\cdot\alpha+7.2\cdot10^{-3}$$

Так, например, для α= 35°, K = 0,60.

В следующей таблице показаны осевые нагрузки, воздействующие на ряд фитингов PN16 (для рабочего давления 11,4 бар и испытательного давления 16 бар).

DN	ID	S	P	кН				
мм	мм	см²	Бар	Тройники и втулки	Отвод 90°	Отвод 45°	Отвод 22° 30'	Отвод 11° 15'
90	84,0	55,42	16	8,84	12,51	6,77	3,45	1,73
110	104,0	84,95	16	13,56	19,17	10,37	5,29	2,66
125	117,8	108,99	16	17,44	24,66	13,34	6,80	3,42
140	132,4	137,68	16	21,97	31,07	16,81	8,57	4,31
160	151,4	180,03	16	28,73	40,63	21,98	11,21	5,63
200	189,2	281,15	16	44,87	63,45	34,33	17,50	8,79
225	212,8	355,66	16	56,76	80,26	43,42	22,14	11,13
250	236,4	438,92	16	70,05	99,05	53,59	27,32	13,73
315	298,0	697,46	16	111,32	157,40	85,16	43,41	21,82
355	336,0	886,68	16	141,51	200,10	108,26	55,19	27,74
400	378,4	1 124,58	16	179,48	253,79	137,31	70,00	35,18
450	426,0	1 425,31	16	227,48	321,66	174,02	88,72	44,59
500	472,8	1 755,68	16	280,21	396,21	214,36	109,28	54,92
630	595,8	2 787,99	16	444,96	629,18	340,40	173,54	87,21
710	671,4	3 540,40	16	566,46	800,98	433,35	220,92	111,03
800	757,8	4 510,23	16	719,83	1 017,84	550,67	280,74	141,09

Изогнутые трубы ведут себя также как и отводы с малым углом. Это означает, что на грунт оказывается обратное давление, как показано в следующей таблице. В нормальных условиях трубы выдерживают такое давление при достаточном уплотнении грунта. При сильном изгибе трубу необходимо зафиксировать анкерным креплением.

	Нагрузка на изогнутой трубе, 2°(α=2°) в кН (1)					
DN	Бар					
мм	1	5	10	15	20	25
90	0,02	0,11	0,23	0,34	0,46	0,57
110	0,04	0,18	0,35	0,53	0,70	0,88
125	0,04	0,22	0,45	0,67	0,90	1,12
140	0,06	0,28	0,57	0,85	1,14	1,42
160	0,07	0,37	0,74	1,11	1,49	1,86
200	0,12	0,58	1,16	1,74	2,32	2,90
225	0,15	0,73	1,47	2,20	2,93	3,67
250	0,18	0,91	1,81	2,72	3,62	4,53
315	0,29	1,44	2,88	4,32	5,75	7,19
355	0,37	1,83	3,66	5,49	7,32	9,14
400	0,46	2,32	4,64	6,96	9,28	11,60
450	0,59	2,94	5,88	8,82	11,76	14,70
500	0,72	3,62	7,24	10,86	14,49	18,11
630	1,15	5,75	11,50	17,25	23,00	28,75
710	1,46	7,30	14,61	21,91	29,21	36,51
800	1,86	9,30	18,61	27,91	37,21	46,52

(1) Нагрузка на трубу длиной 5,95 метров.

3. На наклонных секциях:

$$F=p\cdot(\sin\alpha/(2-\tan\varphi\cdot\cos\alpha)$$

Где:

F: Осевая нагрузка, даН

p: Полный вес (даН) секции между двумя анкерными креплениями

α: Угол между трубой и горизонтальной поверхностью, град

φ: Угол трения между трубой и грунтом, в град

Примечание: ф зависит от характеристик грунта

Анкерные крепления должны соответствовать следующему условию:

$$T_g + T_f \geq 1{,}5\cdot F$$

Где:

T_g: Пассивное сопротивление грунта (в кг), заданное следующим выражением:

$$T_g = 0{,}5 \cdot \delta_s \cdot (H_1^2 - H_2^2) \cdot B \cdot \tan(45+\theta/2)^2$$

Где:

δs: Удельный вес почвы и трение грунта (см. табл. 1), в кг/м³

H_1: Глубина бетонного основания от его низа до уровня земли, м

H_2: Глубина верхней части бетонного основания, м

B: Более крупная часть бетонного основания, м

θ: Внутренний угол трения грунта (см. табл. 1), в °

T_f: Сила трения между бетоном и грунтом (в кг) выражается следующей формулой:

$$T_f = (V_c \cdot \delta_c + V_s \cdot \delta_s) \cdot f$$

V_c : Объем бетонного основания, в м³

δ_c: Удельный вес бетона (может равняться δ_c: 2 400 kg/m³ кг/м³ для армированного бетона или δ_c: 2 100 kg/m³ кг/м³ для неармированного бетона)

V : Объем грунта над бетонным основанием, в м³

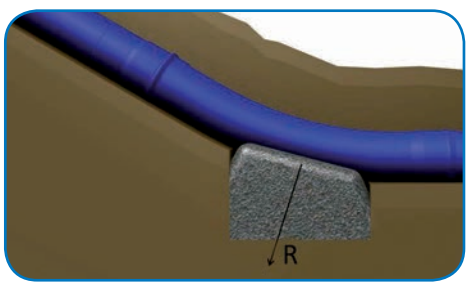
δ_s: Удельный вес грунта, кг/м³

f: Коэффициент трения между грунтом и бетоном (см. табл. 1)

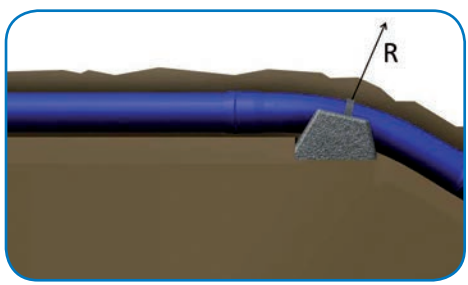
Следующие значения соответствуют различным типам грунта.

Таблица 1	θ	f=Sen (θ)	δ_c (кг/м³)
Раздробленная порода	40	0,64	2 000
Гравий/песок	35	0,57	1 900
Песок/гравий	30	0,50	2 000
Пылеватый материал/глина	25	0,42	1 900
Органический материал	15	0,26	1 800

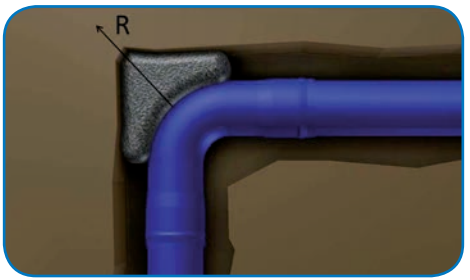
На следующих рисунках показаны некоторые стандартные варианты крепления.



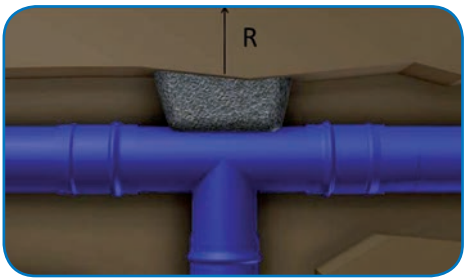
Тип изгиба 1



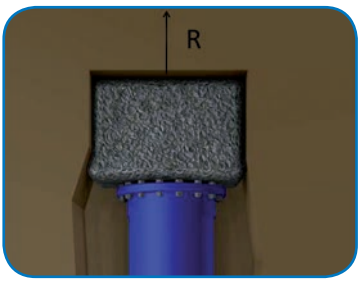
Тип изгиба 2



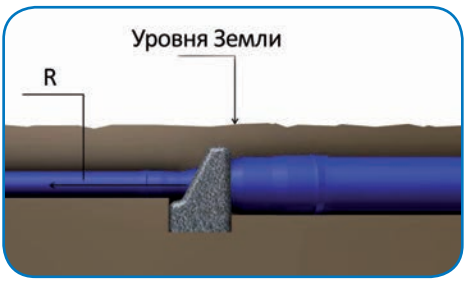
Изгиб а 90° (вид в плане)



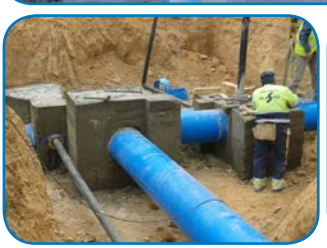
Тройник (вид в плане)



Конечное крепление (вид в плане)



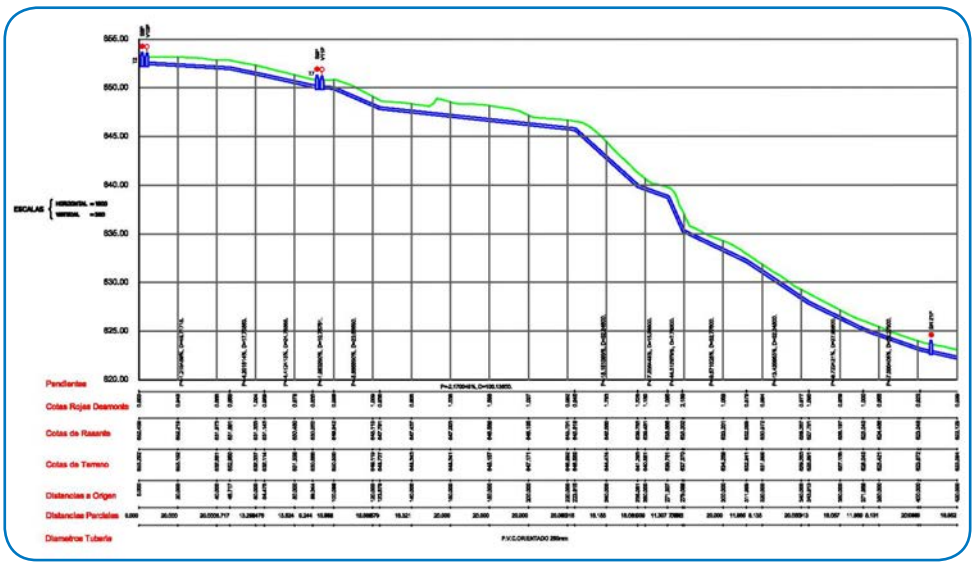
Редуктор (вид сбоку)



Бетонное анкерное крепление

Пример

Даны следующие продольные профили напорной сети. Предлагается установка анкерных креплений на бетонных основаниях в следующих точках: pK 0+223,8, pK 0+271,3 и pK 0+279. Гидравлическую опрессовку необходимо провести при давлении в 16 бар для труб ПВХ-О DN250 PN16.



Продольные профили напорной сети

Пример предварительных работ для установки анкерного крепления

Тип грунта: Раздробленная порода

Чугунный Вертикальный Отвод на 45° DN250 PN16 — pK 0+223,8

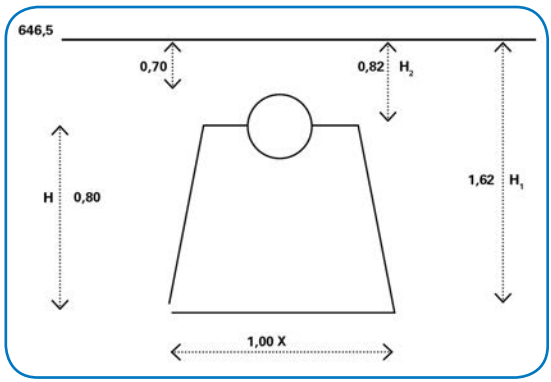
DN	250
P тест. (бар)	16,0
α (°)	45
K	0,77

DN	250
Синт. ($м^2$)	0,05
P тест ($кг/м^2$)	160 000
F (Kp)	6 011

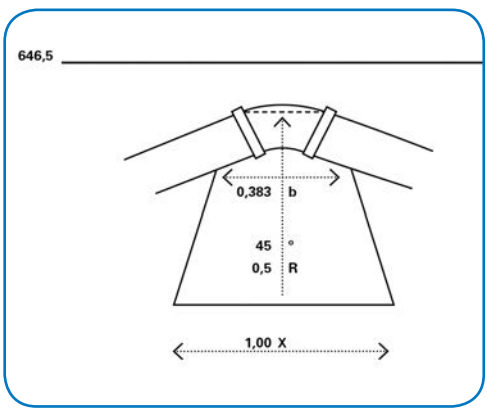
Раздробленная порода

T_g: Пассивное воздействие грунта		
δs	$кг/м^3$	2 000,00
H_1	м	1,62
H_2	м	0,82
θ	°	40,00
X	м	1,00

$T_g = 0,5\ \delta s\ (H1^2 - H2^2)$ / $B\ tg^2\ (45 + \theta/2)$ — Kp — 8 977,07



Бетонное анкерное крепление



Бетонное анкерное крепление Отводы на 45°

T_f: Сила трения бетон-грунт		
Высота цельного основания (H)	м	0,80
Длина цельного основания	м	0,80
Большее основание (X)	м	1,00
Меньшее основание (b)	м	0,4
Поверхность цельного бетонного основания	$м^2$	0,55
Vc	$м^3$	0,44
δc	$кг/м^3$	2 100,00
Vs (уплотнение 95-97%)	$м^3$	0,45
δs	$кг/м^3$	2 000,00
f	-	0,64
$T_f = (Vc \cdot \delta c + Vs \cdot \delta s) \cdot f$	Kp	1 175,17

Запас прочности (>1,5)	-	1,69

Чугунный Вертикальный Отвод на 45° DN250 PN16 — pK 0+271,3

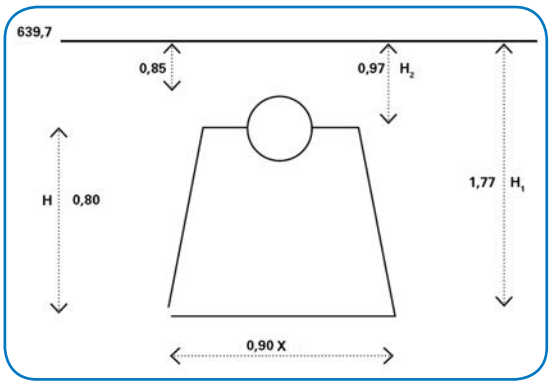
DN	250
P тест. (бар)	16,0
α (°)	45
K	0,77

DN	250
Синт. ($м^2$)	0,05
P тест ($кг/м^2$)	160 000
F (Kp)	6 011

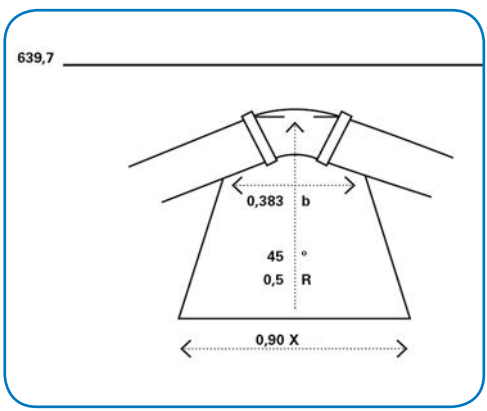
Раздробленная порода

T_g: Пассивное воздействие грунта		
δs	$кг/м^3$	2 000,00
H_1	м	1,77
H_2	м	0,97
θ	°	40,00
X	м	0,90

$T_g = 0,5\ \delta s\ (H1^2 - H2^2)$ / $B\ tg^2\ (45 + \theta/2)$ — Kp — 9 033,88



Бетонное анкерное крепление



Бетонное анкерное крепление Отводы на 45°

T_f: Сила трения бетон-грунт		
Высота цельного основания (H)	м	0,80
Длина цельного основания	м	0,80
Большее основание (X)	м	0,90
Меньшее основание (b)	м	0,4
Поверхность цельного бетонного основания	$м^2$	0,51
Vc	$м^3$	0,41
δc	$кг/м^3$	2 100,00
Vs (уплотнение 95-97%)	$м^3$	0,50
δs	$кг/м^3$	2 000,00
f	-	0,64
$T_f = (Vc \cdot \delta c + Vs \cdot \delta s) \cdot f$	Kp	1 185,12

Запас прочности (>1,5)	-	1,70

Чугунный Вертикальный Отвод на 45° DN250 PN16 — pK 0+279

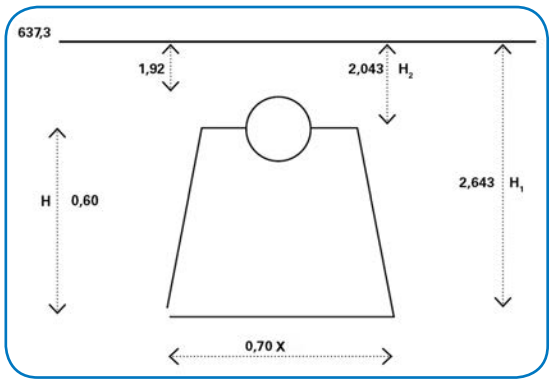
DN	250
P тест. (бар)	16,0
α (°)	45
K	0,77

DN	250
Синт. ($м^2$)	0,05
P тест ($кг/м^2$)	160 000
F (Kp)	6 011

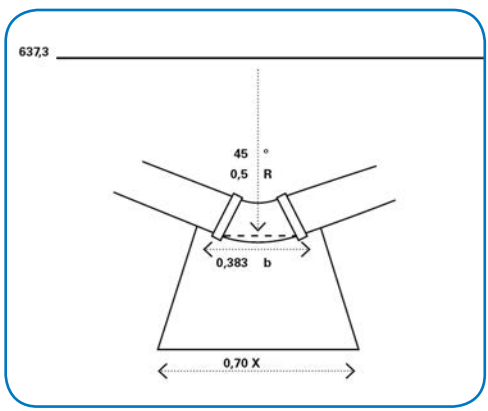
Раздробленная порода

T_g: Пассивное воздействие грунта		
δs	$кг/м^3$	2 000,00
H_1	м	2,64
H_2	м	2,04
θ	°	40,00
X	м	0,70

$T_g = 0,5\ \delta s\ (H1^2 - H2^2)$ B $tg^2\ (45 + \theta/2)$	kp	9 051,21



Бетонное анкерное крепление



Бетонное анкерное крепление Отводы на 45°

T_f: Сила трения бетон-грунт		
Высота цельного основания (H)	м	0,60
Длина цельного основания	м	0,60
Большее основание (X)	м	0,70
Меньшее основание (b)	м	0,4
Поверхность цельного бетонного основания	$м^2$	0,32
Vc	$м^3$	0,19
δc	$кг/м^3$	2 100,00
Vs (уплотнение 95-97%)	$м^3$	0,66
δs	$кг/м^3$	2 000,00
f	-	0,64
$T_f = (Vc \cdot \delta c + Vs \cdot \delta s) \cdot f$	Kp	1 111,30

Запас прочности (>1,5)	-	1,69

MOLECOR
Orienting the future

Тип грунта: Пылеватый материал и глина

Чугунный Вертикальный Отвод на 45° DN250 PN16 — pK 0+223,8

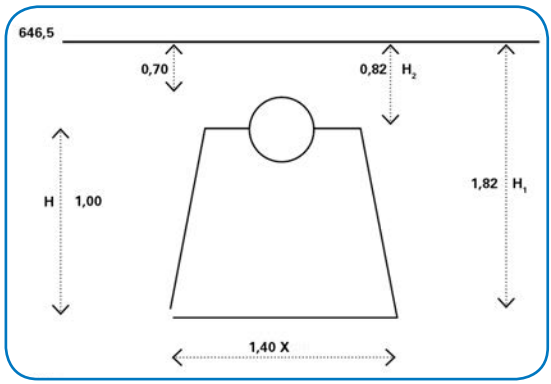
DN	250
P тест. (бар)	16,0
α (°)	45
K	0,77

DN	250
Синт. ($м^2$)	0,05
P тест ($кг/м^2$)	160 000
F (Kp)	6 011

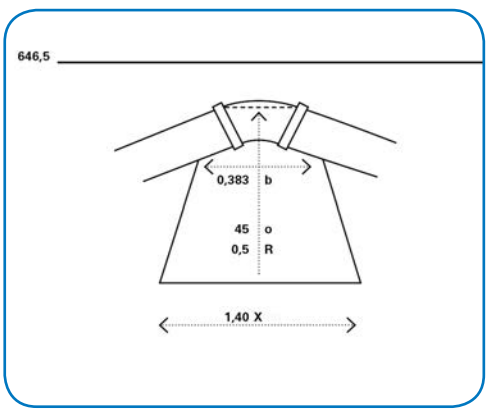
Пылеватый материал и глина

T_g: Пассивное воздействие грунта		
δs	$кг/м^3$	1 900,00
H_1	м	1,82
H_2	м	0,82
θ	°	25,00
X	м	1,40

$T_g = 0,5\ \delta s\ (H1^2 - H2^2)$ / $B\ tg^2\ (45 + \theta/2)$	kp	8 651,29



Бетонное анкерное крепление



Бетонное анкерное крепление Отводы на 45°

T_f: Сила трения бетон-грунт		
Высота цельного основания (H)	м	1,00
Длина цельного основания	м	1,00
Большее основание (X)	м	1,40
Меньшее основание (b)	м	0,4
Поверхность цельного бетонного основания	$м^2$	0,89
Vc	$м^3$	0,89
δc	$кг/м^3$	2 100,00
Vs (уплотнение 95-97%)	$м^3$	0,73
δs	$кг/м^3$	1 900,00
f	-	0,42
$T_f = (Vc \cdot \delta c + Vs \cdot \delta s) \cdot f$	Kp	1 369,42

Запас прочности (>1,5)	-	1,67

Чугунный Вертикальный Отвод на 45° DN250 PN16 — pK 0+271,3

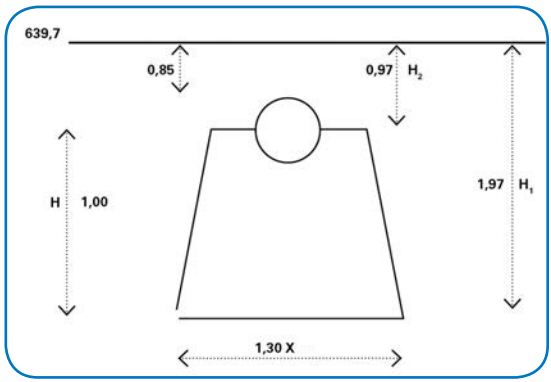
DN	250
P тест. (бар)	16,0
α (°)	45
K	0,77

DN	250
Синт. ($м^2$)	0,05
P тест ($кг/м^2$)	160 000
F (Kp)	6 011

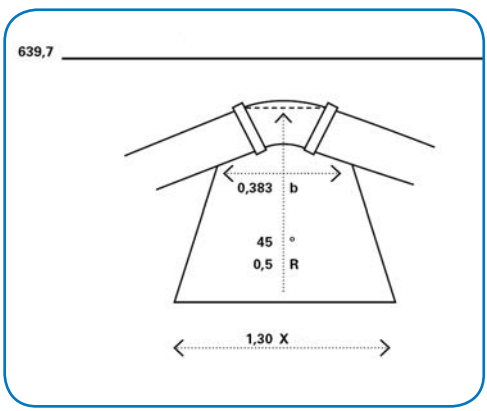
Пылеватый материал и глина

T_g: Пассивное воздействие грунта		
δs	$кг/м^3$	1 900,00
H_1	м	1,97
H_2	м	0,97
θ	°	25,00
X	м	1,30

$T_g = 0,5\ \delta s\ (H1^2 - H2^2)$ / $B\ tg^2\ (45 + \theta/2)$	kp	8 946,22



Бетонное анкерное крепление



Бетонное анкерное крепление Отводы на 45°

T_f: Сила трения бетон-грунт		
Высота цельного основания (H)	м	1,00
Длина цельного основания	м	1,00
Большее основание (X)	м	1,30
Меньшее основание (b)	м	0,4
Поверхность цельного бетонного основания	$м^2$	0,84
Vc	$м^3$	0,84
δc	$кг/м^3$	2 100,00
Vs (уплотнение 95-97%)	$м^3$	0,82
δs	$кг/м^3$	1 900,00
f	-	0,42
$T_f = (Vc \cdot \delta c + Vs \cdot \delta s) \cdot f$	Kp	1 393,31

Запас прочности (>1,5)	-	1,72

MOLECOR
Orienting the future

Чугунный Вертикальный Отвод на 45° DN250 PN16 — pK 0+279

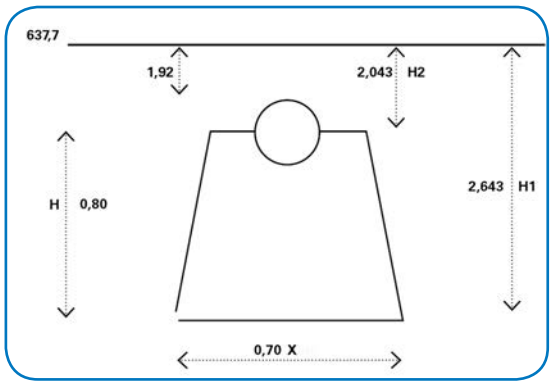
DN	250
P тест. (бар)	16,0
α (°)	45
K	0,77

DN	250
Синт. ($м^2$)	0,05
P тест ($кг/м^2$)	160 000
F (Kp)	6 011

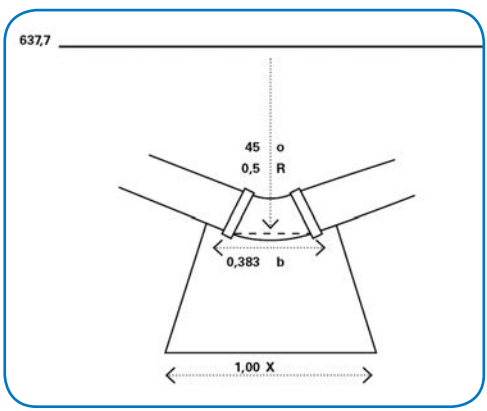
Пылеватый материал и глина

T_g: Пассивное воздействие грунта		
δs	$кг/м^3$	1 900,00
H_1	м	2,84
H_2	м	2,04
θ	°	25,00
X	м	1,00

$T_g = 0,5\ \delta s\ (H1^2 - H2^2)$ / $B\ tg^2\ (45 + \theta/2)$	kp	9 149,40



Бетонное анкерное крепление



Бетонное анкерное крепление Отводы на 45°

T_f: Сила трения бетон-грунт		
Высота цельного основания (H)	м	0,80
Длина цельного основания	м	0,80
Большее основание (X)	м	1,00
Меньшее основание (b)	м	0,4
Поверхность цельного бетонного основания	$м^2$	0,55
Vc	$м^3$	0,44
δc	$кг/м^3$	2 100,00
Vs (уплотнение 95-97%)	$м^3$	1,13
δs	$кг/м^3$	1 900,00
f	-	0,42
$T_f = (Vc \cdot \delta c + Vs \cdot \delta s) \cdot f$	Kp	1 291,93

Запас прочности (>1,5)	-	1,74

Выводы

- Для **раздробленной породы** и ПВХ-О труб DN250 PN16 на глубине, обозначенной в профиле, бетонные анкерные элементы устанавливаются на вертикальных отводах 45о и должны включать, по крайней мере, следующее:

pK	Бетонное анкерное крепление			
	Большое основание (X), м	Малое основание (b), м	Высота (H), м	Запас прочности (>1,5)
pK 0+223,8	1,00	0,40	0,80	1,69
pK 0+271,3	0,90	0,40	0,80	1,70
pK 0+279	0,70	0,40	0,60	1,69

- Для **пылеватых и глиняных грунтов** и ПВХ-О труб DN250 на глубине, обозначенной в профиле, бетонные анкерные элементы устанавливаются на вертикальных отводах 45° и должны включать, по крайней мере, следующее:

pK	Бетонное анкерное крепление			
	Большое основание (X), м	Малое основание (b), м	Высота (H), м	Запас прочности (>1,5)
pK 0+223,8	1,40	0,40	1,00	1,67
pK 0+271,3	1,30	0,40	1,00	1,72
pK 0+279	1,00	0,40	0,80	1,74

Примечание: Рекомендуемая глубина составляет H_2> 1 м на pK 0+223,8 и 0+271,3, а объем уплотнения (V_s) во всех случаях составляет 95-97%.

2.3. Подземные сети

2.3.1. Размеры траншей

Хотя **трубы TOM®** можно использовать и для других целей, они отлично подходят для подземной установки. Размеры траншеи зависят от нагрузок, которым будут подвергаться трубы (дорожное движение, грунт и т.д.) в соответствии со стандартом UNE 53331 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*).

- **Устройство траншей**

В целях расчета учитываются три типа траншей:

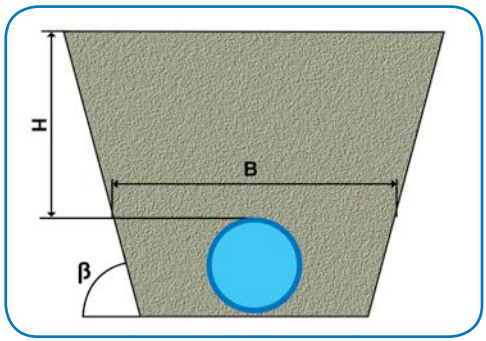
ТИП 1: Установка в траншею или под насыпь

Для расчетов необходимы следующие данные:

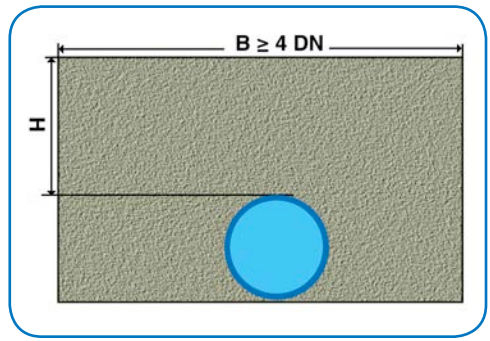
- Высота обратной засыпки над трубой, H, в метрах.

- Ширина траншеи у верхней точки трубы, B, в метрах. Для установок под насыпью, B ≥ 4 DN.

- Угол стенок траншеи, β, в градусах.



Установка в траншеи [1]



Установка под насыпью [2]

(1) B ≤ 2DN и H ≥ 1,5B или 2DN < B ≤ 3DN и H ≥ 3,5B

(2) B ≥ 4 DN

Как правило, при отсутствии дорожного движения верхняя часть трубы должна находиться на глубине как минимум 0,6 метров. В противном случае минимальная глубина должна составлять 1 метр после завершения соответствующих расчетов для самого неблагоприятного сценария.

Минимальная ширина траншеи зависит от номинального диаметра трубы и глубины траншеи:

номинального диаметра (мм)	Минимальная ширина траншеи, B (м)
90 - 250	0,60
315	0,85
355	1,10
400	1,10
450	1,15
500	1,20
630	1,35
710	1,60
800	1,65

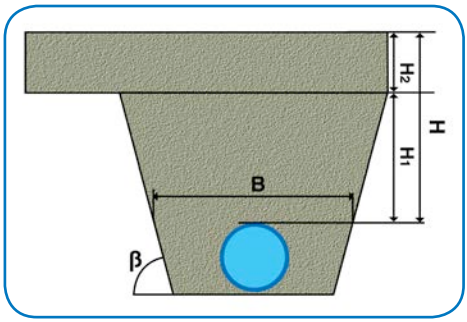
Глубина траншеи, H (м)	Минимальная ширина траншеи, B (м)
H < 1,00	0,60
1,00 < H < 1,75	0,80
1,75 < H < 4,00	0,90
H > 4,00	1,00

Произвести расчёты в Программе Механических Рассчётов ТОМ®

ТИП 2: Установка в траншею или устройство насыпи

Для расчетов необходимы следующие данные:

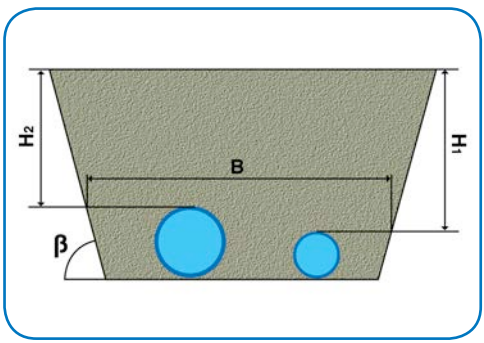
- Высота обратной засыпки от верхней точки трубы до уровня земли, H_1 в метрах.
- Высота насыпи, H_2, в метрах.
- Ширина траншеи у верхней точки трубы, B, в метрах.
- Угол стенок траншеи, β, в градусах.



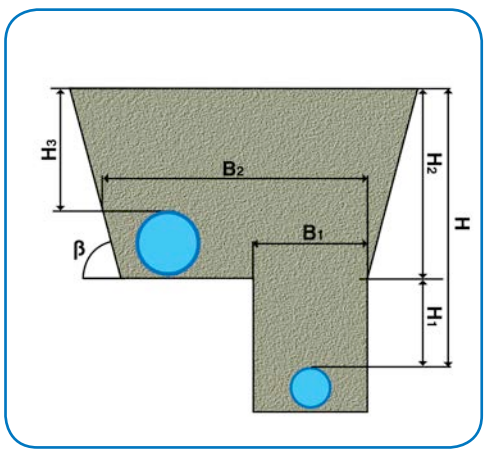
Установка в траншею или устройство насыпи

ТИП 3: Установка двух труб в одной траншее

Необходимы те же данные, что и в предыдущих двух случаях. Следует различать установку на одном и на разных уровнях.



Две трубы на одном уровне



Две трубы на разных уровнях

- **Характеристики основания под трубы и коэффициент выступа**

Дно траншеи должно обеспечивать равномерную, ровную и твердую опору по длине трубы. Необходимые данные для вычислений: угол основания 2α, в градусах, и коэффициент выступа, P_j. В целях расчета можно рассмотреть два типа основания:

ТИП 1: Уплотненный гранулированный материал, на который устанавливается труба

Основание должно быть равномерно уплотнено по всей длине, охватывать трубы в соответствии с углом основания 2α. Коэффициент выступа для этого типа основания $P_j = 1$.

номинального диаметра (мм)	Минимальная глубина основания (м)
90	0,109
110	0,111
125	0,113
140	0,114
160	0,116
200	0,120
225	0,123
250	0,125

номинального диаметра (мм)	Минимальная глубина основания (м)
315	0,132
355	0,136
400	0,140
450	0,145
500	0,150
630	0,163
710	0,171
800	0,180

Тип основания 1

В целом для оптимальной установки необходимо покрыть основание песком (или другим мелкогранулированным материалом) толщиной от 10 до 18 см. Трубы запрещается прокладывать непосредственно на камнях или булыжниках.

ТИП 2: Труба укладывается непосредственно на дно траншеи или на грунт для устройства насыпи

Такой тип установки следует использовать только в песчаных почвах без крупных агломератов и камней. После укладки трубы необходимо провести обратную засыпку и уплотнить материал по обеим сторонам трубы, чтобы обеспечить угол 2α. Проекционное отношение для этого типа оснований $P_j = 1$.

Тип основания 2

- **Засыпка траншей**

После укладки труб по центральной линии траншеи и завершения их соединения необходимо провести засыпку по обеим сторонам трубы. Засыпка должна уплотняться слоями не более 15 см. Высота засыпки должна быть равномерной по обеим сторонам трубы вплоть до ее верхней части, которая должна оставаться видимой. Стандартная степень уплотнения должна быть выше 95% по Проктору. Степень уплотнения должна соответствовать степени уплотнения основания. Необходимо тщательно следить за процессом утрамбовки, чтобы предотвратить образование зазоров под трубой.

Траншеи необходимо заполнить до уровня в 30 сантиметров над верхней частью трубы. Засыпку по обеим сторонам трубы необходимо немного уплотнить, а над трубой вдоль центральной линии оставить неуплотненной·

Затем засыпку можно завершить с использованием вынутого грунта. Уплотнение продолжается последовательными слоями толщиной не более 20 см до достижения 100% уплотнения по Проктору.

2.3.2. Нагрузки и деформации

Перед определением различных типов напряжений или деформаций, которым могут подвергаться трубы при подземной установке, необходимо установить основные факторы воздействия:

Гравитационное воздействие: Производится конструктивными элементами трубы.

Почвенная нагрузка: Возникает за счет слоя грунта. Поэтому при установке труб необходимо учитывать тип грунтового основания, засыпки, степень уплотнения и характер грунта. Все эти элементы будут производить вертикальные, горизонтальные или боковые нагрузки.

Сверхнагрузки: Главным образом зависят от наличия движения транспортных средств над участком установки труб и типа дорожного покрытия.

Воздействие, обусловленное уровнем грунтовых вод: Гидростатический напор, генерируемый подземными водами.

Также в редких случаях необходимо учитывать климатические воздействия (ветра, выпадение снега, перепады температуры и др.), а также сейсмические и реологические явления.

Иными словами, основные или наиболее важные факторы, которые следует учитывать при подземной установке **ПВХ-О труб ТОМ®**, включают: внутреннее давление, нагрузки грунта и дорожное движение.

- **Гравитационное воздействие**

Характеристики труб и условия эксплуатации оказывают значительное воздействие на их устойчивость и сопротивление деформации. Необходимо учитывать следующие факторы:

- Вес трубы, который будет зависеть от ее номинального диаметра, толщины и типа материала.
- Постоянные или статические нагрузки. Это относится к весу конструкции или анкерных креплений.
- Вес жидкости внутри трубы.
- Внутреннее гидравлическое давление или рабочее давление.

- **Обратная засыпка и нагрузки грунта**

Характеристики грунта, необходимые для расчета нагрузки грунта, включают:

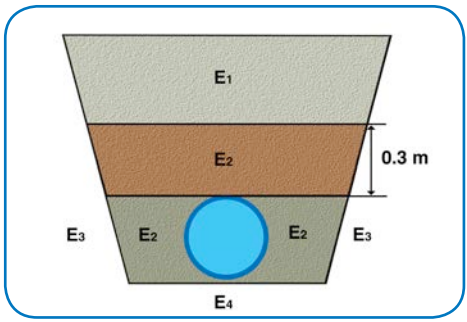
- Удельный вес засыпки (γ), в кН/м^3. При отсутствии данных испытаний следует принять, что γ = 20 кН/м^3.
- Внутренний угол трения засыпки (ρ), в градусах.
- Угол трения засыпки со стенками траншеи (ρ'), в градусах.
- Коэффициент бокового давления обратной засыпки, K_1 и K_2.
- Модуль сжатия на различных участках засыпки и траншеи, E_1, E_2, E_3 и E_4, в Н/мм^2.

> E_1: Модуль устойчивости обратной засыпки с верхней части траншеи.

> E_2: Модуль устойчивости обратной засыпки вокруг трубы, до 30 см над верхней точкой трубы.

> E_3: Модуль устойчивости грунта на обеих сторонах траншеи.

> E_4: Модуль устойчивости грунта под траншеей.



Тип грунта

Можно рассмотреть четыре типа грунта:

Группа 1: Несвязный грунт. Эта группа включает в себя рыхлый гравийный грунт и пески. Частицы размером Ф ≤ 0,06 мм должны составлять менее 5%.

Группа 2: Слабосвязный грунт. Эта группа включает слегка глинистый или илистый гравий. Частицы размером Ф ≤ 0,06 мм должны составлять от 5% до 15%.

Группа 3: Связные смешанные грунты. Эта группа включает слегка глинистый или илистый гравий и пески. Частицы размером Ф ≤ 0,06 мм должны составлять от 15% до 40%.

Группа 4: Связные грунты. Эта группа включает глину, пылеватый материал и почвы с примесью органических соединений.

Что касается **угла внутреннего трения засыпки** (ρ), если результаты испытаний отсутствуют, согласно стандарту UNE 53331 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*) рекомендуется использование следующих значений:

Группа грунтов	Угол внутреннего трения, ρ
1	35°
2	30°
3	25°
4	20°

Угол трения засыпки со стенками траншеи ρ' рассчитывается на основе угла внутреннего трения засыпки ρ, что может привести к следующему:

Уплотнение	ρ'
Обратная засыпка траншеи, уплотненная послойно по всей поверхности траншеи	ρ
Обратная засыпка траншеи, уплотненная послойно вокруг трубы, и не утрамбованная остальная часть траншеи	2/3 ρ
Засыпка траншеи с последующим уплотнением	1/3 ρ
Укрепленные траншеи без последующего уплотнения после удаления опалубки	0

Коэффициенты бокового давления грунта обратной засыпки определяются следующим образом:

- K_1: Коэффициент засыпки над трубой.
- K_2: Коэффициент обратной засыпки вокруг трубы до верхней точки трубы.

Группа грунтов	K_1	K_2
1	0,5	0,4
2		0,3
3		0,2
4		0,1

Для расчета **модуля уплотнения** на различных участках засыпки и траншеи может применяться калифорнийский показатель несущей способности земляного полотна ("калифорнийское число") при использовании круглой пластины с площадью поверхности 700 см². Значения для E_s, в Н/мм² задаются следующим выражением:

$$E_s = \frac{1,5}{\Pi R} \cdot \frac{F}{y}$$

Где:

E_s: Модуль сжатия в Н/мм²

R: Радиус нагрузочной пластины, в мм

F/y: Градиент в начале кривой нагрузки (F)-основания (y), полученный в результате испытаний, в Н/мм

Если испытания не проводились, значения E_1 и E_2 можно взять из приведенной ниже таблицы в соответствии со степенью уплотнения, установленной для засыпки, и в зависимости от типа почвы. Когда материал засыпки и уплотнение одинаковы для обеих областей, $E_1 = E_2$. В то время как значения E_3 и E_4 должны определяться фактическими условиями грунта в траншее. Если упомянутые значения известны, то можно считать, что $E_3 = E_2$, а при установке под насыпью, предполагается, что $E_1 = E_2 = E_3$. Для нормальных грунтов значение E_4 можно найти в следующей таблице:

Группа грунтов	Удельная деформация E_s (Н/мм²) Стандартное уплотнение по Проктору, в %					
	85	90	92	96	97	100
1	2,5	6	9	16	23	40
2	1,2	3	4	8	11	20
3	0,8	2	3	5	8	14
4	0,6	1,5	2	4	6	10

• Вертикальные нагрузки

Вертикальные нагрузки на трубы можно классифицировать следующим образом:

- **Концентрированные нагрузки**: Возникают за счет колес автомобиля. Необходимо знать значение концентрированных нагрузок P_c, в кН.

№	Обозначение	Общая нагрузка (т)	Кол-во осей	a (м)	b (м)	Колесная нагрузка (Pc) (кН)	
						Передние	Задние
1	LT 12	12	2	2	3	20	40
2	HT 26	26	2	2	3	65	65
3	HT 39	39	3	2	1,5	65	65
4	HT 60	60	3	2	1,5	100	100

* (1т эквивалентна 10 000 Н)

- **Высота слоя грунта над верхней точкой трубы H, в метрах**. Если труба установлена под асфальтированным участком, то используется эквивалентная высота H_e (см. раздел 3.4.3 Стандарта UNE 53331; см. приложение "*Стандарты и ссылки*").

• Воздействие грунтовых вод

Воздействие грунтовых вод на водопроводные сети имеет второстепенное значение по сравнению с вышеупомянутыми факторами.

Примеры

Одним из аспектов, которые следует учитывать при высоком уровне грунтовых вод, является плавучесть трубы, обусловленная гидростатическими и подъемными силами. Для решения этой проблемы может потребоваться установить бетонный балласт определенного размера.

Пример №1

Даны **ПВХ-О трубы ТОМ®** DN250 PN16 с рабочим давлением 13 бар. Подтвердите, что они подходят для установки в насыпи (вертикальная насыпь) и в наклонной траншее 1:1 (траншеи различной глубины), учитывая следующие характеристики:

- Уровень грунтовых вод 0 м
- Основание: Тип 1, сплошное основание из гранулированного материала ($2\alpha = 90^o$)

- Засыпка: Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы 20 кН/м^3
- Слабосвязный грунт: Гравий и рыхлая или пылеватая глина. Процент мелких частиц (диаметр ≤ 0,06 м, от 5% до 15%). Комковатый песок, утрамбованный поверх траншеи.
- Уплотнение (стандартное по Проктору) E_1 и E_2 = 100%; E_3 и E_4 = 97%.
- Установочные размеры насыпи:
  - Основание: 0,13 м
  - Ширина траншеи (B): 1,0 м
- Размеры траншеи:
  - Основание: 0,13 м
  - β: 45° (уклон 1:1)
  - Ширина траншеи (B): 1,5 м
- Перегрузки: 39-тонный 3-осевой автомобиль.

Раздробленная порода

Механический Расчет (В Соответствии С UNE-53331) — ПВХ-О Трубы TOM® DN250 PN16/Вертикальная Стенка

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ

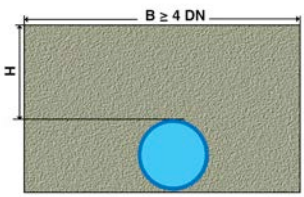
Труба под насыпью		
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)		

Нагрузки		
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар
Внутреннее рабочее давление (P_i)	13,0	Бар

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала		
2·α	90	°

Засыпка		
Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи.		
Удельный вес грунта	20	кН/м^3

Тип почвы
Слабосвязный грунт Эта группа включает слегка глинистый или илистый гравий. Частицы размером Ф ≤ 0,06 мм должны составлять от 5% до 15%



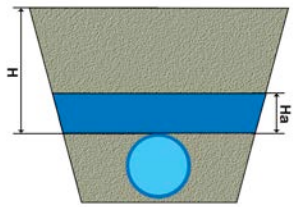
Установка Труба TOM® под насыпью

Покрытие Дороги

Уплотнение (стандартное по Проктору)

E_1; E_2	100%
E_3; E_4	97%

Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи. Засыпку необходимо проводить слоями толщиной менее 15 см с уплотнением, постоянно поддерживая одинаковую высоту засыпки по обе стороны от трубы вплоть до верней точки трубы, которая должна оставаться видимой. После этого укладывается слой засыпки толщиной 30 см и утрамбовывается по обе стороны от трубы, но не над трубой. Далее засыпка продолжается слоями толщиной до 20 см.



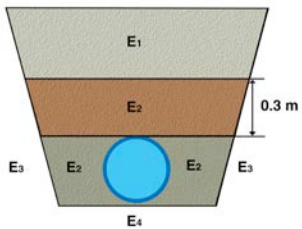
Уровень грунтовых вод

Перегрузки

39-тонный 3-осевой автомобиль

Размеры траншеи

Основание	0,13	м
Ширина траншеи (B) по стандарту	1,0	м



Тип грунта

TOM® DN250 PN16	H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта (P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	
Боковое давление грунта (q_{ht})	-

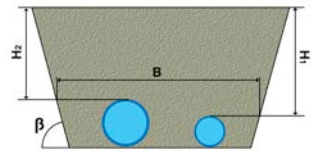
Установка Труб ТОМ®

Участок без дорожного покрытия					Участок с дорожным покрытием (агломерат h1 Ef = 20 000 Н/мм² - слой 10 см; фракционированный заполнитель h2 Ef = 15 000 Н/мм² - слой 15 см)				
1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
15,72	23,21	30,68	38,14	45,60	15,72	23,21	30,68	38,14	45,60
35,82	23,42	18,34	15,11	12,64	12,09	10,20	8,65	7,40	6,37
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
51,54	46,63	49,02	53,25	58,24	27,81	33,41	39,33	45,54	51,97
12,72	18,52	24,28	30,03	35,77	12,72	18,52	24,28	30,03	35,77
1,04%	0,86%	0,83%	0,85%	0,89%	0,49%	0,54%	0,61%	0,67%	0,75%
2,42	2,83	3,03	3,15	3,24	3,37	3,46	3,51	3,56	3,60
23,07	9,87	8,09	7,30	6,82	6,29	6,04	5,86	5,74	5,65
2,23	2,57	2,73	2,80	2,85	3,14	3,17	3,19	3,19	3,17
Неправ. устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка

Механический Расчет (В Соответствии С UNE-53331) — ПВХ-О Трубы TOM® DN250 PN16/Стенка 1:1

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ

Труба в Траншее
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)



Две трубы TOM® на одном уровне

Нагрузки

Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар
Внутреннее рабочее давление (P_i)	13,0	Бар

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала

2·α	90	°

Засыпка

Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи		
Удельный вес грунта	20	кН/м³

Тип почвы

Слабосвязный грунт Эта группа включает слегка глинистый или илистый гравий. Частицы размером Ф ≤ 0,06 мм должны составлять от 5% до 15%

Уплотнение (стандартное по Проктору)

E_1; E_2	100%
E_3; E_4	97%

Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи. Засыпку необходимо проводить слоями толщиной менее 15 см с уплотнением, постоянно поддерживая одинаковую высоту засыпки по обе стороны от трубы вплоть до верней точки трубы, которая должна оставаться видимой. После этого укладывается слой засыпки толщиной 30 см и утрамбовывается по обе стороны от трубы, но не над трубой. Далее засыпка продолжается слоями толщиной до 20 см.

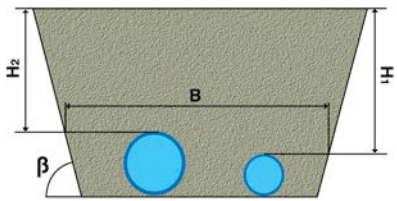
Перегрузки

39-тонный 3-осевой автомобиль

Размеры Траншеи

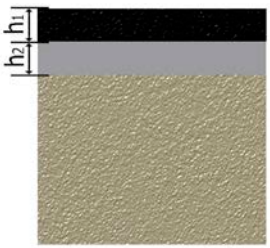
Основание	0,13	м
Бета	45	°
Рекомендуемая ширина траншеи (B)	1,5	м

Две трубы на одном уровне

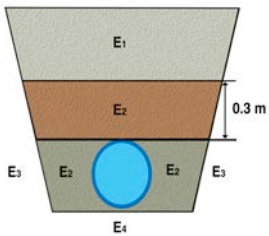


Две трубы ТОМ® на одном уровне

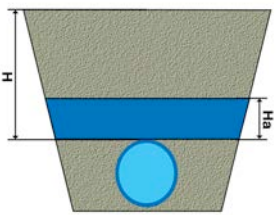
Тип основания А



Покрытие Дороги



Тип грунта



Уровень грунтовых вод

Две трубы на одном уровне

Две трубы на одном уровне

Уплотнение грунта

TOM® DN250 PN16	H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта (P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	
Боковое давление грунта (q_{ht})	-

ПРИМЕР №2

Даны две **ПВХ-О Трубы TOM®** серии DN400 и DN315 PN16, давление обслуживания которых составляет 5 бар. Убедитесь, что трубы подходят для установки в траншеи с уклоном 1:2, для различных типов почвы, глубины траншеи (H1) и углов опорных оснований (2 α) в соответствии со следующими характеристиками:

- Уровень грунтовых вод 0 м

- Основание: Тип A, сплошное основание из гранулированного материала

- Засыпка: Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи. Удельный вес грунта составляет 20 кН/м^3

- Уплотнение (стандартное по Проктору) E_1 = 100%; и E_2, E_3 и E_4 = 95%

- Размеры траншеи:
  - Основание: 0,13 м
  - β: 63° (уклон 1:2)
  - Ширина траншеи (B): 2,0 м

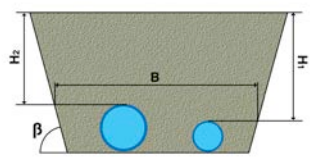
Участок без дорожного покрытия					Участок с дорожным покрытием (агломерат h1 Ef = 20 000 Н/мм² - слой 10 см; фракционированный заполнитель h2 Ef = 15 000 Н/мм² - слой 15 см)				
1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
14,13	20,02	25,50	30,64	35,51	14,13	20,02	25,50	30,64	35,51
35,82	23,42	18,34	15,11	12,64	12,09	10,20	8,65	7,40	6,37
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49,95	43,44	43,84	45,75	48,15	26,22	30,22	34,15	38,04	41,88
11,45	15,95	20,13	24,04	27,75	11,45	15,95	20,13	24,04	27,75
0,92%	0,73%	0,69%	0,68%	0,68%	0,42%	0,45%	0,48%	0,51%	0,55%
2,44	2,83	3,05	3,17	3,30	3,38	3,47	3,54	3,60	3,65
22,64	9,74	7,92	7,14	6,64	6,27	5,99	5,79	5,63	5,52
2,23	2,60	2,76	2,87	2,94	3,15	3,21	3,24	3,26	3,28
Неправ. устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка	Прав-я устан-ка

Механический Расчет (UNE-53331) — ПВХ-О Трубы TOM® DN400/DN315 PN16

Общие условия

Труба в Траншее

Запас прочности: A (соотношение > 2,5)



Две трубы TOM® на одном уровне

Нагрузки

Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар
Внутреннее рабочее давление (P_i)	5,0	Бар

Засыпка

Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи

Удельный вес грунта	20	кН/м³

Тип почвы

Слабосвязный грунт. Эта группа включает слегка глинистый или илистый гравий. Частицы размером Ф ≤ 0,06 мм должны составлять от 5% до 15%.

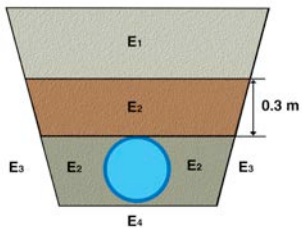
Уплотнение (стандартное по Проктору)	
E_1	100%
E_2	95%
E_3; E_4	95%

Засыпка уплотняется слоями по всей высоте траншеи. Засыпку необходимо проводить слоями толщиной менее 15 см с уплотнением, постоянно поддерживая одинаковую высоту засыпки по обе стороны от трубы вплоть до верней точки трубы, которая должна оставаться видимой. После этого укладывается слой засыпки толщиной 30 см и утрамбовывается по обе стороны от трубы, но не над трубой. Далее засыпка продолжается слоями толщиной до 20 см

Перегрузки

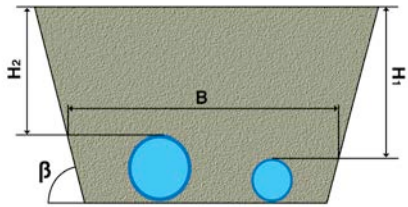
Нет (дорожное движение отсутствует)

Размеры Траншеи		
Основание	0,13	м
Уклон	1:2	°
Бета	63	
Ширина траншеи (B)	2,0	м

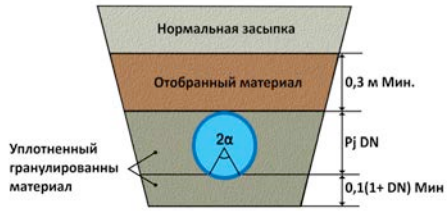


Тип грунта

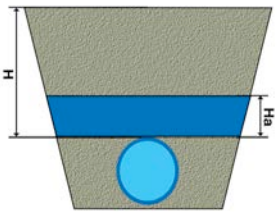
ПВХ-О PN16	Высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	



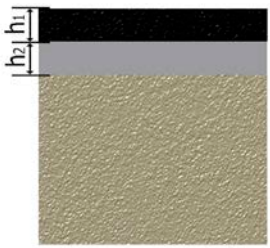
Две трубы ТОМ® на одном уровне



Тип основания А



Уровень грунтовых вод



Покрытие Дороги

ТТип основания А: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 60° Движение Транспорта Отсутствует - G1: Несвязный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
14,75	14,84	35,25	35,24	50,10	49,99
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,75	14,84	35,25	35,24	50,10	49,99
10,65	10,82	24,31	24,36	34,15	34,06
0,21%	0,22%	0,50%	0,51%	0,69%	0,71%
10,05	9,68	9,40	9,07	8,96	8,59
13,72	13,92	15,80	16,10	17,75	18,18
7,76	7,39	5,95	5,69	5,08	4,88
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 60° Движение Транспорта Отсутствует - G2: Слабосвязный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
15,33	15,44	37,59	37,62	54,19	54,13
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,33	15,44	37,59	37,62	54,19	54,13
13,44	13,67	32,05	32,26	45,87	46,00
0,42%	0,43%	0,99%	1,02%	1,43%	1,45%
9,86	9,52	8,98	8,68	8,43	8,16
13,88	14,06	16,32	16,57	18,80	19,12
7,60	7,23	5,65	5,42	4,76	4,58
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 60° Движение Транспорта Отсутствует - G3: Связные смешанные почвы					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
15,81	15,98	39,78	40,01	58,32	58,55
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,81	15,98	39,78	40,01	58,32	58,55
15,71	15,96	38,96	39,28	56,89	57,20
0,69%	0,70%	1,71%	1,73%	2,50%	2,51%
9,55	9,37	8,34	8,19	7,59	7,46
14,31	14,80	18,00	18,78	22,51	23,76
7,35	7,16	5,30	5,19	4,35	4,28
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 60° Движение Транспорта Отсутствует - G4: Связный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
15,63	15,84	40,08	40,38	59,77	60,07
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,63	15,84	40,08	40,38	59,77	60,07
17,31	17,57	44,02	44,38	65,49	65,85
0,91%	0,92%	2,31%	2,33%	3,44%	3,46%
9,32	9,14	7,87	7,75	6,99	6,91
14,62	15,13	19,45	20,39	26,50	28,32
7,25	7,05	5,10	4,99	4,11	4,04
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 90° Движение Транспорта Отсутствует - G1: Несвязный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
15,39	15,53	36,96	37,13	52,59	52,75
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,39	15,53	36,96	37,13	52,59	52,75
10,91	11,13	25,31	25,58	36,69	35,94
0,19%	0,19%	0,44%	0,44%	0,62%	0,62%
10,18	10,00	9,59	9,45	9,21	9,07
13,44	13,79	15,06	15,51	16,49	17,07
8,91	8,69	7,53	7,37	6,78	6,66
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 90° Движение Транспорта Отсутствует - G2: Слабосвязный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
15,87	16,02	39,13	39,32	54,49	56,67
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,87	16,02	39,13	39,32	54,49	56,67
13,29	13,49	32,06	32,33	46,03	46,29
0,37%	0,37%	0,90%	0,90%	1,28%	1,29%
9,91	9,75	9,03	8,87	8,46	8,34
13,72	14,10	35,76	16,49	18,19	18,89
8,69	8,46	11,66	6,98	6,24	6,14
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 90° Движение Транспорта Отсутствует - G3: Связные смешанные почвы					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,27	16,42	41,19	41,39	60,47	60,67
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,27	16,42	41,19	41,39	60,47	60,67
15,25	15,44	38,15	38,40	55,83	56,08
0,61%	0,62%	1,54%	1,55%	2,26%	2,27%
9,55	9,39	8,28	6,14	7,50	7,39
14,24	14,67	18,03	18,75	22,72	23,90
8,39	8,18	6,57	6,44	5,62	5,53
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 90° Движение Транспорта Отсутствует - G4: Связный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,13	16,32	41,65	41,91	62,21	62,48
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,13	16,32	41,65	41,91	62,21	62,48
16,74	16,96	42,93	43,22	64,00	64,30
0,81%	0,83%	2,10%	2,11%	3,13%	3,14%
9,28	9,12	7,75	7,62	6,83	6,74
14,65	15,13	20,05	21,00	28,55	30,48
8,18	7,98	6,21	6,10	5,21	5,12
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 120° Движение Транспорта Отсутствует - G1: Несвязный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,24	16,37	40,22	40,38	58,12	58,28
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,24	16,37	40,22	40,38	58,12	58,28
12,88	13,05	31,34	31,56	45,08	45,29
0,33%	0,34%	0,82%	0,82%	1,18%	1,18%
10,02	9,87	9,18	9,03	8,64	8,52
13,49	13,85	15,49	15,96	17,42	18,02
9,45	9,23	8,28	8,12	7,59	7,46
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 120° Движение Транспорта Отсутствует - G2: Слабосвязный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,24	16,37	40,22	40,38	58,12	58,28
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,24	16,37	40,22	40,38	58,12	58,28
12,88	13,05	31,34	31,56	45,08	45,29
0,33%	0,34%	0,82%	0,82%	1,18%	1,18%
10,02	9,87	9,18	9,03	8,64	8,52
13,49	13,85	15,49	15,96	17,42	18,02
9,45	9,23	8,28	8,12	7,59	7,46
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 120° Движение Транспорта Отсутствует - G3: Связные смешанные почвы					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,60	16,73	42,21	42,39	62,03	62,21
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,60	16,73	42,21	42,39	62,03	62,21
14,62	14,78	36,80	37,01	53,94	54,14
0,56%	0,57%	1,42%	1,43%	2,09%	2,09%
9,62	9,48	8,34	8,21	7,55	7,46
14,10	14,49	17,82	18,46	22,40	23,44
9,07	8,89	7,57	7,42	6,69	6,60
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

MOLECOR
Orienting the future

Тип основания А: Сплошное основание из гранулированного материала: 120° Движение Транспорта Отсутствует - G4: Связный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,50	16,67	42,81	43,04	64,02	64,26
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,50	16,67	42,81	43,04	64,02	64,26
16,02	16,20	41,33	41,57	61,71	61,95
0,75%	0,76%	1,94%	1,95%	2,90%	2,91%
9,32	9,16	7,71	7,62	6,78	6,71
14,60	15,03	20,31	21,18	29,64	31,56
8,80	8,62	7,05	6,92	6,06	5,98
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Тип основания А: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 120° Неинтенсивное Дорожное Движение - 2-Осевая Подвеска Нагрузка 12 Т БЕЗ Дорожного Покрытия - G4: Связный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,50	16,66	42,81	43,04	64,02	64,26
24,10	23,83	5,27	5,27	2,86	2,85
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40,60	40,49	48,08	48,31	66,88	67,11
16,02	16,20	41,33	41,57	61,71	61,95
2,00%	2,00%	2,22%	2,23%	3,05%	3,06%
4,62	4,60	6,51	6,44	6,24	6,17
23,79	23,49	39,95	43,35	48,50	53,76
4,37	4,35	5,98	5,90	5,60	5,53
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

ПВХ-О PN16	высота H1 (м)
Вертикальные Нагрузки	
Нагрузка грунта (q_v)	кН/м^2
Концентрированные нагрузки при проезде транспорта (P_{vc})	кН/м^2
Распределенные нагрузки при проезде транспорта(P_{vr})	кН/м^2
Суммарная нагрузка на трубу (q_{vt})	кН/м^2
Боковое Давление	
Боковое давление грунта (q_{ht})	кН/м^2
Деформация (d_v)	
Деформация < 5%	%
Коэффициент Запаса Прочности	
Запас прочности на зените трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности на опорной перемычке трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Запас прочности у основания трубы (коэффициент разрушения > 2,5)	-
Результат	

Тип основания А: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 120° Неинтенсивное Дорожное Движение - 3-Осевая Подвеска Нагрузка 60 Т БЕЗ Дорожного Покрытия - G4: Связный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,50	16,69	42,81	43,04	64,02	64,26
54,77	54,24	19,44	19,43	10,17	10,17
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
71,27	70,93	62,25	62,47	74,19	74,43
16,02	16,20	41,33	41,57	61,71	61,95
3,59%	3,57%	2,95%	2,96%	3,43%	3,44%
2,81	2,82	4,60	4,56	5,17	5,12
5,47	5,49	25,08	23,97	77,61	67,36
2,67	2,67	4,26	4,22	4,69	4,63
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Тип основания А: Сплошное основание из гранулированного материала 2α: 120° Неинтенсивное Дорожное Движение - 3-Осевая Подвеска Нагрузка 60 Т БЕЗ Дорожного Покрытия - H1 агломерат EF = 20 000 н/мм² - слой 10 см; h2 фракционированный заполнитель Ef = 15 000 н/мм² - слой 15 см - G4: Связный грунт					
DN315 1,0	DN400 1,0	DN315 3,0	DN400 3,0	DN315 5,0	DN400 5,0
16,50	16,66	42,81	43,04	64,03	64,26
15,41	15,41	8,37	8,37	5,07	5,07
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31,91	32,07	51,18	51,41	69,10	69,33
16,02	16,20	41,33	41,57	61,71	61,95
1,55%	1,56%	2,38%	2,39%	3,17%	3,18%
5,64	5,58	5,98	5,90	5,87	5,81
452,71	247,70	92,21	112,56	95,46	118,00
5,35	5,28	5,49	5,42	5,30	5,22
Правильная установка		Правильная установка		Правильная установка	

Выводы по предметным исследованиям

Зависимость параметров от типа установки: в траншеях и в насыпи.

Параметр	Прочность (при нагрузке)	Отклонение от прямого направления	Соответствие
H1	+	+	√√
B1	+	+	√
Рабочее давление	+	-	√√√√√
Движение транспорта/ покрытие дороги	+	+	√√√√
Уровень грунтовых вод	+	+	√√
A (2α)	+	-	√
Тип почвы/уплотнения	+	+	√√√√
Тип трубы (DN, толщина и материал)	+	+	√√√

2.4. Надземные сети

В случае надземных сетей **трубы ТОМ®** для помещений и для наружного применения устанавливаются на бетонных опорах. Такие бетонные опоры снабжены трубной подставкой, которая может охватывать трубу по дуге от 120° до 180°. Соединительные и специальные элементы (отводы, тройники, клапаны и т.д.) нужно оставить свободными, чтобы облегчить процесс монтажа и демонтажа. Каждая секция трубопровода должна устанавливаться, по крайней мере, на две опоры.

При надземной установке **трубы ТОМ®** соединения должны выдерживать осевую нагрузку, оказываемую внутренним давлением. Для правильной установки следуйте инструкциям по сборке, приведенным в руководстве.

Кроме того, необходимо учитывать изменение длины труб в результате перепада наружных температур. Для вычисления таких изменений используется следующая формула:

$$\Delta L = k \cdot L\, \Delta T \cdot 10^3$$

Где:

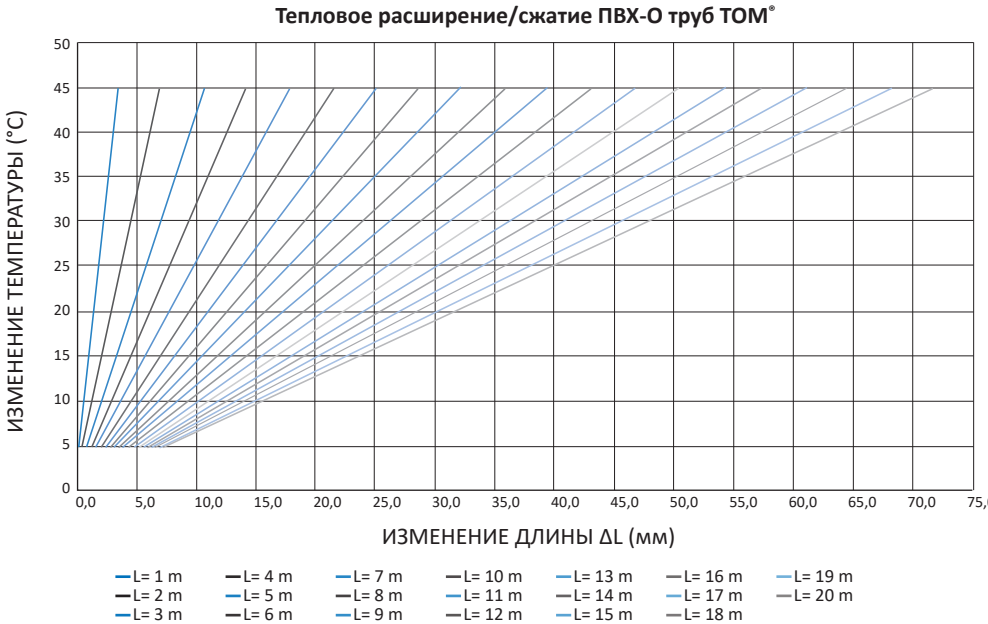
ΔL: Изменение длины, мм

k: Коэффициент линейного расширения ПВХ-О приблизительно $7 \cdot 10^{-5} C^{-1}$

L: Начальная длина трубы, м

ΔT: Изменение температуры на стенке трубы в градусах Кельвина или Цельсия

Расширение труб при температуре от 5 до 45 °C для трубопроводов длиной от 1 до 20 м показаны на рисунке ниже:



	Соотношение	Общая длина	Расширение за каждый °C	20 °C	40 °C	60 °C
	1/°C	мм	мм/°C	мм	мм	мм
ПЭ	2,20E-04	6 000	1,320	26,400	52,800	79,200
Стеклопластик	3,00E-05	6 000	0,180	3,600	7,200	10,800
ПВХ	8,00E-05	6 000	0,480	9,600	19,200	28,800
ПВХ-О	8,00E-05	6 000	0,480	9,600	19,200	28,800

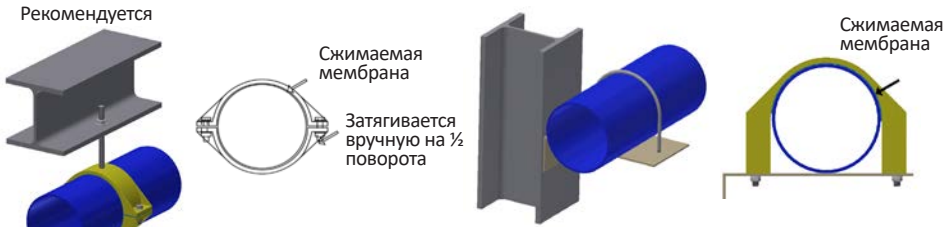
Аналогичным образом **трубы ТОМ®** можно устанавливать с помощью зажимов, изготовленных из достаточно прочного материала, включая защитную резиновую прокладку между зажимом и трубой.

Неточную подгонку таких элементов трубопровода, как отводы, редукторы, патрубки и т.д., необходимо свести к минимуму, а также обеспечить опоры для всех элементов в целях обеспечения устойчивости трубопровода. Опоры труб должны быть мягкими и гладкими, без острых кромок, которые могут повредить поверхность трубы.

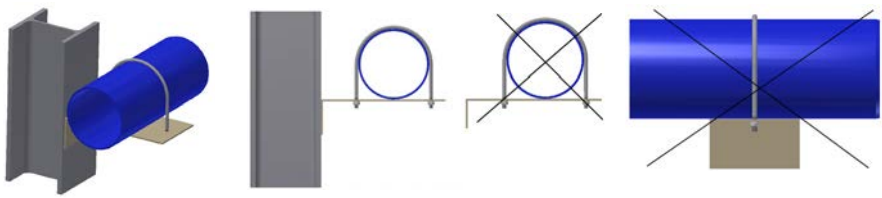
Есть множество способов установки **труб ТОМ®** на опорах как на вертикальных, так и на горизонтальных поверхностях, под углом 150° и с минимальным зазором, в зависимости от диаметра трубы.

На следующих изображениях показаны рекомендуемые и не рекомендуемые типы опор:

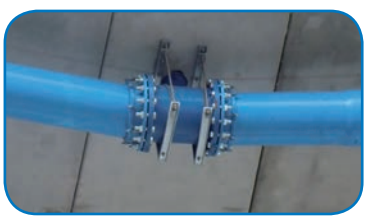
Рекомендуемые опоры



Нерекомендуемые опоры



Примеры надземной установки **ПВХ-О труб ТОМ®**:



Устойчивость **ПВХ-О труб ТОМ®** к ультрафиолетовым лучам рассматривается в разделе 4 *"Химические свойства"*.

3. Компоновка и профиль сети

3.1. Изменение направления и соединения

Для сооружения водопроводных сетей требуются фитинги различных типов, которые позволяют создать необходимую конфигурацию сети и обеспечить распределение по всем направлениям и соединениям.

С **ПВХ-О трубами ТОМ®** можно использовать любые фитинги для НПВХ или ПВХ-О труб из любого имеющегося материала (ковкий чугун, ПВХ или сталь).

Наиболее часто фитинги используются:

- **Для изменения направления**: Наиболее часто используемым элементом является отвод. Отвод — это фитинг, соединяющий две трубы одинаковых или разных диаметров и позволяющий менять направление. Они могут быть изготовлены из ковкого чугуна или ПВХ, а также включать раструбы или самозажимные соединения.

- **Для соединений**: Наиболее часто используемыми элементами являются муфты и седелки. По определению тройник — это фитинг для соединения и разделения потоков жидкости. Диаметр подключаемой трубы равен диаметру двух других труб, либо тройник соединяет трубу меньшего диаметра с двумя трубами большего диаметра. В последнем случае две трубы большего размера являются основными, а наименьшая труба — отводной. Они могут быть изготовлены из ковкого чугуна или ПВХ, а также включать раструбы или самозажимные соединения.

Седелка — это фитинг для соединения двух труб.

Существуют также решения, изготавливаемые для **ПВХ-О трубами ТОМ®** на заказ, включая фитинги из углеродистой стали (литые); отводы или тройники, используемые в основном для труб больших диаметров.

3.2. Угловые отклонения и угол поворота

Допустимое угловое отклонение на раструбе

Кроме изгиба трубопровода при соединении труб также допускается угловое отклонение. Поэтому при планировке трубопровода воздействие этих факторов можно учитывать в совокупности.

При планировке трубопровода угловое отклонение не должно превышать допустимого отклонения для раструба.

DN	МАКСИМАЛЬНОЕ УГЛОВОЕ ОТКЛОНЕНИЕ В МЕСТАХ СОЕДИНЕНИЙ	СМЕЩЕНИЕ В РАСТРУБЕ
(мм)	Угол (°)	D (мм)(1)
90-800	2°	200

(1) Общая длина трубы: 5,95 метров

Угловое отклонение согласно стандарту ISO 13845 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*). Соединения труб могут подвергаться большим угловым отклонениям при высоких уровнях нагрузки. Установленные значения углового отклонения не допускается превышать по соображениям безопасности.

Угловые отклонения труб ТОМ® из ПВХ-О

Изгиб трубопровода при низких температурах (23 °C)

Трубы в траншее при низкой температуре окружающей среды (около 23 °C) могут быть изогнуты до пределов, указанных в следующей таблице. Трубы необходимо изгибать вручную при низкой температуре (без нагрева какой-либо части трубы или раструба). Для труб DN>250 мм можно использовать подручные инструменты, но форма раструбов при этом не должна изменяться.

Ø = Внешний диаметр (OD)

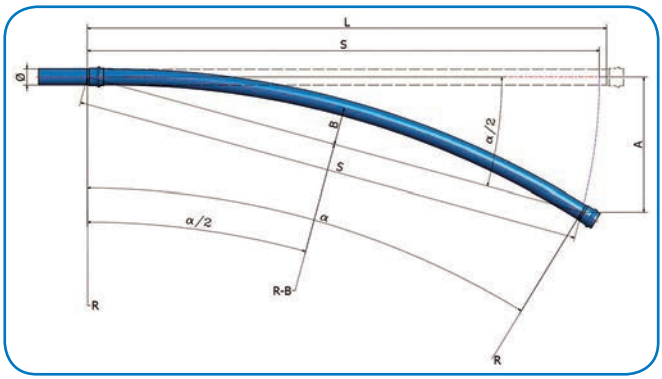
$R = 200Ø$

$\alpha° = \frac{180L}{\Pi R}$

$S = 2R \cdot sen \frac{\alpha°}{2}$

$A = S \cdot sen \frac{\alpha°}{2}$

$B = R - R \cdot cos \frac{\alpha°}{2}$



	Изгиб Трубопровода				Угловое Отклонение Раструба	Изгиб + Угловое Отклонение (Общий Угол)		
DN	L	R	α/2	A	Угол	R'	α'/2	A
мм	м	м	градусы	м	градусы	m	градусы	m
90	5,78	18	9,2	0,92	2	15	11,2	1,12
110	5,78	22	7,5	0,75	2	17	9,5	0,95
125	5,77	25	6,6	0,66	2	19	8,6	0,86
140	5,76	28	5,9	0,59	2	21	7,9	0,79
160	5,75	32	5,1	0,52	2	23	7,1	0,71
200	5,73	40	4,1	0,41	2	27	6,1	0,61
225	5,70	45	3,6	0,36	2	29	5,6	0,56
250	5,68	50	3,3	0,32	2	31	5,3	0,52
315	5,63	63	2,6	0,25	2	35	4,6	0,45
355	5,61	71	2,3	0,22	2	38	4,3	0,42
400	5,58	80	2,0	0,19	2	40	4,0	0,39
450	5,56	90	1,8	0,17	2	42	3,8	0,37
500	5,58	100	1,6	0,16	2	44	3,6	0,35
630	5,53	126	1,3	0,12	2	49	3,3	0,31
710	5,45	142	1,1	0,10	2	50	3,1	0,29
800	5,42	160	1,0	0,09	2	52	3,0	0,28

Трубы могут выдерживать сильное изгибающее усилие, но существуют определенные лимиты, которые превышать нельзя, чтобы избежать поломки.

Противодействующая сила при изгибании трубы

При изгибе трубы действую силы как для кривой под малым углом. При этом давление, оказываемое на грунт, указано в следующей таблице. Противодействующие силы можно компенсировать при достаточно сильном уплотнении грунта; в противном случае, если угол изгиба превышает определенные пределы, может потребоваться установка элементов крепления (см. раздел 2.2.1 *"Бетонное анкерное крепление"* страница 92).

	Силы, Действующие в Изогнутой Трубе (α/2)(2)					
	Бар					
DN	1	5	10	15	20	25
мм	кН	кН	кН	кН	кН	кН
90	0,10	0,51	1,02	1,53	2,04	2,55
110	0,12	0,62	1,25	1,87	2,49	3,12
125	0,14	0,71	1,42	2,12	2,83	3,54
140	0,16	0,79	1,58	2,37	3,17	3,96
160	0,18	0,90	1,81	2,71	3,61	4,51
200	0,22	1,12	2,25	3,37	4,50	5,62
225	0,25	1,26	2,52	3,78	5,04	6,29
250	0,28	1,39	2,79	4,18	5,58	6,97
315	0,35	1,74	3,48	5,22	6,96	8,70
355	0,39	1,96	3,91	5,87	7,82	9,78
400	0,44	2,19	4,38	6,57	8,76	10,96
450	0,49	2,46	4,91	7,37	9,82	12,28
500	0,55	2,74	5,48	8,22	10,96	13,69
630	0,68	3,42	6,84	10,26	13,68	17,10
710	0,76	3,80	7,60	11,40	15,20	18,99
800	0,85	4,26	8,51	12,77	17,03	21,28

(2) Силы, действующие на каждую трубу длиной 5,95 м.

Пример

Учитывая следующую схему распределительной сети питьевого водоснабжения, разработанную с использованием **ПВХ-О трубами ТОМ®** серии DN250 и DN110 PN16, укажите количество и типы отводов, которые будут использоваться.

1. Компоновка с ПВХ-О трубами ТОМ® DN250 PN16

Решение:

Компоновка с ПВХ-О трубами ТОМ®

- Изменение направления №1 (α = 39°):
1 + 1 22,5° отвод + 1 11,25° отвод + Изгиб и общее отклонение **ПВХ-О трубами ТОМ®** DN250 (5,3°)=39,05°~39°.

- Изменение направления №2 (α = 16°):
1 11,25° отвод + Изгиб и общее отклонение **ПВХ-О трубами ТОМ®** DN250 (5,3°)=16,55°~16°.

- Изменение направления №3 (α = 26°):
1 22.5° отвод + Изгиб и общее отклонение **ПВХ-О трубами ТОМ®** DN250 (5.3°)=27,80°~26°.

2. Компоновка с ПВХ-О трубами ТОМ® DN110 PN16

Решение:

Компоновка с ПВХ-О трубами ТОМ®

- Изменение направления № 4 (α = 54°):
1 45° отвод + Изгиб и общее отклонение **ПВХ-О трубами ТОМ®** DN110 (9,5°) = 54,50°~54°.

- Изменение направления №5 (α = 9°):
Отвод не нужен. Изгиб и общее отклонение **ПВХ-О трубами ТОМ®** DN110 (9,5°) = 9,50°~9°.

Угловые отклонения труб ТОМ® из ПВХ-О

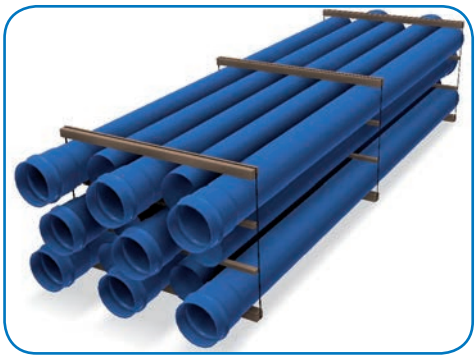
3

Рекомендации по эксплуатации

1. Транспортировка, хранение и погрузка/разгрузка

• Транспортировка

Прежде всего важно отметить, что трубы должны перевозиться в соответствии с действующими правилами дорожного движения. Для оптимизации транспортировки мы рекомендуем следующее:



Укладка труб ТОМ® из ПВХ-О для транспортировки

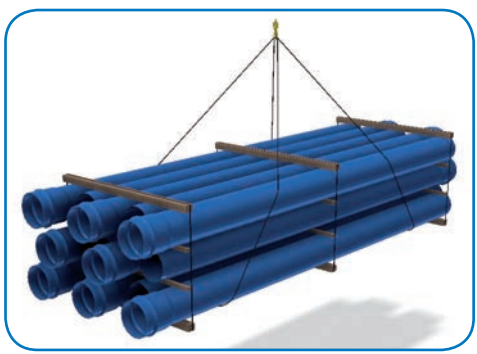
- При транспортировке труб разного диаметра в одной партии начинайте укладку с труб большего диаметра. Используйте соответствующие деревянные поддоны в зависимости от номинального диаметра труб.

- При транспортировке укладывайте трубы поочередно: раструбный конец к гладкому концу.

- Проверьте состояние труб при приемке товара. Характеристики упаковки для **ПВХ-О трубами ТОМ®** представлены в разделе *"Ассортимент продукции"* страница 151.

• Погрузка/разгрузка

Используйте плоские стропы для выгрузки труб из грузовика. Трубы диаметром DN≥250 мм необходимо загружать и разгружать с помощью механического оборудования. Трубы меньшего диаметра можно загружать и разгружать вручную.



Погрузка/разгрузка трубами ТОМ® из ПВХ-О

• Хранение

Ниже приведены рекомендуемые условия хранения:

- Храните трубы в горизонтальном положении на ровной поверхности, на опорах, расположенных на расстоянии 1,5 м друг от друга, чтобы не допустить изгибания.

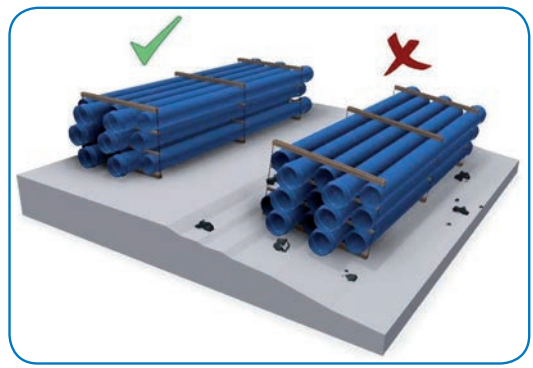
• Не допускайте истирания раструбов, особенно при разгрузке на каменную, бетонную или асфальтовую поверхность.

• При укладке высота штабеля не должна превышать 1,5 метра, чтобы избежать повреждения труб в нижней части, которое может возникнуть припадении верхних труб.

• При транспортировке укладывайте трубы поочередно: раструбный конец к гладкому концу.

• Если предполагается, что трубы будут подвергаться воздействию прямых солнечных лучей в течение длительного периода времени, накройте их непрозрачным материалом и обеспечьте проветривание для предотвращения перегрева. Предпочтительно использовать материал белого цвета, поскольку это поспособствует предотвращению перегрева трубы.

• Не допускается использование воздухонепроницаемых черных материалов в качестве покрытия. Хранение изделий должно осуществляться вдали от постоянных источников тепла. Не допускается контакт с металлическими материалами, которые могут вызвать перегрев трубы за счет своей высокой теплопроводности.



Хранение труб ТОМ® из ПВХ-О

2. Установка

• Прокладка траншей

Удалите все камни из стенок траншеи, так как они могут упасть на песчаную подсыпку дна траншеи (см. фото 1–4).

Твердые предметы, такие как камни, строительный мусор и т.д., необходимо удалить со дна траншеи. Согласно проведенным геотехническим исследованиям, в качестве основания под укладку труб можно использовать грунт или уплотненный гранулированный материал минимальной толщиной 10 см, как уже упоминалось в главе 2.3.1 *"Размеры траншей"* страница 104.

В водоносных горизонтах размер гранул материала основания должен составлять от 5 до 30 мм. Минимальная ширина выемки также указана в главе 2.3.1 *"Размеры траншей"* (см. фото 1 и 2).

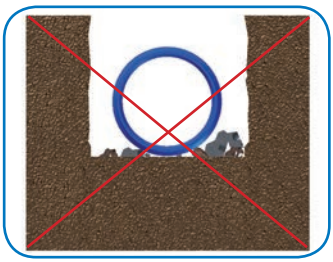


Фото 1

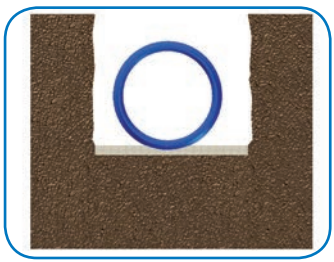


Фото 2

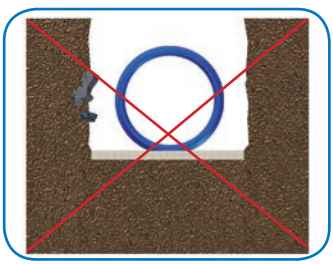


Фото 3

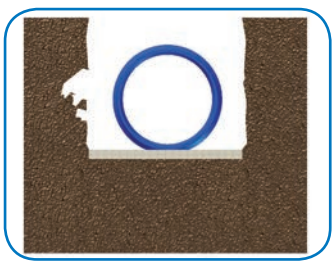


Фото 4

• Сборка

При использовании **труб ТОМ® из ориентированного ПВХ** обратите внимание на отметки фаски и глубины установки на гладком конце трубы. Эти обозначения важны для правильного размещения уплотнения и определения предельной глубины вставки труб при установке.

Для правильного соединения раструба и гладкого конца выполните следующие рекомендации:

- Снимите защитные колпачки.
- Убедитесь в отсутствии загрязнений и проверьте общее состояние трубы. Обратите особое внимание на оба конца трубы: раструб и гладкий конец.
- Убедитесь в отсутствии трещин и в отличном состоянии фаски.
- Убедитесь в правильности установки прокладки, отсутствии загрязнений и посторонних предметов (камни, песок и т.д.).
- Нанесите смазку на торцевую фаску и уплотнение раструба.

Количество соединений на кг смазки:

номинального диаметра (мм)	Муфты
90	87
110	76
125	65
140	54
160	46
200	34
225	32
250	30

номинального диаметра (мм)	Муфты
315	25
355	21
400	17
450	16
500	14
630	12
710	11
800	9

- Старайтесь как можно точнее выровнять трубопровод как по горизонтали, так и по вертикали.
- Не вставляйте конец трубы с фаской полностью в раструб. Если труба держится — этого достаточно.
- При установке труб номинального диаметра ≤250 мм вставьте одну трубу в другую и надавите на конец вставляемой трубы так, чтобы она плотно вошла в раструб по инерции. Протолкните трубу в раструб так, чтобы ограничительная отметка на гладком конце трубы скрылась в раструбе.
- Для установки труб диаметром >250 мм понадобится такое оборудование, как деревянные доски, лебедки или стропы (см. фото 5 и 6).

Фото 5

Фото 6

Установка труб ТОМ® из ПВХ-О

3. Испытание на месте установки и ввод в эксплуатацию

По всем вопросам, связанным с установкой, испытанием на месте и вводом в эксплуатацию, руководствуйтесь процедурами, установленными в стандарте UNE-EN 805 "Водоснабжение" (см. Приложение *"Стандарты и ссылки"*) и/или в стандартах, выпущенных соответствующими органами. При сборке протестируйте полностью установленные секции труб. Испытание необходимо провести на длину 500 м. Длина может варьироваться в зависимости от действующих правил или директив, выданных администрацией участка работ. Концы испытываемого участка необходимо закрыть с помощью соответствующих заглушек; трубу необходимо частично заполнить, при этом места соединений должны оставаться открытыми.

Давление для проведения испытания (стандартная температура и давление — STP) в Н/мм^2 (0.1 Н/мм^2 = 1 атм):

a) В случае детального расчета гидроудара:

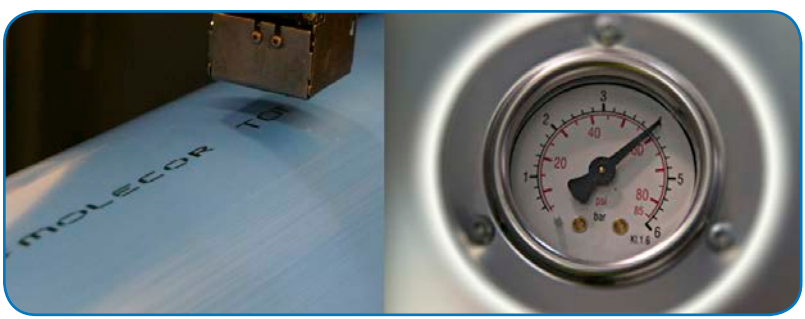
$$STP = MDP + 0{,}1$$

b) При наличии расчета гидроудара следует использовать самое низкое из следующих значений:

$$STP = MDP + 0{,}5 \text{ и } STP = 1{,}5 \cdot MDP$$

Где МРД — максимальное расчетное давление, т.е. максимально допустимое давление в трубе, включая воздействие гидроудара.

Ввод в эксплуатацию труб для питьевого водоснабжения необходимо проводить в соответствии с положениями действующего законодательства по очистке и дезинфекции.



Гидростатическое сопротивление

4

Ассортимент и характеристики ПВХ-О трубами ТОМ®

1. Ассортимент продукции

• Размеры

Номинальный Диаметр (DN)	Наружный диаметр (OD)		ПВХ-О трубы ТОМ®, класс 500							
			PN12,5		PN16		PN20		PN25	
			Внутренн. Диаметр (ID)	Толщина (e)	Внутренн. Диаметр (ID)	Толщина (e)	Внутренн. Диаметр (ID)	Толщина (e)	Внутренн. Диаметр (ID)	Толщина (e)
	мин.	макс.	средн.	мин.	средн.	мин.	средн.	мин.	средн.	мин.
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
90	90,0	90,3	-	-	84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8
125	125,0	125,4	118,8	2,5	117,8	2,8	117,0	3,5	115,2	4,3
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	6,9	295,2	8,7	290,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	7,1	336,0	7,8	332,4	9,8	327,2	12,2
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7
450	450,0	451,4	427,6	8,9	426,0	9,9	421,4	12,4	415,0	15,4
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	14,2	671,4	15,4	665,6	19,2	654,6	24,4
800	800,0	802,0	760,4	16,3	757,8	17,4	750,4	21,6	-	-

ПВХ-О трубы ТОМ® поставляются в 5,95-метровых секциях (включая раструб). Пожалуйста, свяжитесь с нами для получения информации по трубам другого диаметра и номинального давления.

Трубы доступны в синем (для магистральных трубопроводов), фиолетовом (для регенерированной воды) и белом (устойчивые к УФ-лучам трубы) исполнении. Пожалуйста, свяжитесь с нами для получения информации по другим цветам.

Внутренний диаметр может варьироваться в зависимости от производственных допусков.

Трубы ТОМ® из ПВХ-О класса 500 наибольший диапазон диаметров и давлений

• Упаковка

ПВХ-О трубы ТОМ®, класс 500											
Номинальный Диаметр (DN)	Трубы/ Поддон	Паллет/ Грузовик	Трубы/ Грузовик	Метры[1]/ Грузовик	Ширина Поддон	Высота Поддон	Длина Поддон	кг/Поддон			
								PN12,5	PN16	PN20	PN25
мм	трубы	поддон	трубы	м	мм	мм	мм	кг	кг	кг	кг
90	81	16	1 296	7 711	1 220	670	6 110	-	590	590	750
110	76	12	912	5 426	1 220	850	6 130	715	775	775	940
125	60	12	720	4 284	1 220	850	6 135	630	725	790	960
140	45	12	540	3 213	1 220	850	6 140	590	690	745	905
160	33	12	396	2 356	1 220	800	6 150	570	650	715	870
200	24	12	288	1 714	1 220	870	6 185	630	695	800	970
225	14	16	224	1 333	1 220	700	6 190	480	525	605	730
250	11	12	132	785	1 100	800	6 215	465	510	585	705
315	13	8	104	619	2 200	700	6 260	860	950	1 090	1 320
355	11	6	66	393	2 200	800	6 295	925	1020	1 165	1 410
400	11	6	66	393	2 400	850	6 325	1 165	1285	1 475	1 785
450	5	10	50	298	2 200	550	6 330	685	755	860	1 060
500	4	8	32	190	1 950	600	6 335	675	740	850	1 025
630	3	6	18	107	1 950	730	6 410	795	875	1 005	1 220
710	3	6	18	107	2 200	810	6 425	1 005	1 105	1 270	1 535
800	3	6	18	107	2 200	900	6 425	1 270	1 400	1 605	-

(1) Номинальная длина (5,9-5 метров на трубу). Чтобы вычислить фактическую длину, необходимо вычесть длину раструба. Пожалуйста, свяжитесь с нами для получения информации по другим типам упаковки и трубам другой длины.

Транспортировка и хранение труб ТОМ® из ПВХ-О

2. Сырье

ПВХ-О трубы ТОМ® имеют такую же химическую основу, как и обычные НПВХ трубы. Таким образом, используется схожее сырье.

• Поливинилхлоридная (ПВХ) смола

ПВХ –это результат полимеризации хлористого винила. Таким образом, в химический состав входит углерод, водород и хлор. Материал содержит 57% хлора, получаемого из хлорида натрия, и 43% углеводородов (продуктов нефтегазовой промышленности). Таким образом, производство этого класса пластмасс в наименьшей степени зависит от нефтепродуктов.

Хлорид натрия, или обыкновенная соль, является практически неисчерпаемым ресурсом, из которого в результате электролитического процесса производится хлор, каустическая сода и водород. Хлор взаимодействует с этиленом, полученным из нефти, для производства этилен дихлорида, который становится хлоридом винила (винилхлоридный мономер — ВХМ). После процесса полимеризации и сушки получается безвредный белый порошок: поливинилхлорид, или ПВХ.

Его формула:

$$[CH_2 = CHCl]_n$$

Полимер, получаемый в результате такого процесса полимеризации, является наиболее универсальным среди пластмасс. Материал также обладает термопластичными свойствами (он размягчается при воздействии температуры и восстанавливает свою первоначальную консистенцию после охлаждения, при этом сохраняя новую форму). Его можно использовать для изготовления жесткой или гибкой продукции. **ПВХ-О трубы ТОМ®** представляют линейку жестких продуктов, хотя благодаря структуре их можно отнести и к полужестким трубам, в отличие от жестких труб из обычного ПВХ (см. главу 1 *"ПВХ-О трубы ТОМ®"* страница 1).

На рынке представлено множество пластиков, обладающих различными свойствами в соответствии с молекулярной массой. Идентифицировать такие свойства поможет значение К. Как правило, по мере увеличения этого значения физические свойства пластиков (напряжение, удлинение...) и химическая стойкость к кислотам и щелочам улучшаются. Это также относится и к их термической стойкости; при этом, материал становится все труднее обрабатывать.

Таким образом, для создания конкретного продукта необходимо выбрать пластик, соответствующий определенным требованиям по части конечных физических свойств, пригодности к обработке и применению.

Чистый ПВХ начинает разрушаться при температуре порядка 100 °C, качество материала ухудшается под воздействием света и тепла. Поэтому, чтобы улучшить свойства материала и обеспечить правильность обработки при изготовлении труб, в процессе изготовления используются специальные добавки, такие как:

- **Стабилизаторы**

Стабилизаторы предотвращают разрушение ПВХ при тепловом воздействии во время обработки, а также способствуют повышению долговременной устойчивости материала. Они также обеспечивают лучшую устойчивость к свету, погодным условиям и температуре. Стабилизаторы оказывают важное влияние на физические свойства материала и стоимость технологии.

Стоить отметить, что это единственный компонент, с которым ПВХ реагирует в процессе производства продукта и будет продолжать взаимодействовать на протяжении всего срока службы изделия, сдерживая разрушение труб, вызванное температурой и светом.

Стабилизаторы, помимо прочего, включают следующее: металлоорганические соли Ba, Cd и Zn, меркаптиды и карбоксилаты оловоорганических соединений, соли высших жирных кислот или комбинации нетоксичных стеаратов Ca и Zn. При производстве **трубы ТОМ®** используются стабилизаторы на основе Ca, без свинца, в соответствии с правилами безопасности для материалов, контактирующих с питьевой водой.

- **Смазочные материалы**

Смазка играет важнейшую роль в процессе производства ПВХ и очень тесно связана со стабилизацией, особенно для жестких продуктов, например **ПВХ-О труб ТОМ®**, так как во время трансформации критически важно избежать деградации материала.

Существует два типа смазки:

- **Внутренняя смазка**: Для внутренней смазки используются стеариновая кислота, стеараты металлов или сложные эфиры жирных кислот. При этом смазка снижает вязкость расплава и уменьшает трение между молекулами полимера.

- **Внешняя смазка**: ля внешней смазки используются парафиновые масла, парафиновый воск и полиэтилены с низким молекулярным весом. Внешние смазочные материалы перемещаются по поверхности, тем самым уменьшая трение между расплавленной пластмассой и металлическими стенками экструдера.

• Нагрузки

Смазочные материалы также используются для снижения затрат, создания непрозрачности и изменения определенных свойств конечного продукта, таких как устойчивость к истиранию или износу и т.д. Как правило, используются инертные, неорганические продукты и минеральные смазки. Они включают карбонат кальция — наиболее широко используемый продукт, и силикаты, такие как глина, каолин и тальк.

• Пигменты и/или красители:

Красители используются в основном для декоративных целей. В случае **трубы ТОМ®** они главным образом используются для разграничения труб по их сфере применения (водоснабжение, оборотная вода).

Используются алюминиевые, медные, золотые, бронзовые и другие комбинированные металлические красители, а также металлорганические соединения Cd, Cu, Ba и др.

В зависимости от сферы применения продукта, кроме этих основных компонентов могут использоваться и другие, такие как:

• УФ-поглотители

Они используются для замедления разрушения ПВХ при воздействии ультрафиолетовых лучей, например, при производстве пластиковых окон, кровельных желобов или наземных трубопроводных сетей. Разрушение проявляется в виде пожелтения или выбеливания поверхности (см. раздел 4 *"Химические свойства"* страница 157).

• Технологические добавки

Как следует из названия, такие продукты помогают в процессе обработки ПВХ, например, при внутренней смазке, облегчая процессы производства, ускоряя плавление или увеличивая вязкость расплава. Они также способствуют повышению

качества заключительной обработки продукта.

• Присадка для повышения ударопрочности

Используется для увеличения сопротивления ударному воздействию путем создания поверхности контакта, где эластомер, включенный в состав в пластика, действует как амортизатор и рассеивает удар. Такие присадки не используются при производстве **ПВХ-О труб ТОМ®**, так как ориентированный ПВХ обладает улучшенной ударопрочностью по сравнению с обычными ПВХ трубами благодаря молекулярно-ориентированной слоистой структуре (см. главу 1 *"ПВХ-О трубы ТОМ®"* страница 1).

• Антистатики

Эти добавки используются в составе ПВХ для снятия статического электричества.

• Модификаторы вязкости

Они применяются только для пластизолей в целях уменьшения, регулировки и поддержания их вязкости, а также для сохранения их свойств в рабочем диапазоне.

• Фунгициды

Эти добавки используются редко ввиду того, что ПВХ слабо восприимчив к росту грибков.

Установка труб ТОМ® из ПВХ-О

Установка труб ТОМ® из ПВХ-О

3. Механические свойства

Механические характеристики труб	ПВХ-О трубы ТОМ®, класс 500			
Номинальное давление (бар)	**12,5**	**16**	**20**	**25**
Класс материала	500			
МДП (МПа)	50			
Общий коэффициент обслуживания (C)	1,4 (1)			
Расчетное напряжение (МПа)	36			
Минимальное давление разрыва, 50 лет (бар) (2)	17,5	22,4	28,0	35,0
Минимальное давление разрыва, 10 часов (бар) (2)	25,0	30,0	37,0	48,0
Минимальное давление разрыва при скачке давления (бар) (2)	32,0	38,0	48,0	60,0
Максимальное испытательное давление на объекте (бар (3)	17,5	21,0	25,0	30,0
Кольцевая жесткость (кН/м^2) (4)	5	7	11	20
Стандартное отношение размеров (SDR)	51,0	45,8	36,0	29,0
Кратковременный модуль Юнга (МПа)	4 000	> 4 000		
Осевое сопротивление тяги (МПа)	> 48			
Тангенциальное растягивающее усилие (МПа)	> 85			

(1) Согласно NFT 54-948, стандартный общий коэффициент обслуживания составляет 1,25

(2) При 20 °C

(3) Стандартный и расчетный гидроудар согласно UNE-EN 805:2000

(4) Средняя жесткость трубы в соответствии с установленными допусками

4. Химические свойства

В первую очередь необходимо подчеркнуть, что ориентированный ПВХ по химическому составу идентичен обычному ПВХ. Процесс молекулярной ориентации при изготовлении **ПВХ-О трубы ТОМ®** является лишь физической модификацией структуры молекул полимера. При этом химические свойства остаются неизменными.

• Химическая устойчивость

ПВХ обладает высокой химической устойчивостью к кислотам, основаниям, солям и

таким органическим соединениям, как спирты и алифатические углеводороды. Однако он чувствителен к таким органическим соединениям, как альдегиды, кетоны, ароматические и галогенопроизводные углеводородов (см. раздел 4 *"Химическая устойчивость"* страница 157). ПВХ также демонстрирует высокую устойчивость к естественным соединениям, таким как соленая вода, озон, влага и т.д.

ПВХ-О трубы ТОМ® не подвержены воздействию химических веществ, присутствующих в природе, поэтому химический состав почв, в которые могут быть установлены такие трубы, не играет особой роли.

Такие трубы устойчивы к воздействию:

- Природных компонентов почвы, таких как минеральные соли (сульфаты и хлориды) и гуминовые кислоты (образующиеся при разложении органических веществ).

- Химических компонентов сельскохозяйственных удобрений, таких как фосфаты или нитраты.

ПВХ-О **трубы ТОМ®** обладают превосходной устойчивостью к агрессивным грунтам: кислым, основным или засоленным почвам. Использование специального защитного покрытия не требуется. Кроме того, такие агрессивные грунты можно использовать в качестве обратной засыпки после установки труб. Это было бы невозможно в случае труб из прочих корродирующих материалов.

ПВХ-О устойчив к широко распространенным дезинфицирующим средствам в сетях питьевого водоснабжения (гипохлорит натрия, диоксид хлора...), к продуктам как в бытовых, так и в промышленных сточных водах (моющие средства, масла и жиры, минеральные соли...), а также к средствам защиты растений, используемым в сельском хозяйстве. Благодаря высокой химической стойкости трубы ПВХ-О идеально подходят для транспортировки широкого спектра жидкостей.

Химическая стойкость материала означает, что внутренние стенки труб не разрушаются и остаются неизменными с течением времени. В отличие от других материалов, трубы из ПВХ-О не подвержены какому-либо химическому распаду, при котором могут возникнуть отверстия или трещины, позволяющие инородным телам попадать в поток воды, в результате вызывая загрязнение или потери воды из-за утечек.

Отсутствие коррозии предотвращает рост микроорганизмов. Соответственно,

благодаря химической стойкости **ПВХ-О трубы ТОМ®** остаются неизменными на протяжении длительного срока службы.

• Коррозионная стойкость

Коррозия — это одна из основных причин поломки трубопроводов. Хотя существует множество видов коррозии (химическая, кислородная, микробиологическая и т.д.), этот термин обычно подразумевает электрохимическую коррозию металлов, протекающую естественным образом при взаимодействии с окружающей средой (почвой или водой) и вызывающую высвобождение оксидов в окружающую среду.

Химические свойства ПВХ предохраняют материал от этого типа коррозии. Поскольку оксиды не попадают в воду, проблем по части здравоохранения, связанных с сетями питьевого водоснабжения, не возникает. При этом параметры трубопровода отвечают требованиям качества для потребления воды человеком.

• Устойчивость к УФ-излучению

Длительное воздействие прямых солнечных лучей на ПВХ трубы в долгосрочной перспективе может привести к деградации тонкого поверхностного слоя материала на открытых участках. Поверхность материала обесцвечивается, но при этом процесс обесцвечивания останавливается, как только прекращается воздействие солнечного света. Опыт показывает, что обесцвеченный слой защищает низлежащий материал от ультрафиолетового излучения. Это гарантирует, что остальная часть стенок труб не будет подвергаться воздействию солнечного света.

Благодаря слоистой структуре стенок ПВХ-О труб, минимальное снижение прочности, происходящее на наружном слое трубы в результате ультрафиолетового излучения, не влияет на остальную часть материала.

В практическом плане свойства труб остаются фактически неизменными, а трубы, подверженные этому явлению, абсолютно пригодны для нормальной эксплуатации.

В случае **ПВХ-О трубы ТОМ®** в технологическом процессе используется ряд добавок, которые повышают устойчивость трубы к воздействию ультрафиолетовых лучей, что позволяет обеспечить более длительное хранение труб (см. главу *"Хранение"* на стр. страница 145). Однако, поскольку такие трубы предназначены для прокладки под землей, особой защиты от УФ-лучей не предусмотрено. Для наружной установки была разработана линия **трубы ТОМ®** белого цвета, устойчивых к воздействию УФ-лучей.

• Огнестойкость

ПВХ обладает высокой устойчивостью к возгоранию. Это свойство, наряду с высокой температурой воспламенения, позволяет говорить об этом материале как об ингибиторе горения. ПВХ — это самозатухающий материал, так как горение прекращается при устранении источника огня. Материал не образует горящих капель и останавливает распространение огня. Также важно отметить, что при сжигании материал обугливается и расширяется, тем самым создавая огнезащитный слой. Благодаря низкой теплопроводности, ПВХ выделяет минимальное количество тепла и не способствует распространению огня на прилегающие материалы.

Что касается газов, образующихся во время горения, важно отметить, что окись углерода представляет самую большую опасность при пожаре из-за высокой токсичности и трудности обнаружения ввиду отсутствия запаха. Дым, возникающий при поджигании ПВХ, не более токсичен, чем дым от прочих углеродных материалов, таких как древесина. Соляная кислота (HCl), содержащаяся в дыме, раздражает дыхательную систему, но при этом ее можно легко обнаружить по запаху, что незамедлительно сигнализирует об опасности. Хлороводород также выступает в качестве пламегасителя, так как он удаляет кислород из воздуха. Важно отметить, что смертельные концентрации соляной кислоты никогда не достигаются при реальных пожарах.

• Прочность на износ

Пластмассы, в том числе ориентированный ПВХ, вопреки распространенному заблуждению обладают высокой прочностью на износ, которая превышает прочность к истиранию более твердых материалов. Это связано с молекулярной структурой полимеров, благодаря которой абразивные частицы отскакивают от материала, а не погружаются в него. Это предотвращает повреждение поверхности. В случае ориентированного ПВХ, благодаря реорганизации молекул и слоистой структуре, сформированной в процессе молекулярной ориентации, предполагается более высокое сопротивление любому возможному износу, вызываемому циркуляцией взвешенных твердых частиц в жидкости, даже при высокой скорости потока.

ПВХ-О: химически устойчивый материал в отличие от других, присутствующих в природе.

5. Прочие свойства

Прочие характеристики материала	Единицы	Значение
Плотность	кг/дм^3	1,35 - 1,46 (1)
Значение k ПВХ смолы	-	> 64
Твердость по Шору D 20 °C	-	81 – 85
Коэффициент Пуассона	-	0,35 - 0,41
Температура размягчения по Вика	°C	> 80
Коэффициент линейного расширения	°C^{-1}	0,8·10^{-4}
Теплопроводность	Ккал/м.час °C	0,14 - 0,18
Удельная теплоемкость при 20 °C	Ккал/г °C	0,20 - 0,28
Диэлектрическая прочность	кВ/мм	20 – 40
Диэлектрическая постоянная при 60 Гц	-	3,2 - 3,6
Поперечное сопротивление при 20 °C	Ω/см	> 10^{16}
Абсолютная шероховатость (ka)	мм	0,007
Коэффициент шероховатости (по Хазену-Вильямсу)	-	150
Коэффициент шероховатости Маннинга (n)	-	0,009

(1) Стандартный допустимый диапазон. При этом значения ПВХ-О труб ТОМ® находятся в диапазоне от 1,37 до 1,43 кг/дм^3.

Характеристики уплотнения	Единицы	Значение
Твердость эластомера	IRHD	60±5

6. Фитинги

В трубопроводной сети фитинги используются для соединения или изменения направления труб. Фитинги необходимо устанавливать в соответствии с инструкциями изготовителя и должным образом закреплять (см. раздел 2.2.1 *"Бетонное крепление"* страница 92) для обеспечения конструкционной прочности сети.

ПВХ-О трубы ТОМ® совместимы с широким диапазоном фитингов, доступных на рынке. Фитинги — это отличное решение при установке сети трубопроводов любой конфигурации.

трубы ТОМ® можно использовать со следующими классами фитингов:

• Фитинги из кованого чугуна для ПВХ

Это наиболее широко используемый тип продукции. На рынке представлен широкий ассортимент таких фитингов: отводы, тройники, редукторы, соединительные рукава и т.д. При этом могут использоваться два различных типа соединений:

• Фитинги "раструб-гладкий конец"
Это раструбное соединение отличается быстротой и безопасностью установки благодаря системе уплотнения, аналогичной той, что используется в **трубах ТОМ®**.

Хотя эти элементы не разрабатывались специально для **ПВХ-О труб**, их в принципе можно использовать для таких труб.

Тем не менее, следует удостовериться в совместимости каждого фитинга с **трубами ТОМ®**. Сегодня многие производители указывают совместимость своих фитингов с **ПВХ-О трубами** в своих каталогах.

• Самозажимные фитинги
Этот тип фитингов предназначен для эксплуатации при нагрузке. Как правило они оборудованы зубчатым металлическим кольцом для предотвращения скольжения трубы.

Самозажимные фитинги

• Фитинги из кованого чугуна с фланцем

Данный тип фитингов позволяет подключать трубы с помощью зажимной системы к другим элементам сети, таким как вентили, выпускные отверстия или точки подключения к системам водоснабжения жилых кварталов. На рынке можно найти широкий ассортимент фитингов, таких как отводы, Т-образные тройники, водовыпуски или седелки.

Фитинги из кованого чугуна с фланцем

Пример установки фитингов

- **Стальные фитинги**

Помимо широкого выбора фитингов стандартных диаметров также существуют настраиваемые стальные фитинги. Это очень удобно при установке трубопроводов, когда углы соединения не соответствуют рыночным стандартам.

Стальные аксессуары

- **Универсальные фитинги**

Обычно это настраиваемые соединительные рукава, используемые для соединения труб из различных материалов и разного наружного диаметра

Универсальные аксессуары

- **Многоразмерные фитинги**

Эти компоненты также можно классифицировать как универсальные фитинги, но мы решили отнести их к отдельной категории, так как при их использовании с трубами ПВХ-О чрезвычайно важно соблюдать правила установки.

Аксессуары с несколькими диаметрами

При монтаже необходимо строго соблюдать крутящий момент, указанный производителем каждого конкретного фитинга. В противном случае трубы можно повредить, что впоследствии вызовет неисправность трубопровода.

Пример неправильной установки

- **Стандартные ПВХ фитинги**

Существует широкий спектр ПВХ фитингов с системой соединения "раструб-гладкий конец" для стандартных ПВХ труб. Хотя их размеры совместимы с **ПВХ-О трубами ТОМ®**, они редко используются, главным образом потому, что ассортимент фитингов, доступных на рынке, не покрывает весь диапазон **труб ТОМ®** по параметрам давления и диаметрам.

- **Ориентированный ПВХ :**

ecoFITTOM® - первые **аксессуары из ПВХ-О** в мире, обладают выдающимися механическими свойствами ПВХ-О. Новая система позволяет производство **аксессуаров ecoFITTOM®** с меньшим использованием сырья и существенным энергосбережением, одновременно предлагая конечный продукт с лучшими гидростатическими характеристиками и лучшей ударопрочностью, чем у аксессуаров из других материалов. Кроме этого, **аксессуары ecoFITTOM®** обладают повышенной устойчивостью к гидроудару, отличной герметичностью, максимальной химической устойчивостью и гибкостью.

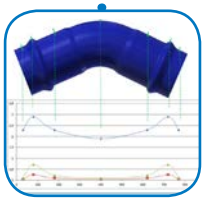
Аксессуары **ecoFITTOM®** позволяют **Molecor** предлагать клиентам однородные системы из **ПВХ-О**, что гарантирует одинаковые гидравлические и механические свойства различных элементов сети, начиная **трубами** и заканчивая **аксессуарами**.

Этот факт гарантирует качество транспортируемой воды и, как говорилось ранее.

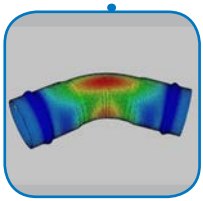
Данные аксессуары могут получить применение в различных сетях: транспортировка питьевой воды, системы полива, сточные воды, противопожарные сети и т.д.

СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА ПВХ-О

КОЭФФИЦИЕНТ РАСТЯЖЕНИЯ (осевой и продольный) + **ДИАГРАММА ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ (критические) точки** + **ПОВЕДЕНИЕ (тесты)** ▶ **КРИТЕРИИ ДИЗАЙНА**



Осевое и продольное растяжение отвода 45°



Анализ FEM

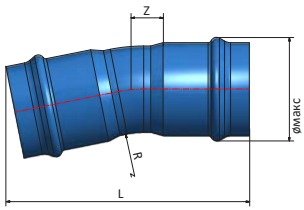
Анализ поведения

Отвод 45° DN200мм

Откройте для себя новейшие аксессуары из ПВХ-О ecoFITTOM® здесь

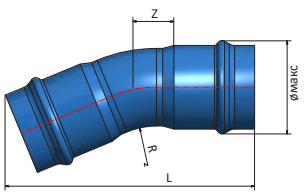
ОТВОД 11,25° PN16 бар

DN	Артикул	øмакс.	L (мм)	Z (мм)	Radio (мм)	Вес (кг)
110	F110C1116B	140	455	55	165	1,0
160	F160C1116B	200	535	70	240	2,2
200	F200C1116B	245	595	80	300	4,0
250	F250C1116B	305	690	95	375	6,0
315	F315C1116B	375	790	115	475	13,0
400	F400C1116B	475	925	140	600	24,4



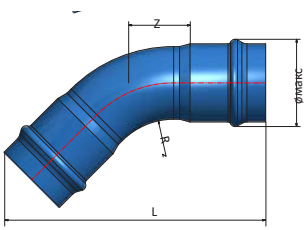
ОТВОД 22,5° PN16 бар

DN	Артикул	øмакс.	L (мм)	Z (мм)	Radio (мм)	Вес (кг)
110	F110C2216B	140	490	70	165	1,0
160	F160C2216B	200	585	95	240	2,4
200	F200C2216B	245	655	110	300	4,3
250	F250C2216B	305	765	135	375	6,4
315	F315C2216B	375	885	160	475	14,5
400	F400C2216B	475	1045	200	600	27,5



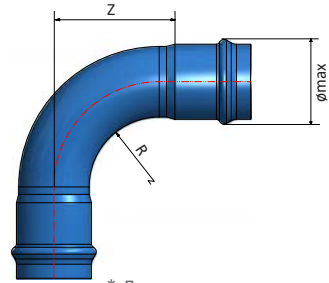
ОТВОД 45° PN16 бар

DN	Артикул	øмакс.	L (мм)	Z (мм)	Radio (мм)	Вес (кг)
110	F110C4516B	140	555	105	165	1,1
160	F160C4516B	200	680	145	240	2,9
200	F200C4516B	245	770	175	300	5,1
250	F250C4516B	305	910	215	375	7,7
315	F315C4516B	375	1070	265	475	17,5
400	F400C4516B	475	1280	330	600	33,7



ОТВОД 90° PN16 бар

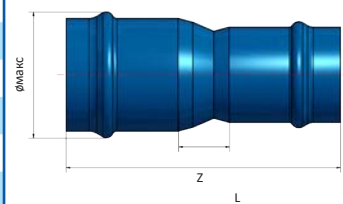
DN	Артикул	øмакс.	L (мм)	Z (мм)	Radio (мм)	Вес (кг)
110	F110C9016B	143	735	250	245	1,82
160	F160C9016B	198	785	210	160	3,56
200	F200C9016B	244	945	260	200	6,63
250*	F250C9016B	305	1115	325	250	12,31
315*	F315C9016B	375	1185	290	157	20,27
400*	F400C9016B	472	1390	360	200	37,35



* Доступно по запросу

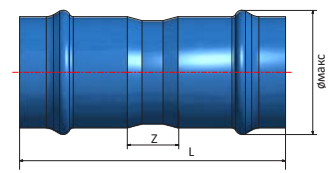
ПЕРЕХОД PN16 бар

DN/DN	Артикул	øмакс.	L (мм)	Z (мм)	Вес (кг)
110 / 90	F110R09016B	140	390	60	0,8
160 / 110	F160R11016B	200	485	110	2,0
160 / 140	F160R14016B	200	460	65	1,9
200 / 160	F200R16016B	245	530	105	3,5
250 / 200	F250R20016B	305	600	130	5,0
315 / 250	F315R25016B	375	695	165	11,4
400 / 315	F400R31516B	475	810	200	21,3



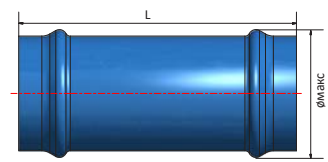
МУФТА PN16 бар

DN	Артикул	øмакс.	L (мм)	Z (мм)	Вес (кг)
110	F110M16B	140	425	80	0,8
160	F160M16B	200	495	90	2,1
200	F200M16B	245	535	100	3,5
250	F250M16B	305	630	125	5,3
315	F315M16B	375	720	155	11,8
400	F400M16B	475	850	195	22,3



СКОЛЬЗЯЩАЯ МУФТА PN16 бар

DN	Артикул	øмакс.	L (мм)	Z (мм)	Вес (кг)
110	F110MR16B	140	425	-	0,8
160	F160MR16B	200	495	-	2,1
200	F200MR16B	245	535	-	3,5
250	F250MR16B	305	630	-	5,3
315	F315MR16B	375	720	-	11,8
400	F400MR16B	475	850	-	22,3



7. Качество и сертификация

Качество является ключевым компонентом технологии **Molecor**. Мы постоянно стремимся усовершенствовать нашу продукцию, для этого мы определяем потребности клиентов и интегрируем их в нашу систему для повышения эффективности и качества услуг.

С самого начала производства компания **Molecor** внедрила Интегрированную систему менеджмента (качество, окружающая среда и профилактика), основанную на стандарте UNE-EN ISO 9001:2015 (см. приложение "*Стандарты и ссылки*"). Кроме того, компания сертифицирована Испанской ассоциацией стандартизации и сертификации (AENOR) и имеет соответствующий сертификат ISO 9001:2015, включая его международный эквивалент IQNet (Международная сертификационная сеть).

Сертификат качества продукции AENOR 9001:2015

AENOR
Certificado del
Sistema de Gestión de la Calidad
ER-164/2008
MOLECOR TECNOLOGÍA, S.L.

Сертификат качества продукции AENOR 9001:2015

IQNet
THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK
CERTIFICATE
MOLECOR TECNOLOGÍA, S.L.
Quality Management System
ISO 9001:2015
Registration Number: ES-0724/2015
AENOR

Сертификат качества продукции AENOR ISO 14001:2015

AENOR
Certificado del
Sistema de Gestión Ambiental
GA-2014/0250
MOLECOR TECNOLOGÍA, S.L.

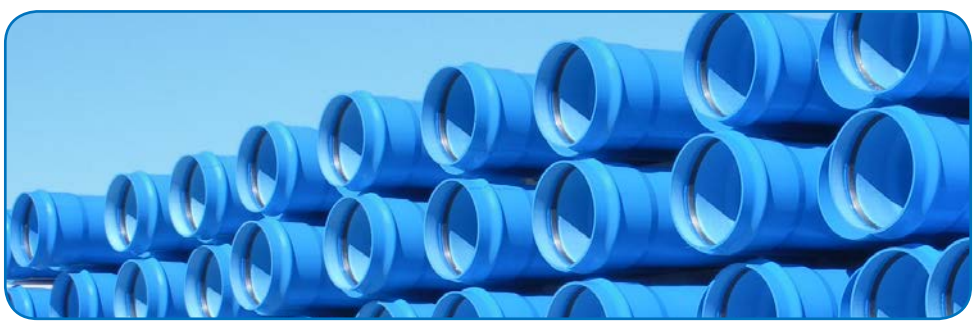
Сертификат соответствия IQ Net ISO 14001:2015

IQNet
THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK
CERTIFICATE
MOLECOR TECNOLOGÍA, S.L.
Environmental Management System
ISO 14001:2015
Registration Number: ES-2014/0250
AENOR

Наша политика в области качества и охраны окружающей среды охватывает экологические вопросы и процедуры предотвращения загрязнения, реализуемые в соответствии с интегрированной системой управления Molecor. Это подтверждено Сертификатом экологического менеджмента согласно стандарту UNE-EN ISO 14001:2015 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*), выданным AENOR.

Кроме того, **ПВХ-О трубы TOM®** изготавливаются в соответствии со следующими стандартами, и компания обладает соответствующими сертификатами и знаками качества.

Страны	Марка продукта	Сертификационный орган	Стандарт
Испания	Марка	**AENOR**	**UNE - ISO 16422:2015** Трубы и соединения из ориентированного поливинилхлорида (ПВХ-О) для напорного водоснабжения. Спецификации.
Франция	Марка	**AENOR**	**SANS 16422:2007** Трубы и муфты из ориентиро ванного непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-О) для напорного водоснабжения. Спецификации.
Южная Африка	Марка	**AFNOR - CSTB**	**NF T 54-948:2010** Tubes en poly(chlorure de vinyle) orienté biaxial (PVC-BO) et leurs assemblages - Spécifications
Мексика	Марка	**CERTIMEX**	**NOM-001-CONAGUA-2011** Системы питьевого, бытового водоснабжения и бытовой канализации. Герметичность. Спецификации и методы испытаний.



ПВХ-О трубы TOM®

Сертификат качества марки N AENOR

Сертификат качества продукции AFNOR «Трубы и соединения из би-ориентированного непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-БО) для напорного водоснабжения» марки NF DN90-500, PN16, и DN110-500, PN25

Наша процедура контроля качества включает требования всех указанных стандартов. Но на самом деле, предъявляемый нами уровень качества даже выше, чем указано в стандартах. Следует отметить, что компания **Molecor** проводит испытания более часто, чем это предусмотрено стандартами, кроме того, внутренний контроль включает испытания, которые не требуются в соответствии с вышеупомянутыми стандартами.

Наша **система менеджмента качества** уже внедрена и прошла сертификацию, но продолжает развиваться в стремлении нашей компании к постоянному совершенствованию. Мы контролируем все наши процессы (посредством индикаторов, а также событийных проверок: послепродажное обслуживание, внутренние проверки, проверки поставщиков и т.д.), а также проводим анализ работы для принятия всех необходимых корректирующих или профилактических мер. Наша система качества также постоянно оценивается и совершенствуется посредством внутренних и внешних проверок, проводимых сертификационными органами.

Наконец, стоит отметить, что **Molecor** полностью осознает важность экологических проблем и работает над соответствующими решениями. Рациональное использование природных ресурсов является неотъемлемой частью стратегии **Molecor**. Поэтому мы стремимся к внедрению рациональных и экологически чистых процессов для производства **ПВХ-О труб TOM®**. Наши трубы — самые экологичные трубы на рынке, поскольку они обеспечивают наибольшую эффективность, экономию энергии и оставляют наименьший углеродный след. Таким образом, мы вносим ощутимый вклад в рациональное использование ресурсов нашей планеты.

Сертификация труб ПВХ-О TOM®

Что касается сертификатов безопасности, **ПВХ-О трубы TOM®** отвечают требованиям Королевского указа 140/2003 о критериях качества воды для потребления человеком и, следовательно, подходят для использования в сетях питьевого водоснабжения в соответствии с действующим законодательством Испании. Их пригодность также подтверждается европейскими сертификатами безопасности, такими как ACS (Attestation de Conformité Sanitaire) — Франция, Сертификат санитарного соответствия HYDROCHECK — Бельгия, а также сертификаты WRAS (Рекомендации по регулированию водных ресурсов) и DWI (Инспекция по питьевой воде) — Великобритания, выданными соответствующими органами здравоохранения после всестороннего изучения состава продукции и тщательных испытаний материала для проверки пригодности к транспортировке воды для потребления человеком.

Соответствие стандарту RD140/2003 (Испания): Нормы качества питьевой воды для потребления человеком

Санитарно-эпидемиологический сертификат соответствия (ACS) (Франция)

Approval Number: 1702667
Test Report: M 1062229

WRAS
APPROVED MATERIAL

Water Regulations Advisory Scheme Ltd.
Unit 12,
Willow Road,
Parc y Fan Industrial Estate,
Crumlin,
Gwent,
NP11 4EG

2nd February 2017

Molecor Tecnologia S.L.
Ctra M-206 Torrejon-Loeches Km 3.1,
28890 Loeches,
Spain
Madrid

WATER REGULATIONS ADVISORY SCHEME LTD. (WRAS)
CONSECUTIVE MATERIAL APPROVAL

The material referred to in this letter is suitable for contact with wholesome water for domestic purposes having met the requirements of BS6920:1:2000 and/or 2014. Suitability of non-metallic products for use in contact with water intended for human consumption with regard to their effect on the quality of the water.

The reference relates solely to its effect on the quality of the water with which it may come into contact and does not signify the approval of its mechanical or physical properties for any use.

POLYVINYLCHLORIDE (PVC, PVC-U AND CPVC) - COMPONENTS - ONLY LEAD FREE PVC-U LISTED IN THIS SECTION. **0303**

'TOMB PVC-O Pipe' Blue coloured PVC pipe manufactured by extrusion and orientation. For use with water up to 23°C.

APPROVAL NUMBER: 1702667
APPROVAL HOLDER: MOLECOR TECNOLOGIA S.L.

This is a re-approval of 1201516 which is valid between January 2012 and January 2017.

The Scheme reserves the right to review approval.
Approval 1702667 is valid between February 2017 and February 2022

An entry, as above, will accordingly be included in the Water Fittings Directory on-line under the section headed, "Materials which have passed full tests of effect on water quality".

The Directory may be found at: www.wras.co.uk/directory

Yours faithfully

Jason Turnbull
Approvals & Enquiries Manager
Water Regulations Advisory Scheme

Санитарный сертификат WRAS (Великобритания)

BELGAQUA

CERTIFICAT

(traduction: uniquement pour information)

Le présent document atteste que le matériau:

PVC-BO "TOM©" orienté
produit par Molecor Tecnologia SL
Ctra M-206 Torrejon-Loeches Km 3.1
ES-28890 Loeches

a été présenté à l'agréation par Belgaqua
par la société MOLECOR Tecnologia SL

et a été déclaré conforme aux prescriptions de la procédure d'agréation de matériaux en contact avec l'eau potable et l'eau destinée à la production d'eau potable "HYDROCHECK", approuvée par le Conseil d'Administration de Belgaqua en date du 22 juin 2010.

Le rapport d'analyse d'échantillons soumis par le demandeur TMV W/Hydrocheck 942 a été établi en langue néerlandaise suivant les méthodes d'évaluation définies dans la procédure HYDROCHECK et fait intégralement partie du présent certificat.

Ces documents ne peuvent être communiqués à des tiers ou reproduits qu'à la condition expresse de respecter cette intégralité.

L'agréation du matériau est valable pour une durée indéterminée pourvu cours à la date de signature et pour des matériaux identiques à ceux soumis aux tests. Elle sera attestée par la mention des références dans le Répertoire de matériaux agréés en contact avec l'eau, édité annuellement par BELGAQUA et sur www.belgaqua.be.

Établi en un exemplaire original en néerlandais, le 10 octobre 2012 et adapté le 10 décembre 2013.

BELGAQUA
18-2-14

Ch. LEGROS
Directeur de BELGAQUA

Санитарный сертификат соответствия HYDROCHECK (Бельгия)

Здесь вы можете найти все обновленные сертификаты

Сертификаты Молекор

5

Сферы применения

Рациональное управление водными ресурсами имеет важное значение для нашей жизни, поэтому мы должны обеспечить надлежащее использование доступных нам ресурсов. Таким образом, очень важно выбрать трубы из соответствующего материала, чтобы предотвратить просачивание веществ из внешней среды, утечки или поломки, которые могут снизить качество питьевой воды и/или привести к утечке сточных вод из сетей.

Трубы ТОМ® сохраняют свойства транспортируемых жидкостей неизменными независимо от их характеристик и качества. Трубы ТОМ® — это наилучшее решение для сохранения водных ресурсов для будущих поколений. Их химическая стойкость предотвращает разрушение материала труб, а водонепроницаемые муфты не допускают потери воды.

1. Питьевое водоснабжение

Трубы ТОМ® сохраняют и гарантируют неизменное качество воды для потребления человеком.

Чрезвычайно точные испытания материала показали, что миграция химических веществ из труб в воду не происходит. Пригодность применения труб подтверждается сертификатами соответствия критериям безопасности, полученными в различных странах. Характеристики **труб ТОМ®** соответствуют действующему законодательству Испании (Королевский указ 140/2003); также имеются следующие сертификаты: ACS (Франция), Hydrocheck (Бельгия), WRAS (Великобритания) и прочие.

Здесь вы можете найти все обновленные сертификаты

В настоящее время Европейские организации еще не достигли консенсуса по части требований к материалам, находящимся в контакте с питьевой водой. Каждая страна предъявляет собственные требования к материалам для их одобрения. Испания отслеживает действия таких стран, как Франция, Голландия и Соединенное Королевство в отношении этих требований. Такие требования зачастую включают общие принципы, например, списки продуктов, подходящих для потребления человеком, а также проведение испытаний материалов для проверки их органолептических свойств и миграции веществ, помимо прочего.

Другие страны также предъявляют свои собственные требования к безопасности материалов через соответствующие органы здравоохранения, но при этом не устанавливают специальных нормативов, как в Европейском союзе.

Благодаря **отличной химической стойкости** трубы TOM® не разрушаются в результате воздействия природных компонентов, таких как минеральные вещества или грунты при подземной установке, поэтому их свойства остаются неизменными, а отсутствие деградации материала препятствует поломке труб и не позволяет посторонним веществам попадать в поток воды.

Поэтому **трубы TOM®** не подвержены воздействию дезинфекционных веществ, широко используемых в сетях водоснабжения, таких как, например, гипохлорит натрия и диоксид хлора.

Трубы TOM®. Высокая химическая стойкость

Химическая стойкость материала делает трубы **невосприимчивыми к коррозии**, следовательно, миграция оксидов металлов в поток воды не происходит. На самом деле эта проблема довольно актуальна в сфере общественного здравоохранения, и при превышении пределов безопасности расходы на обслуживание сетей увеличиваются из-за необходимости частой очистки. Кроме того, происходит загрязнение или потери питьевой воды, а иногда целый участок сети приходится заменять.

Коррозионностойкие трубы не способствуют росту числа бактерий. Таким образом, рост числа бактерий и формирование биопленки внутри трубы практически сведены к минимуму.

2. Сточные воды

Износостойкость ПВХ значительно выше, чем у других материалов (см. главу 4 *"Химические свойства"*), в результате чего эрозия стенок труб и последующее уменьшение толщины совершенно незначительны. Благодаря этой особенности **трубы ТОМ®** становятся идеальным вариантом для транспортировки сточных вод с большим содержанием взвешенных частиц.

Как и трубы в сетях питьевого водоснабжения, ПВХ трубы для систем канализации также обладают высокой устойчивостью и не подвержены воздействию обычных соединений и веществ в этом типе жидкостей, таких как моющие средства, прочие разбавленные химикаты или различные виды жира и масла.

3. Регенерированная вода

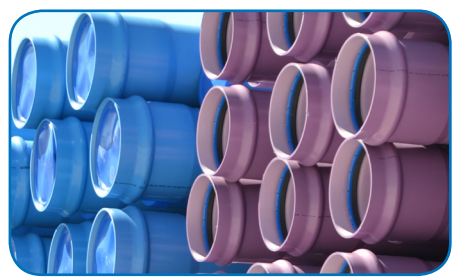
Регенерированная вода, получаемая при доочистке сточных вод на очистных сооружениях, становится все более важным ресурсом при управлении круговоротом воды. Такая вода может применяться для различных целей, например для очистки улиц или промышленных процессов (главным образом для охлаждения), но основное применение таких вод приходится на ирригационный сектор, в частности на полив парков, садов или полей для гольфа.

Регенерированную воду по составу можно включить в цикл бытового водоснабжения, за исключением того, что такая вода не будет пригодна для потребления человеком. Таким образом, **трубы ПВХ-О** подходят не только для питьевого водоснабжения, но и для транспортировки регенерированной воды.

Следует отметить, что высокая химическая стойкость таких труб позволяет транспортировку поливной воды, содержащей удобрения и пестициды. Такие трубы также устойчивы к высоким концентрациям фосфатов или нитратов в культивируемых почвах.

4. Соленая вода

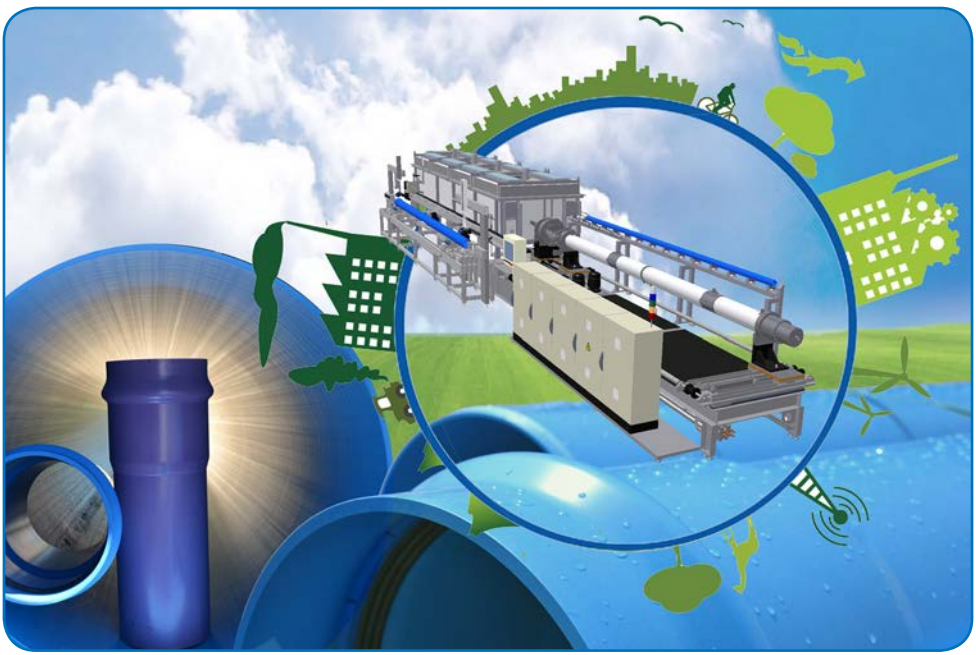
Трубы ТОМ® подходят для транспортировки соленой воды, так как они устойчивы к абразивному воздействию частиц соли на внутреннюю поверхность труб.



Трубы ТОМ®. Подходят для транспортировки сточных вод, очищенной и соленой воды

6

Устойчивость



В связи с проблемой глобального потепления, оказывающего влияние на планету из-за парникового эффекта, правительства многих стран реализуют политики охраны окружающей среды, которые призывают к использованию более экологичных решений во всех сферах человеческой деятельности и, таким образом, обеспечивают рациональное использование всех имеющихся ресурсов.

ПВХ-О трубы ТОМ® способствуют достижению этой цели, обеспечивая наиболее экологичное решение, доступное на рынке транспортировки воды, благодаря низкому потреблению энергии и меньшему углеродному следу, поскольку применение таких труб оптимизирует потребление энергии на протяжении длительного срока эксплуатации.

Факторы, определяющие эффективность энергопользования на протяжении всего жизненного цикла труб, главным образом включают тип используемого сырья, производственный процесс, обработку продукции и срок ее службы.

На протяжении долгих лет о негативном влиянии ПВХ на окружающую среду было сказано немало, но на самом деле научного обоснования таких утверждений нет. Благодаря высокой химической стойкости, ПВХ — это неизменный и безвредный материал. Наличие атомов хлора в молекуле вещества не обязательно связано с токсичностью или угрозой безопасности, так как хлор присутствует во многих повседневных продуктах, например в обычной поваренной соли.

1. Жизненный цикл труб ПВХ-О

Согласно докладу Европейской Комиссии "*Оценка жизненного цикла ПВХ и основных конкурирующих материалов*" (апрель 2004 г.), жизненный цикл изделий из ПВХ, включая ориентированный **ПВХ**, показан на следующем рисунке. **Molecor** уделяет особое внимание стадии производства **труб ТОМ®**.

Этапы жизненного цикла ПВХ продукции

Такой жизненный цикл включает несколько этапов:

• 1. Производство

ПВХ-О трубы изготавливаются методом стандартной экструзии с последующей **молекулярной ориентацией**. При определенных условиях давления и температуры экструдированная базовая труба подвергается растяжению, при этом реорганизованные молекулы полимера образуют слоистую структуру в стенках трубы, что значительно улучшает механические свойства материала, сохраняя химические характеристики без изменений.

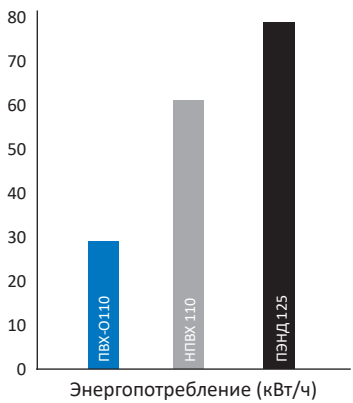
Многослойная структура ПВХ-О

В то же время для производства труб с улучшенными механическими свойствами и более тонкими стенками требуется меньше сырья, что позволяет оптимизировать расход ресурсов.

Такое сокращение потребления сырья приводит к экономии энергии, необходимой для добычи и обработки.

Также следует отметить, что новый производственный процесс, используемый **Molecor** и запатентованный во всем мире, оптимизирует энергетические затраты на этапе производства **труб TOM®**.

Добыча и производство сырья
(расход энергии кВч)



• 2. Эксплуатация

При максимальной эксплуатационной нагрузке срок службы водопровода составит порядка 50 лет. Отсчет срока службы начинается с момента завершения строительства сети и установки труб. На данном этапе наиболее значительный расход энергии приходится на работу насосного оборудования для перекачки воды.

С точки зрения эффективности и экономии энергии на этом этапе необходимо учитывать несколько аспектов:

• Оптимизация транспортировки

Благодаря легкому весу, можно перевозить больше материала, что означает экономию топлива и сокращение выбросов CO_2.

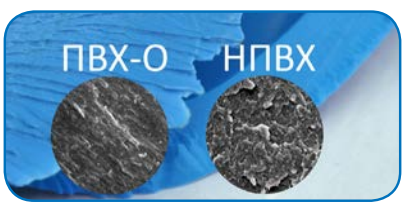
• Рентабельность монтажа

- Легкий вес также минимизирует потребности в рабочей силе и специальном оборудовании.
- Удобная конструкция раструба обеспечивает простоту сборки.

Эти два фактора способствуют росту эффективности установки, сокращают время выполнения работ и энергопотребление, что в результате приводит к социальной и экономической выгоде для всех.

• Эффективность работы

ПВХ-О трубы ТОМ® обладают большой пропускной способностью в пределах от 15 до 40%, в зависимости от диаметра и сравниваемых материалов. Таким образом, при одинаковых энергозатратах ПВХ-О трубы всегда транспортируют большее количество воды.



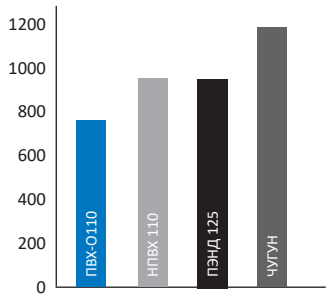
Сравнение структур ПВХ-О и Н-ПВХ

Сравнение толщин: ПВХ-О, Н-ПВХ и ПЭ

Такая повышенная пропускная способность обусловлена большим рабочим сечением трубы, полученным в результате оптимизации толщины стенок.

Более того, гладкая внутренняя поверхность труб минимизирует потери напора и обеспечивает большую скорость потока. В целом, эти преимущества означают, что для транспортировки одного и того же количества воды необходимо меньше энергии, что снижает требования к мощности насоса.

Высокая гладкость внутренней поверхности труб препятствует образованию отложений. Это означает, что внутренний диаметр труб практически не уменьшается с течением времени, и номинальная скорость потока сохраняется на протяжении всего срока службы.



Затраты энергии на эксплуатацию насосов за 50 лет (кВтч)

• 3. Переработка или утилизация

ПВХ — это на 100% перерабатываемый материал, который можно повторно использовать после длительного срока службы, в основном посредством механической обработки.

Из-за весьма высоких технических требований процесс изготовления ПВХ-О труб не позволяет использование переработанных материалов, но при обстоятельно проработанном процессе управления производством даже после длительного срока эксплуатации такие трубы в дальнейшем можно использовать для изготовления прочих пластмассовых изделий, например для производства оболочки кабелей, водосточных желобов и труб, т.е. продукции с меньшими требованиями к качеству сырья.

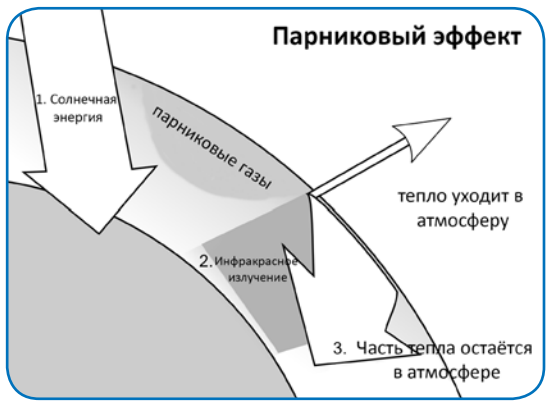
Таким образом, использование сырья и объем отходов производства значительно сокращаются.

Вопросы повторного использования и утилизации отражены в апрельском докладе Европейской Комиссии от 2004 года, а также в добровольном обязательстве отдельных представителей сектора по части управления отходами на европейском уровне в рамках программ Vinyl2010 и VinylPlus.

2. Влияние на парниковый эффект

Парниковый эффект — это атмосферное явление, вызванное слоем газов естественного происхождения, который образуется за счет водяного пара, углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4). Это явление способствует поддержанию определенного диапазона температур на нашей планете за счет сохранения части энергии, исходящей от солнца. Большая часть энергии, достигающей земной поверхности (около 70%), отражается и возвращается в атмосферу. Парниковые газы (ПГ) сохраняют часть такого излучения, которое затем возвращается к земной поверхности.

В 1990 году программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) определила шесть основных газов, отвечающих за парниковый эффект. Они включают двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ) и гексафторид серы (SF_6).



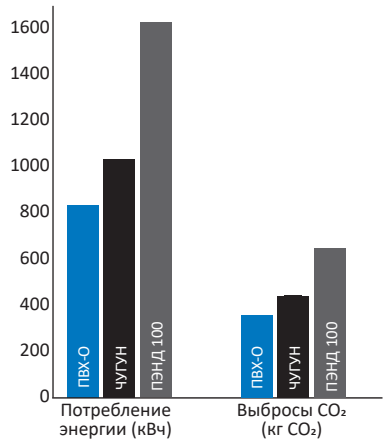
парниковый эффект

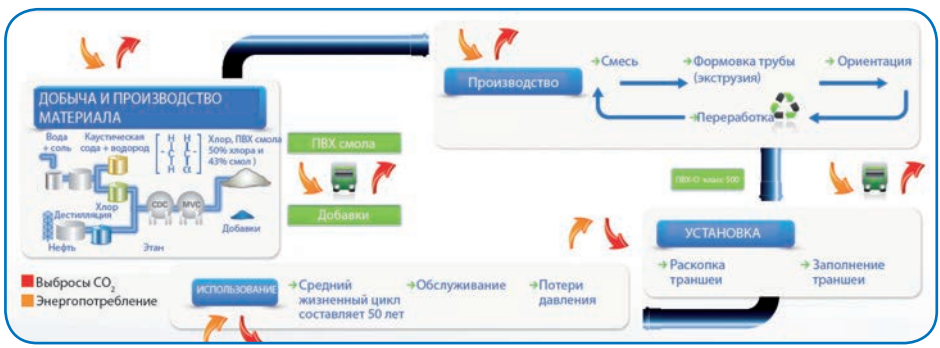
Использование ископаемых видов топлива является одной из основных причин, которые привели к увеличению концентрации CO_2 — газа, который в большей степени отвечает за парниковых эффект. Растущая концентрация этих газов в атмосфере увеличивает удержание тепла у поверхности земли и изменяет климат.

Воздействие труб на окружающую среду зависит от их состава и применения. Один из параметров, используемых для количественной оценки такого воздействия, включает влияние на **парниковый эффект**.

Согласно исследованию Политехнического университета Каталонии *"Оценка потребления энергии и выбросов CO_2 связанных с производством, использованием и утилизацией ПВХ, ПЭНД, ПП, чугуна и бетона"*, за 50 лет эксплуатации, включая двухразовое ежегодное обслуживание, **ПВХ-О трубы демонстрируют более высокую эффективность с точки зрения снижения энергозатрат** (828 кВт/ч) **и выбросов CO_2** (363 кг). Таким образом, они являются лучшим решением для транспортировки воды в целях устойчивого развития.

Для нового производственного процесса, применяемого при выпуске **труб ТОМ®**, необходимо только электричество. При этом никаких парниковых газов от прямого сжигания ископаемого топлива не выделяется. Кроме того, благодаря высокоэффективному производственному процессу компании **Molecor** потребление энергии сокращается еще больше по сравнению с другими технологическими решениями.





Жизненный цикл ПВХ-О труб ТОМ®

3. Дальнейший вклад в устойчивое развитие

В традиционных сетях водоснабжения, выполненных из других материалов, наблюдается высокий процент утечки из-за разрушения соединительных муфт и поломок, вызванных деградацией труб. Во многих случаях это приводит к замене труб всего через несколько лет после их установки.

Ориентированные трубы **гарантируют долгий срок эксплуатации и сохраняют водные ресурсы** благодаря гармоничным инфраструктурным решениям для экосистем.

Поскольку **ПВХ-О трубы** **химически инертны** к природным веществам, они остаются неизменными на протяжении всего срока службы, что предотвращает утечку транспортируемой воды.

Кроме того, **абсолютная водонепроницаемость соединений**, обусловленная высоким качеством используемого эластичного уплотнения и эффективной конструкцией раструбов, также способствует предотвращению утечек воды.

ПВХ-О трубы также позволяют избежать попадания посторонних веществ в воду из-за разрыва труб или из-за коррозии, которая наблюдается в металлических трубах и может стать проблемой для здоровья людей при превышении определенных значений.

Следует также отметить, что благодаря **отличной химической стойкости** ПВХ-О трубы не подвержены воздействию широко распространенных дезинфицирующих веществ и не способствуют росту микроорганизмов.

Таким образом, **ПВХ-О трубы остаются неизменными на протяжении всего срока службы**, что делает их идеальным решением для управления водными ресурсами и вносит существенный вклад в рациональное природопользование.

ПВХ-О трубы ТОМ®

MOLECOR
Orienting the future

Качество, ориентированное на экологичность завтрашнего дня

Энергетическая эффективность

Сниженное энергопотребление на всех этапах жизненного цикла: добыча сырья, производство и использование.

Эффективность использования природных ресурсов

Сниженное использование сырья дри производстве. Только 43% состава ПВХ зависит от нефти.

Эффективность использования отходов

ПВХ является материалом, позволяющим 100% переработку, допускается вторичное использование для производства в различных пластиковых индустриях.

Оптимизация водных ресурсов

Полная герметичность соединений и долгосрочная устойчивость труб к разрушению предотвращают возможность. утечки воды.

Улучшенный экологический след

Снижены выбросы в атмосферу CO_2, что способствует улучшению ситуации с глобальным потеплением планеты.

Экологичность

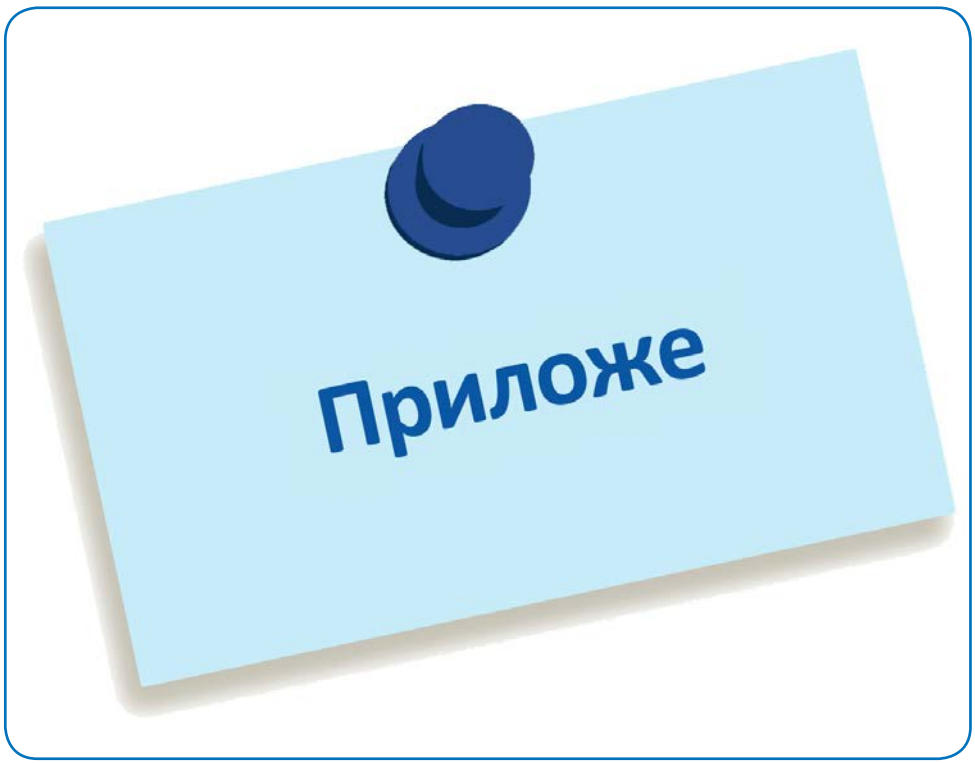
TOM® и ecoFITTOM® формируют экологичные сети, дизайн которых базируется на сохранении окружающей среды.

Трубы и фитинги из ПВХ-О

TOM & ECO FITTOM

7

Приложения



1. Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN12,5

MOLECOR
Orienting the future

ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР	DN90 PN12,5 84,0		DN110 PN12,5 104,4		DN125 PN12,5 118,8		DN140 PN12,5 133,0		DN160 PN12,5 152,0		DN200 PN12,5 190,0		DN225 PN12,5 213,6		DN250 PN12,5 237,4		DN315 PN12,5 299,2		DN355 PN12,5 337,4		DN400 PN12,5 379,8		DN450 PN12,5 427,6		DN500 PN12,5 474,6		DN630 PN12,5 597,8		DN710 PN12,5 674,9		DN800 PN12,5 760,4	
Скорость	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J
(м/с)	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км
0,1	0,55	0,16	0,86	0,12	1,11	0,11	1,39	0,09	1,81	0,08	2,84	0,06	3,58	0,05	4,43	0,05	7,03	0,04	8,94	0,03	11,33	0,03	14,36	0,02	17,69	0,02	28,10	0,02	35,80	0,01	45,40	0,01
0,2	1,11	0,58	1,71	0,45	2,22	0,39	2,78	0,34	3,63	0,29	5,67	0,22	7,17	0,20	8,85	0,17	14,10	0,13	17,90	0,11	22,70	0,10	28,70	0,09	35,40	0,08	56,10	0,06	71,50	0,05	90,80	0,04
0,3	1,66	1,23	2,57	0,95	3,33	0,82	4,17	0,72	5,44	0,62	8,51	0,47	10,75	0,41	13,28	0,37	21,09	0,28	26,82	0,24	34,00	0,21	43,10	0,18	53,10	0,16	84,20	0,12	107,30	0,11	136,20	0,09
0,4	2,22	2,09	3,42	1,62	4,43	1,40	5,56	1,22	7,26	1,05	11,34	0,81	14,33	0,70	17,71	0,62	28,10	0,48	35,80	0,41	45,30	0,36	57,40	0,31	70,80	0,28	112,30	0,21	143,10	0,18	181,60	0,16
0,5	2,77	3,17	4,28	2,46	5,54	2,11	6,95	1,85	9,07	1,58	14,20	1,22	17,92	1,07	22,13	0,94	35,20	0,72	44,70	0,62	56,60	0,54	71,80	0,47	88,50	0,42	140,30	0,32	178,90	0,28	227,10	0,24
0,6	3,33	4,44	5,14	3,44	6,65	2,96	8,34	2,59	10,90	2,22	17,00	1,71	21,50	1,49	26,56	1,32	42,20	1,01	53,65	0,88	68,00	0,76	86,20	0,66	106,10	0,59	168,40	0,45	214,64	0,39	272,50	0,34
0,7	3,88	5,90	5,99	4,58	7,76	3,94	9,73	3,45	12,70	2,95	19,80	2,28	25,10	1,99	30,98	1,76	49,20	1,34	62,60	1,16	79,30	1,01	100,50	0,88	123,80	0,78	196,50	0,60	250,40	0,52	317,90	0,45
0,8	4,43	7,56	6,85	5,86	8,87	5,04	11,11	4,42	14,50	3,78	22,70	2,92	28,70	2,54	35,41	2,25	56,25	1,72	71,50	1,49	90,60	1,30	114,90	1,13	141,50	1,00	224,50	0,77	286,20	0,66	363,3	0,58
0,9	4,99	9,40	7,70	7,29	9,98	6,27	12,50	5,50	16,33	4,71	25,50	3,63	32,30	3,16	39,84	2,80	63,30	2,13	80,50	1,86	102,00	1,62	129,20	1,41	159,20	1,25	252,60	0,95	322,00	0,83	408,70	0,72
1,0	5,54	11,43	8,56	8,87	11,08	7,62	13,89	6,68	18,15	5,72	28,40	4,41	35,80	3,84	44,26	3,40	70,30	2,59	89,41	2,26	113,29	1,96	143,6	1,71	176,91	1,51	280,67	1,16	357,74	1,00	454,12	0,87
1,1	6,10	13,63	9,42	10,58	12,19	9,10	15,28	7,97	19,96	6,82	31,20	5,26	39,40	4,59	48,69	4,06	77,30	3,10	98,30	2,69	124,62	2,34	150,00	2,04	194,60	1,81	308,70	1,38	393,50	1,20	499,50	1,04
1,2	6,65	16,02	10,27	12,43	13,30	10,69	16,67	9,37	21,80	8,02	34,02	6,18	43,00	5,39	53,10	4,76	84,40	3,64	107,30	3,16	136,00	2,75	172,30	2,40	212,30	2,12	336,80	1,62	429,30	1,41	544,90	1,22
1,3	7,20	18,57	11,13	14,41	14,41	12,39	18,06	10,86	23,59	9,30	36,90	7,17	46,60	6,25	57,50	5,53	91,40	4,22	116,23	3,67	147,30	3,19	186,70	2,78	230,00	2,46	364,90	1,88	465,10	1,63	590,40	1,42
1,4	7,76	21,31	11,98	16,53	15,52	14,22	19,45	12,46	25,40	10,66	39,70	8,22	50,20	7,17	62,00	6,34	98,40	4,84	125,17	4,21	158,60	3,66	201,00	3,19	247,70	2,82	392,90	2,16	500,80	1,87	635,80	1,63
1,5	8,31	24,21	12,84	18,79	16,63	16,16	20,84	14,16	27,22	12,12	42,50	9,34	53,80	8,15	66,40	7,20	105,50	5,50	134,11	4,78	169,90	4,16	215,40	3,62	265,40	3,21	421,00	2,45	536,60	2,13	681,20	1,85
1,6	8,87	27,28	13,70	21,17	17,74	18,21	22,23	15,96	29,03	13,66	45,36	10,53	57,30	9,18	70,80	8,12	112,50	6,20	143,10	5,39	181,30	4,69	229,80	4,08	283,10	3,62	449,10	2,76	572,40	2,40	726,60	2,09
1,7	9,42	30,53	14,55	23,69	18,84	20,37	23,62	17,86	30,85	15,28	48,20	11,78	60,90	10,27	75,20	9,08	119,50	6,93	152,00	6,03	192,60	5,25	244,10	4,57	300,70	4,05	477,10	3,09	608,20	2,68	772,00	2,33
1,8	9,98	33,94	15,41	26,33	19,95	22,65	25,01	19,85	32,66	16,99	51,00	13,09	64,50	11,42	79,70	10,09	126,60	7,71	160,90	6,70	203,90	5,83	258,50	5,08	318,40	4,50	505,20	3,44	643,90	2,98	817,40	2,59
1,9	10,53	37,51	16,26	29,10	21,06	25,03	26,40	21,94	34,48	18,77	53,87	14,47	68,10	12,62	84,10	11,16	133,60	8,52	169,90	7,40	215,30	6,45	272,80	5,62	336,10	4,97	533,30	3,80	679,70	3,30	862,80	2,87
2,0	11,08	41,25	17,12	32,00	22,17	27,52	27,79	24,13	36,29	20,65	56,71	15,91	71,70	13,88	88,50	12,27	140,60	9,37	178,80	8,14	226,60	7,09	287,20	6,17	353,80	5,47	561,30	4,18	715,50	3,63	908,20	3,15
2,1	11,64	45,15	17,98	35,03	23,28	30,13	29,18	26,41	38,11	22,60	59,54	17,42	75,30	15,19	93,00	13,43	147,60	10,25	187,80	8,91	237,90	7,76	301,60	6,76	371,50	5,98	589,41	4,57	751,30	3,97	953,70	3,45
2,2	12,19	49,21	18,83	38,18	24,39	32,84	30,56	28,78	39,92	24,63	62,38	18,98	78,83	16,56	97,38	14,64	154,70	11,17	196,70	9,71	249,20	8,46	315,90	7,37	389,20	6,52	617,50	4,98	787,00	4,32	999,10	3,76
2,3	12,75	53,43	19,69	41,46	25,49	35,66	31,95	31,25	41,74	26,74	65,21	20,61	82,42	17,98	101,81	15,90	161,71	12,13	205,64	10,55	260,60	9,19	330,30	8,00	406,90	7,08	645,50	5,41	822,80	4,70	1 044,5	4,09
2,4	13,30	57,82	20,54	44,86	26,60	38,58	33,34	33,82	43,55	28,94	68,05	22,30	86,00	19,46	106,23	17,20	168,70	13,13	214,60	11,41	271,90	9,94	344,60	8,65	424,60	7,66	673,60	5,85	858,60	5,08	1 089,9	4,42
2,5	13,85	62,36	21,40	48,38	27,71	41,61	34,73	36,47	45,36	31,21	70,88	24,06	89,58	20,98	110,66	18,55	175,77	14,16	223,52	12,31	283,20	10,72	359,00	9,33	442,30	8,26	701,70	6,31	894,40	5,48	1 135,3	4,77
2,6	14,41	67,05	22,26	52,03	28,82	44,75	36,12	39,22	47,18	33,56	73,72	25,87	93,17	22,56	115,09	19,95	182,80	15,23	232,50	13,23	294,60	11,53	373,40	10,04	460,00	8,89	729,80	6,79	930,10	5,89	1 180,7	5,13
2,7	14,96	71,91	23,11	55,79	29,93	47,98	37,51	42,06	48,99	35,99	76,55	27,74	96,75	24,20	119,51	21,39	189,84	16,33	241,40	14,19	305,90	12,36	387,70	10,76	477,60	9,53	757,80	7,28	965,90	6,32	1 226,1	5,50
2,8	15,52	76,92	23,97	59,68	31,04	51,33	38,90	44,99	50,81	38,50	79,39	29,67	100,33	25,88	123,94	22,88	196,90	17,47	250,30	15,18	317,20	13,22	402,10	11,51	495,30	10,20	785,90	7,79	1 001,7	6,76	1 271,5	5,88
2,9	16,07	82,08	24,82	63,69	32,15	54,77	40,29	48,01	52,62	41,08	82,22	31,67	103,92	27,62	128,37	24,42	203,90	18,64	259,29	16,20	328,50	14,11	416,50	12,29	513,00	10,88	814,00	8,31	1 037,4	7,21	1 317,0	6,28
3,0	16,63	87,40	25,68	67,82	33,25	58,32	41,68	51,12	54,44	43,75	85,06	33,72	107,50	29,41	132,79	26,00	210,90	19,85	268,20	17,25	339,90	15,03	430,80	13,08	530,70	11,58	842,00	8,85	1 073,2	7,68	1 362,4	6,68
3,1	17,18	92,87	26,54	72,06	34,36	61,98	43,07	54,32	56,25	46,49	87,89	35,83	111,08	31,25	137,22	27,63	217,96	21,09	277,17	18,33	351,20	15,97	445,20	13,90	548,40	12,31	870,10	9,40	1 109,0	8,16	1 407,8	7,10
3,2	17,73	98,50	27,39	76,43	35,47	65,73	44,46	57,61	58,07	49,30	90,73	38,00	114,67	33,15	141,65	29,30	225,0	22,37	286,10	19,44	362,50	16,93	459,50	14,74	566,10	13,06	898,20	9,97	1 144,8	8,66	1 453,2	7,53
3,3	18,29	104,28	28,25	80,91	36,58	69,58	45,85	60,99	59,88	52,19	93,56	40,23	118,25	35,09	146,07	31,02	232,02	23,68	295,05	20,58	373,90	17,93	473,90	15,61	583,80	13,82	926,20	10,56	1 180,5	9,16	1 498,6	7,97
3,4	18,84	110,20	29,11	85,51	37,69	73,54	47,24	64,46	61,70	55,16	96,40	42,51	121,83	37,08	150,50	32,78	239,10	25,03	304,00	21,75	385,20	18,94	488,30	16,50	601,50	14,61	954,30	11,16	1 216,3	9,69	1 544,0	8,43
3,5	19,40	116,28	29,96	90,22	38,80	77,59	48,63	68,02	63,51	58,20	99,24	44,86	125,42	39,13	154,92	34,59	246,08	26,41	312,93	22,95	396,50	19,99	502,60	17,41	619,20	15,41	982,40	11,77	1 252,1	10,22	1 589,4	8,89
3,6	19,95	122,51	30,82	95,06	39,90	81,75	50,01	71,66	65,33	61,32	102,07	47,26	129,00	41,22	159,35	36,44	253,10	27,82	321,90	24,18	407,90	21,06	517,00	18,34	636,90	16,24	1 010,4	12,40	1 287,9	10,77	1 634,8	9,37
3,7	20,50	128,89	31,67	100,00	41,01	86,01	51,40	75,39	67,14	64,51	104,91	49,72	132,58	43,37	163,78	38,34	260,14	29,27	330,81	25,44	419,20	22,16	531,30	19,29	654,60	17,08	1 038,5	13,05	1 323,6	11,33	1 680,3	9,86
3,8	21,06	135,41	32,53	105,07	42,12	90,36	52,79	79,20	68,95	67,78	107,74	52,24	136,17	45,57	168,20	40,28	267,20	30,75	339,80	26,73	430,50	23,28	545,70	20,27	672,20	17,95	1 066,6	13,71	1 359,4	11,90	1 725,7	10,35
3,9	21,61	142,08	33,39	110,24	43,23	94,81	54,18	83,11	70,77	71,12	110,58	54,81	139,75	47,81	172,63	42,27	274,21	32,26	348,69	28,04	441,80	24,43	560,10	21,27	689,90	18,83	1 094,6	14,39	1 395,2	12,49	1 771,1	10,86
4,0	22,17	148,90	34,24	115,54	44,34	99,36	55,57	87,10	72,58	74,53	113,41	57,44	143,34	50,11	177,06	44,30	281,20	33,81	357,60	29,39	453,20	25,60	574,40	22,29	707,60	19,74	1 122,7	15,08	1 431,0	13,09	1 816,5	11,39

MOLECOR
Orienting the future

Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN12,5

1. Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN16

ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР	DN90 PN16 84,0		DN110 PN16 104,0		DN125 PN16 117,8		DN140 PN16 132,4		DN160 PN16 151,4		DN200 PN16 189,2		DN225 PN16 212,8		DN250 PN16 236,4		DN315 PN16 298,0		DN355 PN16 336,0		DN400 PN16 378,4		DN450 PN16 426,0		DN500 PN16 472,8		DN630 PN16 595,8		DN710 PN16 671,4		DN800 PN16 757,8	
Скорость	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J
(м/с)	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км
0,1	0,55	0,16	0,85	0,13	1,09	0,11	1,38	0,09	1,80	0,08	2,80	0,06	3,56	0,05	4,39	0,05	6,97	0,04	8,87	0,03	11,20	0,03	14,30	0,02	17,60	0,02	27,90	0,02	35,40	0,01	45,10	0,01
0,2	1,11	0,58	1,70	0,45	2,18	0,39	2,75	0,34	3,60	0,29	5,62	0,22	7,11	0,20	8,78	0,17	13,90	0,13	17,70	0,12	22,50	0,10	28,50	0,09	35,10	0,08	55,80	0,06	70,80	0,05	90,20	0,04
0,3	1,66	1,23	2,55	0,96	3,27	0,83	4,13	0,72	5,40	0,62	8,43	0,48	10,70	0,42	13,20	0,37	20,90	0,28	26,60	0,24	33,70	0,21	42,80	0,18	52,70	0,16	83,60	0,12	106,20	0,11	135,30	0,09
0,4	2,22	2,09	3,40	1,63	4,36	1,41	5,51	1,23	7,20	1,05	11,20	0,81	14,20	0,71	17,60	0,63	27,90	0,48	35,50	0,42	45,00	0,36	57,00	0,31	70,20	0,28	111,50	0,21	141,60	0,19	180,40	0,16
0,5	2,77	3,17	4,25	2,47	5,45	2,13	6,88	1,86	9,00	1,59	14,10	1,23	17,80	1,07	21,90	0,95	34,90	0,72	44,30	0,63	56,20	0,55	71,30	0,48	87,80	0,42	139,40	0,32	177,00	0,28	225,50	0,24
0,6	3,33	4,44	5,10	3,46	6,54	2,99	8,26	2,61	10,80	2,23	16,90	1,72	21,30	1,50	26,30	1,33	41,80	1,01	53,20	0,88	67,50	0,77	85,50	0,67	105,30	0,59	167,30	0,45	212,40	0,39	270,60	0,34
0,7	3,88	5,90	5,95	4,60	7,63	3,98	9,64	3,47	12,60	2,97	19,70	2,29	24,90	1,99	30,70	1,76	48,80	1,35	62,10	1,17	78,70	1,02	99,80	0,89	122,90	0,79	195,20	0,60	247,80	0,52	315,70	0,45
0,8	4,43	7,56	6,80	5,89	8,72	5,09	11,00	4,44	14,40	3,80	22,50	2,93	28,50	2,55	35,10	2,26	55,80	1,72	70,90	1,50	90,00	1,30	114,00	1,14	140,50	1,01	223,00	0,77	283,20	0,67	360,80	0,58
0,9	4,99	9,40	7,65	7,33	9,81	6,34	12,40	5,53	16,20	4,73	25,30	3,64	32,00	3,18	39,50	2,81	62,80	2,14	79,80	1,86	101,20	1,62	128,30	1,41	158,00	1,25	250,90	0,96	318,60	0,83	405,90	0,72
1,0	5,54	11,43	8,49	8,91	10,90	7,70	13,80	6,72	18,00	5,75	28,11	4,43	35,60	3,86	43,90	3,42	69,70	2,61	88,70	2,27	112,50	1,97	142,50	1,72	175,60	1,52	278,80	1,16	354,00	1,01	451,00	0,88
1,1	6,10	13,60	9,34	10,60	12,00	9,20	15,10	8,02	19,80	6,85	30,90	5,28	39,10	4,61	48,30	4,08	76,70	3,11	97,50	2,70	123,70	2,35	156,80	2,05	193,10	1,81	306,70	1,39	389,40	1,21	496,13	1,05
1,2	6,70	16,00	10,20	12,50	13,10	10,80	16,50	9,42	21,60	8,05	33,70	6,21	42,70	5,41	52,70	4,79	83,70	3,65	106,40	3,18	135,00	2,77	171,00	2,41	210,70	2,13	334,60	1,63	424,80	1,42	541,20	1,23
1,3	7,20	18,60	11,00	14,50	14,20	12,50	17,90	10,92	23,40	9,34	36,50	7,20	46,20	6,28	57,10	5,55	90,70	4,24	115,30	3,68	146,20	3,21	185,30	2,79	228,20	2,47	362,40	1,89	460,30	1,64	586,30	1,43
1,4	7,80	21,30	11,90	16,60	15,30	14,40	19,30	12,50	25,20	10,70	39,40	8,26	49,80	7,20	61,40	6,37	97,60	4,86	124,10	4,23	157,40	3,68	199,50	3,20	245,80	2,84	390,30	2,17	495,70	1,88	631,40	1,64
1,5	8,30	24,20	12,70	18,90	16,30	16,30	20,70	14,20	27,00	12,20	42,22	9,39	53,30	8,18	65,80	7,24	104,60	5,52	133,00	4,80	168,70	4,18	213,80	3,64	263,40	3,22	418,20	2,46	531,10	2,14	676,50	1,86
1,6	8,90	27,30	13,60	21,30	17,40	18,40	22,00	16,00	28,80	13,70	44,00	10,60	56,90	9,22	70,20	8,16	111,60	6,23	141,90	5,41	179,90	4,71	228,00	4,10	280,90	3,63	446,10	2,77	566,50	2,41	721,60	2,09
1,7	9,40	30,50	14,40	23,80	18,50	20,60	23,40	18,00	30,60	15,40	47,80	11,80	60,50	10,32	74,60	9,13	118,60	6,96	150,70	6,05	191,20	5,27	242,30	4,59	298,50	4,06	474,00	3,10	601,90	2,70	766,70	2,34
1,8	10,00	33,90	15,30	26,40	19,60	22,90	24,80	20	32,40	17,10	50,60	13,20	64,00	11,50	79,00	10,10	125,50	7,74	159,60	6,73	202,40	5,86	256,60	5,10	316,00	4,52	501,80	3,45	637,30	3,00	811,80	2,61
1,9	10,50	37,50	16,10	29,20	20,70	25,30	26,20	22,10	34,20	18,90	53,40	14,50	67,60	12,70	83,40	11,20	132,50	8,56	168,50	7,44	213,70	6,48	270,80	5,64	333,60	4,99	529,70	3,81	672,70	3,32	856,90	2,88
2,0	11,10	41,20	17,00	32,10	21,80	27,80	27,50	24,30	36,00	20,70	56,20	16,00	71,10	13,90	87,80	12,30	139,50	9,41	177,30	8,18	224,90	7,12	285,10	6,20	351,10	5,49	557,60	4,19	708,10	3,65	902,00	3,17
2,1	11,60	45,10	17,80	35,20	22,90	30,40	28,90	26,50	37,80	22,70	59,00	17,50	74,70	15,30	92,20	13,50	146,50	10,30	186,20	8,95	236,20	7,79	299,30	6,79	368,70	6,01	585,50	4,59	743,50	3,99	947,10	3,47
2,2	12,20	49,20	18,70	38,40	24,00	33,20	30,30	28,90	39,60	24,70	61,90	19,10	78,20	16,60	96,60	14,70	153,40	11,20	195,10	9,76	247,40	8,50	313,60	7,40	386,20	6,55	613,40	5,00	778,90	4,35	992,30	3,78
2,3	12,70	53,40	19,50	41,60	25,10	36,00	31,70	31,40	41,40	26,90	64,70	20,70	81,80	18,10	101,0	16,0	160,40	12,20	203,90	10,60	258,70	9,23	327,80	8,03	403,80	7,11	641,20	5,43	814,30	4,72	1 037,4	4,10
2,4	13,30	57,80	20,40	45,10	26,20	39,00	33,00	34,00	43,20	29,10	67,50	22,40	85,40	19,50	105,30	17,30	167,40	13,20	212,80	11,50	269,90	9,98	342,10	8,69	421,40	7,70	669,10	5,88	849,70	5,11	1 082,5	4,44
2,5	13,90	62,40	21,20	48,60	27,20	42,00	34,40	36,70	45,00	31,40	70,30	24,20	88,90	21,10	109,70	18,60	174,40	14,20	221,70	12,40	281,10	10,80	356,30	9,38	438,90	8,30	697,00	6,34	885,10	5,51	1 127,6	4,79
2,6	14,40	67,10	22,10	52,30	28,30	45,20	35,80	39,40	46,80	33,70	73,10	26,00	92,50	22,70	114,10	20,00	181,30	15,30	230,50	13,30	292,40	11,60	370,60	10,10	456,50	8,93	724,90	6,82	920,50	5,93	1 172,7	5,15
2,7	15,00	71,90	22,90	56,00	29,40	48,50	37,20	42,30	48,60	36,20	75,90	27,90	96,00	24,30	118,50	21,50	188,30	16,40	239,40	14,30	303,60	12,40	384,80	10,80	474,00	9,57	752,80	7,31	955,90	6,36	1 217,8	5,52
2,8	15,50	76,90	23,80	59,90	30,50	51,80	38,50	45,20	50,40	38,70	78,72	29,80	99,60	26,00	122,90	23,00	195,30	17,50	248,30	15,30	314,90	13,30	399,10	11,60	491,60	10,20	780,60	7,82	991,30	6,80	1 262,9	5,91
2,9	16,10	82,10	24,60	64,00	31,60	55,30	39,90	48,30	52,20	41,30	81,50	31,80	103,10	27,70	127,30	24,50	202,30	18,70	257,10	16,30	326,10	14,20	413,30	12,30	509,10	10,90	808,50	8,34	1 026,7	7,26	1 308,0	6,30
3,0	16,60	87,40	25,50	68,10	32,70	58,90	41,30	51,40	54,00	43,90	84,30	33,90	106,70	29,50	131,70	26,10	209,20	19,90	266,00	17,30	337,40	15,10	427,60	13,10	526,70	11,60	836,40	8,88	1 062,1	7,73	1 353,1	6,71
3,1	17,20	92,90	26,30	72,40	33,80	62,60	42,70	54,60	55,80	46,70	87,20	36,00	110,30	31,40	136,10	27,80	216,20	21,20	274,90	18,40	348,60	16,00	441,80	14,00	544,30	12,40	864,30	9,44	1 097,5	8,21	1 398,2	7,13
3,2	17,70	98,50	27,20	76,80	34,90	66,40	44,10	57,90	57,60	49,50	90,00	38,20	113,80	33,30	140,50	29,40	223,20	22,50	283,70	19,50	359,90	17,10	456,10	14,80	561,80	13,10	892,20	10,00	1 132,9	8,70	1 443,3	7,60
3,3	18,30	104,30	28,00	81,30	36,00	7030	45,40	61,30	59,40	52,40	92,80	40,40	117,40	35,20	144,80	31,20	230,20	23,80	292,60	20,70	371,10	18,00	470,40	15,70	579,40	13,90	920,00	10,60	1 168,3	9,20	1 488,4	8,00
3,4	18,80	110,20	28,90	85,90	37,10	74,30	46,80	64,80	61,20	55,40	95,60	42,70	120,90	37,20	149,20	32,90	237,10	25,10	301,50	21,90	382,40	19,00	484,60	16,60	596,90	14,70	947,90	11,20	1 203,7	9,70	1 533,5	8,50
3,5	19,40	116,30	29,70	90,60	38,10	78,40	48,20	68,40	63,00	58,50	98,40	45,10	124,50	39,30	153,60	34,80	244,10	26,50	310,30	23,10	393,60	20,10	498,90	17,50	614,50	15,50	975,80	11,80	1 239,1	10,30	1 578,6	8,90
3,6	20,00	122,50	30,60	95,50	39,20	82,60	49,60	72,00	64,80	61,60	101,20	47,50	128,00	41,40	158,01	36,60	251,10	27,95	319,20	24,30	404,90	21,20	513,10	18,40	632,00	16,30	1 003,7	12,50	1 274,5	10,80	1 623,7	9,40
3,7	20,50	128,90	31,40	100,50	40,30	86,90	50,90	75,80	66,60	64,80	104,00	50,00	131,60	43,60	162,40	38,50	258,06	29,40	328,10	25,60	416,10	22,30	527,40	19,40	649,60	17,20	1 031,6	13,10	1 309,9	11,40	1 668,8	9,90
3,8	21,10	135,40	32,30	105,50	41,40	91,30	52,30	79,60	68,40	68,10	106,80	52,50	135,20	45,80	166,80	40,50	265,00	30,90	336,90	26,90	427,30	23,40	541,60	20,40	667,20	18,00	1 059,4	13,80	1 345,4	12,00	1 713,9	10,40
3,9	21,60	142,10	33,10	110,70	42,50	95,80	53,70	83,50	70,20	71,44	109,60	55,10	138,70	48,00	171,20	42,50	272,00	32,40	345,80	28,20	438,60	24,50	555,90	21,40	684,70	18,90	1 087,3	14,40	1 380,8	12,60	1 759,0	10,90
4,0	22,20	148,90	34,00	116,10	43,60	100,30	55,10	87,60	72,00	74,90	112,50	57,70	142,30	50,30	175,60	44,50	279,00	34,00	354,70	29,50	449,80	25,70	570,10	22,40	702,30	19,80	1 115,2	15,10	1 416,2	13,20	1 804,1	11,40

MOLECOR
Orienting the future

Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN16

1. Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN20

ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР	DN90 PN20 84,0		DN110 PN20 103,2		DN125 PN20 117,0		DN140 PN20 131,2		DN160 PN20 150,0		DN200 PN20 187,4		DN225 PN20 210,8		DN250 PN20 234,2		DN315 PN20 295,2		DN355 PN20 332,4		DN400 PN20 374,8		DN450 PN20 421,4		DN500 PN20 468,6		DN630 PN20 590,4		DN710 PN20 665,6		DN800 PN20 750,4	
Скорость	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J
(м/с)	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км
0,1	0,55	0,16	0,84	0,13	1,08	0,11	1,35	0,10	1,77	0,08	2,76	0,06	3,49	0,05	4,31	0,05	6,84	0,04	8,68	0,03	11,00	0,03	13,90	0,02	17,20	0,02	27,40	0,02	34,79	0,01	44,20	0,01
0,2	1,11	0,58	1,67	0,46	2,15	0,39	2,70	0,34	3,53	0,29	5,52	0,23	6,98	0,20	8,62	0,18	13,70	0,13	17,40	0,12	22,10	0,10	27,90	0,09	34,50	0,08	54,80	0,06	69,59	0,05	88,50	0,05
0,3	1,66	1,23	2,51	0,97	3,23	0,83	4,06	0,73	5,30	0,62	8,27	0,48	10,50	0,42	12,90	0,37	20,50	0,28	26,00	0,25	33,10	0,21	41,80	0,19	51,70	0,17	82,10	0,13	104,38	0,11	132,70	0,10
0,4	2,22	2,09	3,35	1,65	4,30	1,42	5,41	1,24	7,07	1,06	11,00	0,82	14,00	0,72	17,20	0,63	27,40	0,48	34,70	0,42	44,10	0,37	55,80	0,32	69,00	0,28	109,50	0,22	139,18	0,19	176,90	0,16
0,5	2,77	3,17	4,18	2,49	5,38	2,15	6,76	1,88	8,84	1,61	13,80	1,24	17,50	1,08	21,50	0,96	34,20	0,73	43,40	0,64	55,20	0,55	69,70	0,48	86,20	0,43	136,90	0,33	173,97	0,28	221,10	0,25
0,6	3,33	4,44	5,02	3,49	6,45	3,01	8,11	2,64	10,60	2,26	16,50	1,74	20,90	1,52	25,80	1,34	41,10	1,02	52,10	0,89	66,20	0,77	83,70	0,68	103,50	0,60	164,30	0,46	208,77	0,40	265,40	0,34
0,7	3,88	5,90	5,86	4,64	7,53	4,01	9,46	3,51	12,40	3,00	19,30	2,31	24,40	2,02	30,20	1,78	47,90	1,36	60,70	1,19	77,20	1,03	97,60	0,90	120,70	0,79	191,60	0,61	243,56	0,53	309,60	0,46
0,8	4,43	7,56	6,69	5,94	8,60	5,13	10,80	4,49	14,10	3,84	22,10	2,96	27,90	2,58	34,50	2,28	54,80	1,74	69,40	1,52	88,30	1,32	111,60	1,15	138,00	1,02	219,00	0,78	278,36	0,68	353,80	0,59
0,9	4,99	9,40	7,53	7,39	9,68	6,39	12,20	5,59	15,90	4,78	24,80	3,69	31,40	3,21	38,80	2,84	61,60	2,17	78,10	1,89	99,30	1,64	125,50	1,43	155,20	1,26	246,40	0,97	313,15	0,84	398,00	0,73
1,0	5,54	11,43	8,36	8,99	10,75	7,76	13,50	6,79	17,70	5,81	27,60	4,48	34,90	3,90	43,10	3,45	68,40	2,64	86,80	2,29	110,30	1,99	139,50	1,74	172,46	1,54	273,80	1,17	347,95	1,02	442,30	0,89
1,1	6,10	13,60	9,20	10,70	11,83	9,30	14,90	8,10	19,40	6,93	30,30	5,34	38,40	4,66	47,40	4,12	75,30	3,14	95,50	2,74	121,40	2,38	153,40	2,08	189,70	1,83	301,10	1,40	382,74	1,22	486,50	1,06
1,2	6,70	16,00	10,00	12,60	12,90	10,90	16,20	9,52	21,20	8,14	33,10	6,28	41,90	5,47	51,70	4,84	82,10	3,69	104,10	3,22	132,40	2,80	167,40	2,44	207,00	2,15	328,50	1,65	417,54	1,43	530,70	1,24
1,3	7,20	18,60	10,90	14,60	14,00	12,60	17,60	11,00	23,00	9,44	35,90	7,28	45,40	6,35	56,00	5,61	89,00	4,28	112,80	3,73	143,40	3,24	181,30	2,83	224,20	2,50	355,90	1,91	452,33	1,66	574,90	1,44
1,4	7,80	21,30	11,70	16,80	15,10	14,50	18,90	12,70	24,70	10,80	38,60	8,35	48,90	7,28	60,30	6,44	95,80	4,92	121,50	4,28	154,50	3,72	195,30	3,24	241,40	2,87	383,30	2,19	487,13	1,90	619,20	1,65
1,5	8,30	24,20	12,50	19,00	16,10	16,40	20,30	14,40	26,50	12,30	41,40	9,49	52,40	8,27	64,60	7,32	102,70	5,58	130,20	4,86	165,50	4,23	209,20	3,69	258,70	3,26	410,70	2,49	521,92	2,16	663,40	1,88
1,6	8,90	27,30	13,40	21,50	17,20	18,50	21,60	16,20	28,30	13,90	44,10	10,70	55,80	9,32	68,90	8,25	109,50	6,29	138,80	5,48	176,50	4,76	223,20	4,15	275,90	3,67	438,00	2,80	556,72	2,44	707,60	2,12
1,7	9,40	30,50	14,20	24,00	18,30	20,70	23,00	18,10	30,00	15,50	46,90	12,00	59,30	10,43	73,20	9,23	116,40	7,04	147,50	6,13	187,60	5,33	237,10	4,65	293,20	4,11	465,40	3,14	591,51	2,73	751,80	2,37
1,8	10,00	33,90	15,10	26,70	19,40	23,10	24,30	20,20	31,80	17,30	49,60	13,30	62,80	11,60	77,50	10,30	123,20	7,83	156,20	6,82	198,60	5,92	251,00	5,17	310,40	4,57	492,80	3,49	626,31	3,03	796,10	2,64
1,9	10,50	37,50	15,90	29,50	20,40	25,50	25,70	22,30	33,60	19,10	52,40	14,70	66,30	12,80	81,80	11,30	130,00	8,65	164,90	7,53	209,60	6,55	265,00	5,71	327,70	5,05	520,20	3,85	661,10	3,35	840,30	2,91
2,0	11,10	41,20	16,70	32,40	21,50	28,00	27,00	24,50	35,30	21,00	55,20	16,20	69,80	14,10	86,20	12,50	136,90	9,52	173,60	8,28	220,70	7,20	278,90	6,28	344,90	5,55	547,50	4,24	695,90	3,68	884,50	3,20
2,1	11,60	45,10	17,60	35,50	22,60	30,70	28,40	26,80	37,10	22,90	57,90	17,70	73,30	15,40	90,50	13,60	143,70	10,40	182,20	9,07	231,70	7,88	292,90	6,87	362,20	6,07	574,90	4,64	730,69	4,03	928,70	3,51
2,2	12,20	49,20	18,40	38,70	23,70	33,40	29,70	29,20	38,90	25,00	60,70	19,30	76,80	16,80	94,80	14,90	150,60	11,40	190,90	9,88	242,70	8,59	306,80	7,49	379,40	6,62	602,30	5,06	765,49	4,40	973,00	3,82
2,3	12,70	53,40	19,20	42,00	24,70	36,30	31,10	31,80	40,60	27,20	63,40	20,90	80,30	18,30	99,10	16,10	157,40	12,30	199,60	10,70	253,80	9,33	320,80	8,14	396,70	7,19	629,70	5,49	800,28	4,77	1 017,2	4,15
2,4	13,30	57,80	20,10	45,50	25,80	39,30	32,40	34,40	42,40	29,40	66,20	22,70	83,80	19,80	103,40	17,50	164,30	13,30	208,30	11,60	264,80	10,09	334,70	8,80	413,90	7,78	657,00	5,94	835,08	5,16	1 061,4	4,49
2,5	13,90	62,40	20,90	49,00	26,90	42,40	33,80	37,10	44,20	31,70	69,00	24,40	87,30	21,30	107,70	18,80	171,10	14,40	216,90	12,50	275,80	10,90	348,70	9,49	431,20	8,39	684,40	6,41	869,87	5,57	1 105,6	4,84
2,6	14,40	67,10	21,70	52,70	28,00	45,50	35,20	39,90	45,90	34,10	71,70	26,30	90,70	22,90	112,00	20,30	177,90	15,50	225,60	13,50	286,90	11,70	362,60	10,20	448,40	9,02	711,80	6,89	904,67	5,99	1 149,9	5,21
2,7	15,00	71,90	22,60	56,60	29,00	48,80	36,50	42,70	47,70	36,60	74,50	28,20	94,20	24,60	116,30	21,70	184,80	16,60	234,30	14,40	297,90	12,60	376,60	10,90	465,60	9,67	739,20	7,39	939,46	6,42	1 194,1	5,58
2,8	15,50	76,90	23,40	60,50	30,10	52,30	37,90	45,70	49,50	39,10	77,20	30,20	97,70	26,30	120,60	23,20	191,60	17,70	243,00	15,40	308,90	13,40	390,50	11,70	482,90	10,30	766,60	7,90	974,26	6,87	1 238,3	5,97
2,9	16,10	82,10	24,30	64,60	31,20	55,80	39,20	48,80	51,20	41,70	80,00	32,20	101,20	28,00	124,90	24,80	198,50	18,90	251,70	16,50	320,00	14,30	404,50	12,50	500,10	11,00	793,90	8,43	1 009,1	7,33	1 282,5	6,37
3,0	16,60	87,40	25,10	68,70	32,30	59,40	40,60	51,90	53,00	44,40	82,70	34,30	104,70	29,90	129,20	26,40	205,30	20,20	260,30	17,60	331,00	15,30	418,40	13,30	517,40	11,80	821,30	8,98	1 043,8	7,81	1 326,8	6,79
3,1	17,20	92,90	25,90	73,00	33,30	63,10	41,90	55,20	54,80	47,20	85,50	36,40	108,20	31,70	133,50	28,10	212,20	21,40	269,00	18,70	342,00	16,20	432,40	14,10	534,60	12,50	848,70	9,54	1 078,6	8,30	1 371,0	7,21
3,2	17,70	98,50	26,80	77,50	34,40	66,90	43,30	58,50	56,50	50,10	88,30	38,60	111,70	33,70	137,90	29,80	219,00	22,70	277,70	19,80	353,10	17,20	446,30	15,00	551,90	13,30	876,10	10,10	1 113,4	8,80	1 415,2	7,60
3,3	18,30	104,30	27,60	82,00	35,50	70,80	44,60	62,00	58,30	53,00	91,00	40,90	115,20	35,60	142,20	31,50	225,90	24,10	286,40	20,90	364,10	18,20	460,20	15,90	569,10	14,00	903,40	10,70	1 148,2	9,31	1 459,5	8,10
3,4	18,80	110,20	28,40	86,70	36,60	74,90	46,00	65,50	60,10	56,00	93,80	43,20	118,70	37,70	146,50	33,30	232,70	25,40	295,00	22,10	375,10	19,20	474,20	16,80	586,40	14,80	930,80	11,30	1 183,0	9,84	1 503,7	8,60
3,5	19,40	116,30	29,30	91,40	37,60	79,00	47,30	69,10	61,90	59,10	96,50	45,60	122,20	39,70	150,80	35,10	239,50	26,80	303,70	23,40	386,20	20,30	488,10	17,70	603,60	15,60	958,20	11,90	1 217,8	10,39	1 547,9	9,00
3,6	20,00	122,50	30,10	96,30	38,70	83,20	48,70	72,80	63,60	62,30	99,30	48,00	125,60	41,90	155,10	37,00	246,40	28,30	312,40	24,60	397,20	21,40	502,10	18,70	620,90	16,50	985,60	12,60	1 252,6	10,94	1 592,1	9,50
3,7	20,50	128,90	30,90	101,40	39,80	87,60	50,00	76,60	65,40	65,50	102,10	50,50	129,10	44,00	159,40	39,00	253,20	29,70	321,10	25,90	408,20	22,50	516,00	19,60	638,10	17,30	1 012,9	13,20	1 287,4	11,51	1 636,4	10,00
3,8	21,10	135,40	31,80	106,50	40,80	92,00	51,40	80,50	67,20	68,80	104,80	53,10	132,60	46,30	163,70	40,90	260,10	31,20	329,80	27,20	419,20	23,60	530,00	20,60	655,40	18,20	1 040,3	13,90	1 322,2	12,09	1 680,6	10,50
3,9	21,60	142,10	32,60	111,70	41,90	96,50	52,70	84,40	68,90	72,20	107,60	55,70	136,10	48,60	168,00	42,90	266,90	32,80	338,40	28,50	430,30	24,80	543,90	21,60	672,60	19,10	1 067,7	14,60	1 357,0	12,69	1 724,8	11,00
4,0	22,20	148,90	33,50	117,10	43,00	101,20	54,10	88,50	70,70	75,70	110,30	58,40	139,60	50,90	172,30	45,00	273,80	34,30	347,10	29,90	441,30	26,00	557,90	22,70	689,80	20,00	1 095,1	15,30	1 391,8	13,30	1 769,0	11,60

MOLECOR
Orienting the future

Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN20

1. Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN25

ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР	DN90 PN25 82,2		DN110 PN25 101,4		DN125 PN25 115,2		DN140 PN25 129,2		DN160 PN25 147,6		DN200 PN25 184,4		DN225 PN25 207,4		DN250 PN25 230,6		DN315 PN25 290,6		DN355 PN25 327,2		DN400 PN25 369,0		DN450 PN25 415,0		DN500 PN25 461,2		DN630 PN25 581,0		DN710 PN25 654,6		DN800 PN25 737,8	
Скорость	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J	Поток	J
(м/с)	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км	л/с	м/км
0,1	0,53	0,16	0,81	0,13	1,04	0,11	1,31	0,10	1,71	0,08	2,67	0,06	3,38	0,06	4,18	0,05	6,63	0,04	8,41	0,03	10,70	0,03	13,50	0,02	16,70	0,02	26,50	0,02	33,65	0,01	42,80	0,01
0,2	1,06	0,59	1,62	0,47	2,08	0,40	2,62	0,35	3,42	0,30	5,34	0,23	6,76	0,20	8,35	0,18	13,30	0,14	16,80	0,12	21,40	0,10	27,10	0,09	33,40	0,08	53,00	0,06	67,31	0,05	85,50	0,05
0,3	1,59	1,26	2,42	0,99	3,13	0,85	3,93	0,74	5,13	0,64	8,00	0,49	10,10	0,43	12,50	0,38	19,90	0,29	25,20	0,25	32,10	0,22	40,60	0,19	50,10	0,17	79,50	0,13	100,96	0,11	128,30	0,10
0,4	2,12	2,15	3,23	1,68	4,17	1,45	5,24	1,27	6,84	1,08	10,70	0,84	13,50	0,73	16,70	0,64	26,50	0,49	33,60	0,43	42,80	0,37	54,10	0,32	66,80	0,29	106,00	0,22	134,62	0,19	171,00	0,17
0,5	2,65	3,25	4,04	2,54	5,21	2,19	6,56	1,92	8,56	1,64	13,40	1,26	16,90	1,10	20,90	0,97	33,20	0,74	42,00	0,65	53,50	0,56	67,60	0,49	83,50	0,43	132,60	0,33	168,27	0,29	213,80	0,25
0,6	3,18	4,55	4,85	3,56	6,25	3,07	7,87	2,68	10,30	2,30	16,00	1,77	20,30	1,55	25,10	1,37	39,80	1,04	50,50	0,91	64,20	0,79	81,20	0,69	100,20	0,61	159,10	0,46	201,93	0,40	256,50	0,35
0,7	3,71	6,05	5,65	4,74	7,30	4,08	9,18	3,57	12,00	3,06	18,70	2,36	23,60	2,06	29,20	1,82	46,40	1,39	58,90	1,21	74,90	1,05	94,70	0,91	116,90	0,81	185,60	0,62	235,58	0,54	299,30	0,47
0,8	4,25	7,75	6,46	6,07	8,34	5,23	10,50	4,57	13,70	3,91	21,40	3,02	27,00	2,63	33,40	2,33	53,10	1,78	67,30	1,55	85,60	1,34	108,20	1,17	133,60	1,04	212,10	0,79	269,24	0,69	342,00	0,60
0,9	4,78	9,64	7,27	7,55	9,38	6,50	11,80	5,69	15,40	4,87	24,00	3,76	30,40	3,27	37,60	2,89	59,70	2,21	75,70	1,92	96,20	1,67	121,70	1,46	150,40	1,29	238,60	0,98	302,89	0,86	384,80	0,74
1,0	5,31	11,72	8,08	9,17	10,42	7,90	13,10	6,91	17,10	5,92	26,70	4,56	33,80	3,98	41,80	3,52	66,30	2,68	84,10	2,34	106,90	2,03	135,30	1,77	167,10	1,57	265,10	1,20	336,54	1,04	427,50	0,90
1,1	5,84	14,00	8,88	10,90	11,47	9,40	14,40	8,25	18,80	7,06	29,40	5,45	37,20	4,75	45,90	4,19	73,00	3,20	92,50	2,79	117,60	2,42	148,80	2,11	183,80	1,87	291,60	1,43	370,20	1,24	470,30	1,08
1,2	6,40	16,40	9,70	12,90	12,50	11,10	15,70	9,69	20,50	8,30	32,00	6,40	40,50	5,58	50,10	4,93	79,60	3,76	100,90	3,28	128,30	2,85	162,30	2,48	200,50	2,19	318,10	1,68	403,85	1,46	513,00	1,27
1,3	6,90	19,00	10,50	14,90	13,50	12,80	17,00	11,20	22,20	9,62	34,70	7,42	43,90	6,47	54,30	5,72	86,20	4,36	109,30	3,80	139,00	3,30	175,80	2,88	217,20	2,55	344,70	1,94	437,51	1,69	555,80	1,47
1,4	7,40	21,90	11,30	17,10	14,60	14,70	18,40	12,90	24,00	11,00	37,40	8,51	47,30	7,42	58,50	6,56	92,90	5,01	117,70	4,36	149,70	3,79	189,40	3,30	233,90	2,92	371,20	2,23	471,16	1,94	598,50	1,69
1,5	8,00	24,80	12,10	19,40	15,60	16,70	19,70	14,60	25,70	12,50	40,10	9,67	50,70	8,43	62,60	7,45	99,50	5,69	126,10	4,95	160,40	4,30	202,90	3,75	250,60	3,32	397,70	2,53	504,82	2,20	641,30	1,92
1,6	8,50	28,00	12,90	21,90	16,70	18,90	21,00	16,50	27,40	14,10	42,70	10,90	54,10	9,50	66,80	8,40	106,10	6,41	134,50	5,58	171,10	4,85	216,40	4,23	267,30	3,74	424,20	2,86	538,47	2,48	684,00	2,16
1,7	9,00	31,30	13,70	24,50	17,70	21,10	22,30	18,50	29,10	15,80	45,40	12,20	57,40	10,63	71,00	9,39	112,80	7,17	142,90	6,24	181,80	5,43	230,00	4,73	284,00	4,18	450,70	3,20	572,12	2,78	726,80	2,42
1,8	9,60	34,80	14,50	27,20	18,80	23,50	23,60	20,50	30,80	17,60	48,10	13,60	60,80	11,80	75,20	10,40	119,40	7,97	151,40	6,94	192,50	6,03	243,50	5,26	300,70	4,65	477,20	3,55	605,78	3,09	769,60	2,69
1,9	10,10	38,50	15,30	30,10	19,80	25,90	24,90	22,70	32,50	19,40	50,70	15,00	64,20	13,10	79,40	11,50	126,00	8,81	159,80	7,67	203,20	6,67	257,00	5,81	317,40	5,14	503,70	3,93	639,43	3,42	812,30	2,97
2,0	10,60	42,30	16,20	33,10	20,80	28,50	26,20	25,00	34,20	21,40	53,40	16,50	67,60	14,40	83,50	12,70	132,70	9,69	168,20	8,44	213,90	7,33	270,50	6,39	334,10	5,65	530,20	4,32	673,09	3,76	855,10	3,27
2,1	11,10	46,30	17,00	36,20	21,90	31,20	27,50	27,30	35,90	23,40	56,10	18,00	70,90	15,70	87,70	13,90	139,30	10,60	176,60	9,24	224,60	8,03	284,10	7,00	350,80	6,19	556,80	4,73	706,74	4,11	897,80	3,58
2,2	11,70	50,50	17,80	39,50	22,90	34,00	28,80	29,80	37,60	25,50	58,80	19,70	74,30	17,10	91,90	15,10	145,90	11,60	185,00	10,07	235,30	8,75	297,60	7,63	367,50	6,74	583,30	5,15	740,40	4,48	940,60	3,90
2,3	12,20	54,80	18,60	42,90	24,00	37,00	30,20	32,30	39,40	27,70	61,40	21,30	77,70	18,60	96,10	16,40	152,50	12,60	193,40	10,90	246,00	9,50	311,10	8,28	384,20	7,32	609,80	5,59	774,05	4,87	983,30	4,23
2,4	12,70	59,30	19,40	46,40	25,00	40,00	31,50	35,00	41,10	29,90	64,10	23,10	81,10	20,10	100,20	17,80	159,20	13,60	201,80	11,80	256,70	10,28	324,60	8,96	400,90	7,92	636,30	6,05	807,71	5,27	1 026,1	4,58
2,5	13,30	64,00	20,20	50,10	26,10	43,10	32,80	37,70	42,80	32,30	66,80	24,90	84,50	21,70	104,40	19,20	165,80	14,70	210,20	12,80	267,40	11,10	338,20	9,67	417,60	8,55	662,80	6,53	841,36	5,68	1 068,8	4,94
2,6	13,80	68,80	21,00	53,80	27,10	46,40	34,10	40,60	44,50	34,70	69,40	26,80	87,80	23,40	108,60	20,60	172,40	15,80	218,60	13,70	278,00	11,90	351,70	10,40	434,40	9,19	689,30	7,02	875,01	6,11	1 111,6	5,31
2,7	14,30	73,70	21,80	57,70	28,10	49,70	35,40	43,50	46,20	37,20	72,10	28,70	91,20	25,00	112,80	22,10	179,10	16,90	227,00	14,70	288,70	12,80	365,20	11,10	451,10	9,85	715,80	7,53	908,67	6,55	1 154,3	5,70
2,8	14,90	78,90	22,60	61,70	29,20	53,20	36,70	46,50	47,90	39,80	74,80	30,70	94,60	26,80	116,90	23,70	185,70	18,10	235,40	15,70	299,40	13,70	378,70	11,90	467,80	10,50	742,30	8,05	942,32	7,01	1 197,1	6,09
2,9	15,40	84,20	23,40	65,90	30,20	56,80	38,00	49,70	49,60	42,50	77,40	32,80	98,00	28,60	121,10	25,30	192,30	19,30	243,80	16,80	310,10	14,60	392,30	12,70	484,50	11,20	768,80	8,59	975,98	7,48	1 239,8	6,50
3,0	15,90	89,60	24,20	70,20	31,30	60,50	39,30	52,90	51,30	45,30	80,10	34,90	101,4	30,40	125,30	26,90	199,00	20,50	252,30	17,90	320,80	15,50	405,80	13,50	501,20	12,00	795,40	9,15	1 009,6	7,96	1 282,6	6,92
3,1	16,50	95,30	25,00	74,60	32,30	64,20	40,60	56,20	53,00	48,10	82,80	37,10	104,70	32,30	129,50	28,60	205,60	21,80	260,70	19,00	331,50	16,50	419,30	14,40	517,90	12,70	821,90	9,72	1 043,3	8,46	1 325,3	7,36
3,2	17,00	101,00	25,80	79,10	33,40	68,10	42,00	59,60	54,80	51,00	85,50	39,30	108,10	34,30	133,60	30,30	212,20	23,10	269,10	20,20	342,20	17,50	432,80	15,30	534,60	13,50	848,40	10,30	1 076,9	8,97	1 368,1	7,80
3,3	17,50	106,90	26,60	83,70	34,40	72,10	43,30	63,10	56,50	54,00	88,10	41,70	111,50	36,30	137,80	32,10	218,90	24,50	277,50	21,30	352,90	18,50	446,40	16,20	551,30	14,30	874,90	10,90	1 110,6	9,50	1 410,9	8,30
3,4	18,00	113,00	27,50	88,50	35,40	76,20	44,60	66,70	58,20	57,10	90,80	44,00	114,90	38,40	142,00	33,90	225,50	25,90	285,90	22,50	363,60	19,60	459,90	17,10	568,00	15,10	901,40	11,50	1 144,2	10,04	1 453,6	8,70
3,5	18,60	119,30	28,30	93,30	36,50	80,40	45,90	70,40	59,90	60,20	93,50	46,50	118,20	40,50	146,20	35,80	232,10	27,30	294,30	23,80	374,30	20,70	473,40	18,00	584,70	15,90	927,90	12,20	1 177,9	10,59	1 496,4	9,20
3,6	19,10	125,60	29,10	98,30	37,50	84,70	47,20	74,10	61,60	63,50	96,10	48,90	121,60	42,70	150,40	37,70	238,80	28,80	302,70	25,10	385,00	21,80	487,00	19,00	601,40	16,80	954,40	12,80	1 211,6	11,16	1 539,1	9,70
3,7	19,60	132,20	29,90	103,50	38,60	89,20	48,50	78,00	63,30	66,80	98,80	51,50	125,00	44,90	154,50	39,70	245,40	30,30	311,10	26,40	395,70	22,90	500,50	20,00	618,10	17,70	980,90	13,50	1 245,2	11,74	1 581,9	10,20
3,8	20,20	138,90	30,70	108,70	39,60	93,70	49,80	81,90	65,00	70,10	101,50	54,10	128,40	47,20	158,70	41,70	252,00	31,80	319,50	27,70	406,40	24,10	514,00	21,00	634,80	18,60	1 007,5	14,20	1 278,9	12,33	1 624,6	10,70
3,9	20,70	145,70	31,50	114,10	40,60	98,30	51,10	86,00	66,70	73,60	104,20	56,80	131,80	49,50	162,90	43,70	258,70	33,40	327,90	29,10	417,10	25,30	527,50	22,00	651,50	19,50	1 034,0	14,90	1 312,5	12,94	1 667,4	11,30
4,0	21,20	152,70	32,30	119,50	41,70	103,00	52,40	90,10	68,40	77,10	106,80	59,50	135,10	51,90	167,10	45,80	265,30	35,00	336,30	30,50	427,80	26,50	541,10	23,10	668,20	20,40	1 060,5	15,60	1 346,2	13,56	1 710,1	11,80

MOLECOR
Orienting the future

Таблица потерь нагрузок труб ТОМ® ПВХ-О 500 PN25

MOLECOR
Orienting the future

Лучший выбор для напорных водопроводных труб

Ознакомьтесь с несколькими проектами, где они были использованы

TOM & ECO FITTOM

2. Коэффициент локальных потерь напора (k_l)

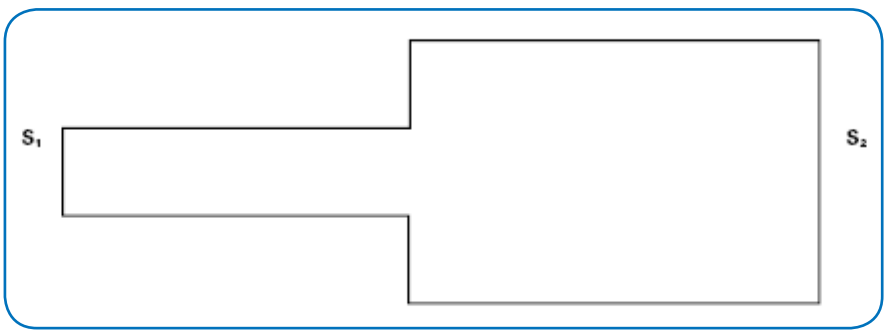
2.1 Расширяющиеся и сужающиеся секции

• Внезапное расширение

Для Re<10: $k_l = 26/Re$
Для 10<Re<3 500: Значение k_l указано в таблице
Для Re>3 500: $k_l = (1-(S_1/S_2))^2$

Формула расчета, число Рейнольдса:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\upsilon}$$



Резкое расширение

S_1/S_2	Re												
	10	15	20	30	40	50	1,E+02	2,E+02	5,E+02	1,E+03	2,E+03	3,E+03	3,5E+03
0,1	3,10	3,20	3,00	2,40	2,15	1,95	1,70	1,65	1,70	2,00	1,60	1,00	0,81
0,2	3,10	3,20	2,80	2,20	1,85	1,65	1,40	1,30	1,30	1,60	1,25	0,70	0,64
0,3	3,10	3,10	2,60	2,00	1,60	1,40	1,20	1,10	1,10	1,30	0,95	0,60	0,50
0,4	3,10	3,00	2,40	1,80	1,50	1,30	1,10	1,00	0,85	1,05	0,80	0,40	0,36
0,5	3,10	2,70	2,30	1,65	1,35	1,15	0,90	0,75	0,65	0,90	0,65	0,30	0,25
0,6	3,10	2,50	2,15	1,55	1,25	1,05	0,80	0,60	0,40	0,60	0,50	0,20	0,16

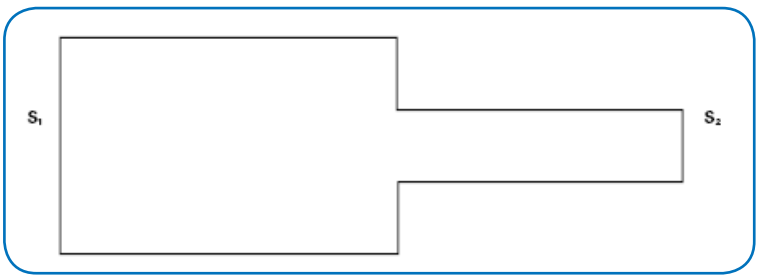
• Внезапное сужение

Для 1<Re<8: $k_l = 27/Re$

Для 8<Re<10^4: Значение k_l указано в таблице

Для Re>3 500: $k_l = (1-(S_1/S_2))^2$

Формула расчета, число Рейнольдса: $Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$



Резкое сокращение

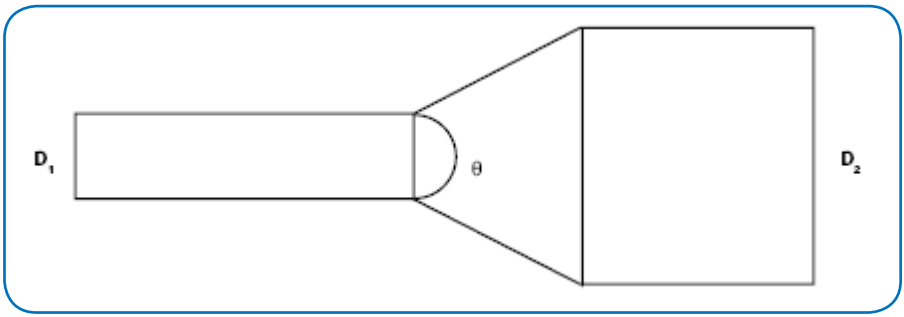
S_1/S_2	Re													
	10	20	30	40	50	1,E+02	2,E+02	5,E+02	1,E+03	2,E+03	4,E+03	5,0E+03	1,E+04	>1,0E+04
0,1	5,00	3,20	2,40	2,00	1,80	1,30	1,04	0,82	0,64	0,50	0,80	0,75	0,50	0,45
0,2	5,00	3,10	2,30	1,84	1,62	1,20	0,95	0,70	0,50	0,40	0,60	0,60	0,40	0,40
0,3	5,00	2,95	2,15	1,70	1,50	1,10	0,85	0,60	0,44	0,30	0,55	0,55	0,35	0,35
0,4	5,00	2,80	2,00	1,60	1,40	1,00	0,78	0,50	0,35	0,25	0,45	0,50	0,30	0,30
0,5	5,00	2,70	1,80	1,46	1,30	0,90	0,65	0,42	0,30	0,20	0,40	0,42	0,25	0,25
0,6	5,00	2,60	1,70	1,35	1,35	0,80	0,56	0,35	0,24	0,15	0,35	0,20	0,20	0,25

• Постепенное расширение

	Re								
D_2/D_1	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
1,5	0,4	0,95	1,2	1,15	1,10	1,05	1,02	1	1
3	0,4	0,80	1	1,05	1,05	1,05	1,02	1	1

Формула расчета: $K_l = C_a\left(\frac{A_2}{A_1} - 1\right)^2$

Где:
A_1: Секция трубы 1
A_2: Секция трубы 2



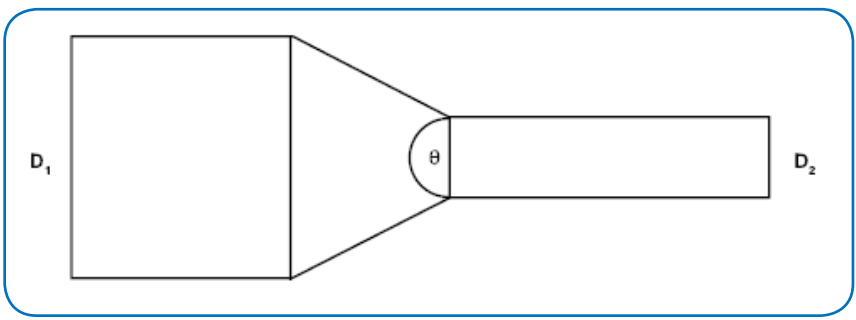
Мягкое расширение

Например:

	DI (мм)	A (мм²)	D_2/D_1	θ	C_a	k_l
DN110 PN16	104	8 494,87	1,5	80º	1,15	1,441
DN160 PN16	151,4	18 002,9				

• Постепенное сужение

θ	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	80
k_l	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,35



Мягкое сокращение

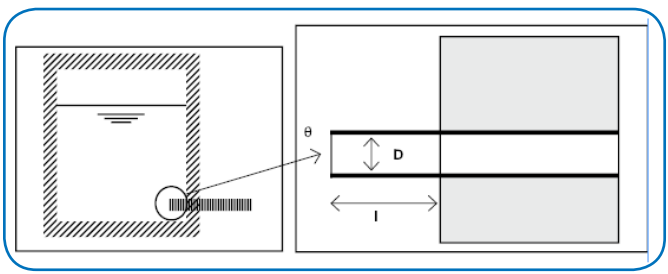
2.2. Входной и выходной патрубок емкости

• Патрубок емкости без коллектора

e/D	l/D						
	0	0,005	0,01	0,05	0,2	0,3	∞
0,000	0,50	0,63	0,68	0,80	0,92	0,97	1,00
0,004	0,50	0,58	0,63	0,74	0,86	0,90	0,94
0,008	0,50	0,55	0,58	0,68	0,81	0,85	0,88
0,012	0,50	0,53	0,55	0,63	0,75	0,79	0,83
0,016	0,50	0,51	0,53	0,58	0,70	0,74	0,77
0,020	0,50	0,51	0,52	0,55	0,66	0,69	0,72
0,024	0,50	0,50	0,51	0,53	0,62	0,65	0,68
0,030	0,50	0,50	0,51	0,52	0,57	0,59	0,61
0,040	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,54
0,050	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
∞	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Например: DN160 PN16

e(мм): 3,5
ID(мм): 151,4
l(мм): 30
e/D: 0,02312
l/D: 0,20
k_l: 0,62



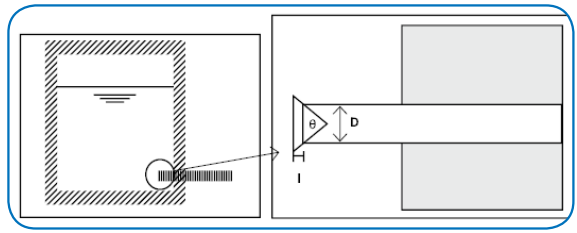
Патрубок емкости без коллектора

• Выходной патрубок емкости с водосборной воронкой

l/D	θ								
	0°	10°	20°	30°	40°	60°	100°	140°	180°
0,025	1,00	0,96	0,93	0,90	0,86	0,80	0,69	0,59	0,50
0,050	1,00	0,93	0,86	0,80	0,75	0,67	0,58	0,53	0,50
0,075	1,00	0,87	0,75	0,65	0,58	0,50	0,48	0,49	0,50
0,100	1,00	0,80	0,67	0,55	0,48	0,41	0,41	0,44	0,50
0,150	1,00	0,76	0,58	0,43	0,33	0,25	0,27	0,38	0,50
0,250	1,00	0,68	0,45	0,30	0,22	0,17	0,22	0,34	0,50
0,600	1,00	0,46	0,27	0,18	0,14	0,13	0,21	0,33	0,50
1,000	1,00	0,32	0,20	0,14	0,11	0,10	0,18	0,30	0,50

Например: DN160 PN16

ID(мм): 151,4
l(мм): 23
θ: 20°
l/D: 0,15
k_l: 0,58



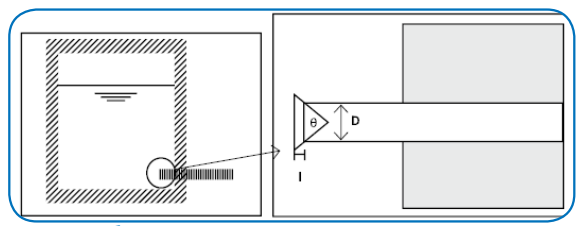
Выходной патрубок емкости с водосборной воронкой

• Водосборная воронка, встроенная в стенку емкости

l/D	θ								
	0°	10°	20°	30°	40°	60°	100°	140°	180°
0,025	0,50	0,47	0,45	0,43	0,41	0,40	0,42	0,45	0,50
0,050	0,50	0,45	0,51	0,36	0,33	0,30	0,50	0,42	0,50
0,075	0,50	0,42	0,35	0,30	0,23	0,23	0,30	0,40	0,50
0,100	0,50	0,39	0,32	0,25	0,22	0,18	0,27	0,38	0,50
0,150	0,50	0,37	0,27	0,20	0,16	0,15	0,25	0,37	0,50
0,600	0,50	0,27	0,18	0,13	0,11	0,12	0,23	0,36	0,50

Например: DN160 PN16

ID(мм): 151,4
l(мм): 23
θ: 20°
l/D: 0,15
k_l: 0,27



Водосборная воронка, встроенная в стенку емкости

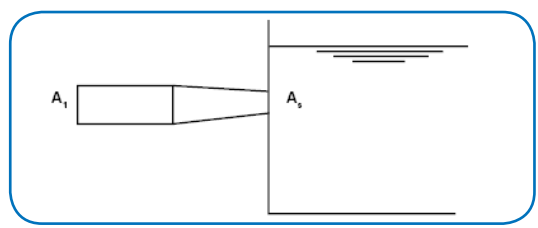
• Входной патрубок емкости

A_s/A_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
k_l	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,965	1,0

Например:

	ID (мм)	A (мм²)
DN110 PN16	104	8494,87
DN160 PN16	151,4	18002,9

A_s/A_1: 0,5
k_l: 0,88

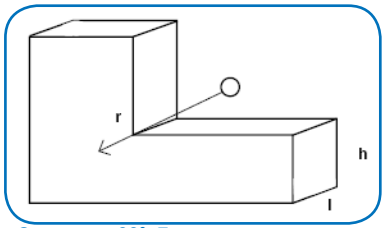


Входной патрубок емкости

2.3 Отводы

• Отводы на 90°. Прямоугольная секция

	r/ч	5/3	1	2/3
л/ч	6	0,09	0,16	0,38
	3	0,15	0,22	0,55



Отводы на 90°. Прямоугольная секция

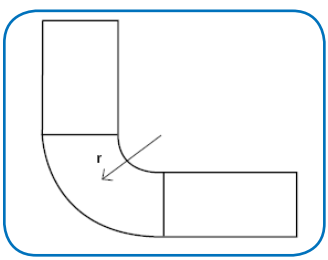
• Отводы на 90°. Круговая секция

r (м)	V(м/с)												
	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	3,00	3,65	4,60	6,10	9,15	12,20
0,00	1,03	1,14	1,23	1,30	1,36	1,42	1,46	1,54	1,62	1,71	1,84	2,03	2,18
0,08	0,46	0,51	0,55	0,58	0,60	0,63	0,65	0,69	0,72	0,76	0,82	0,90	0,97
0,15	0,31	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,43	0,46	0,49	0,51	0,54	0,60	0,65
0,30	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,33	0,35	0,37	0,41	0,44
0,60	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,36	0,39
0,90	0,18	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,33	0,36	0,39
1,20	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30	0,32	0,35	0,38
1,50	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,32	0,35	0,38
1,80	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,31	0,35	0,37
2,10	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,36	0,39
2,40	0,21	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,37	0,41	0,44
3,00	0,26	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,46	0,50	0,54
4,60	0,37	0,41	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,55	0,57	0,61	0,65	0,72	0,77
6,10	0,45	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,64	0,68	0,72	0,75	0,81	0,90	0,97
7,60	0,50	0,56	0,59	0,63	0,65	0,69	0,71	0,75	0,79	0,83	0,89	0,99	1,06

• Отводы, изогнутые не под 90°. Поправочный коэффициент для значения k_l

θ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
Коэффициент	0	0,20	0,38	0,50	0,62	0,73	0,81	0,89	0,95	1	1,04	1,09	1,12

Отводы, изогнутые не под 90°



Например:

Для отводов на 45°													
r (м)	V (м/с)												
	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	3,00	3,65	4,60	6,10	9,15	12,20
0,00	0,64	0,71	0,76	0,81	0,84	0,88	0,91	0,95	1,00	1,06	1,14	1,26	1,35
0,08	0,29	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,40	0,43	0,45	0,47	0,51	0,56	0,60
0,15	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,37	0,40
0,30	0,13	0,14	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27
0,60	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,24
0,90	0,11	0,12	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,24
1,20	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24
1,50	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24
1,80	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,22	0,23
2,10	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,24
2,40	0,13	0,14	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,25	0,27
3,00	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,24	0,25	0,26	0,29	0,31	0,33
4,60	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,38	0,40	0,45	0,48
6,10	0,28	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,45	0,47	0,50	0,56	0,60
7,60	0,31	0,35	0,37	0,39	0,40	0,43	0,44	0,47	0,49	0,51	0,55	0,61	0,66

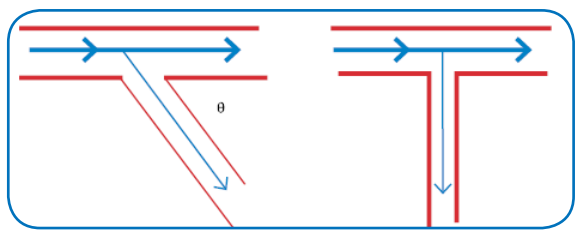
2.4 Соединения (тройники)

• Отводы для изменения направления

θ	90°		45°	
Q/Q_a	K_a	K_c	K_a	K_c
0,0	0,95	0,04	0,90	0,04
0,2	0,88	-0,08	0,68	-0,06
0,4	0,59	-0,05	0,50	-0,04
0,6	0,95	0,07	0,38	0,07
0,8	1,10	0,31	0,35	0,20
1,0	1,28	0,35	0,48	0,33

Например:

DN160 PN16	Q(л/с):	12,6
DN110 PN16	Q_a(л/с):	16
Q/Q_a:		0,8
θ:		90°
K_a:		**1,1**
K_c:		**0,31**



Бифуркации (Тройники)

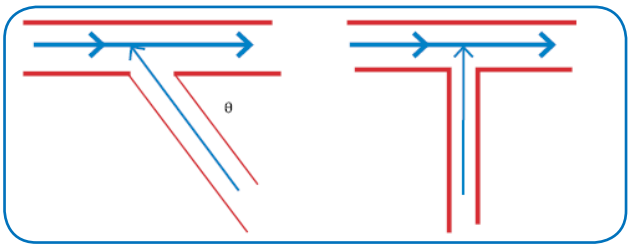
MOLECOR
Orienting the future

• Муфтовое соединение трубопровода

θ	90°		45°	
Q/Q_a	K_a	K_c	K_a	K_c
0,0	-1,20	0,04	-0,92	0,04
0,2	-0,40	0,17	-0,38	0,17
0,4	0,08	0,30	0,00	0,19
0,6	0,47	0,40	0,22	0,09
0,8	0,72	0,51	0,37	-0,17
1,0	0,91	0,60	0,37	-0,54

Например:

DN160 PN16 Q(л/с): 12,6
DN110 PN16 Qa(л/с): 16
Q/Q_a: 0,8
θ: 90°
K_a: 0,72
K_c: 0,51



Муфтовое соединение трубопровода

• Симметричные соединения

θ	10°	20°	30°	40°	50°
k_l	0,1	0,3	0,7	1	1,4

2.5 Вентили

• Запорные вентили

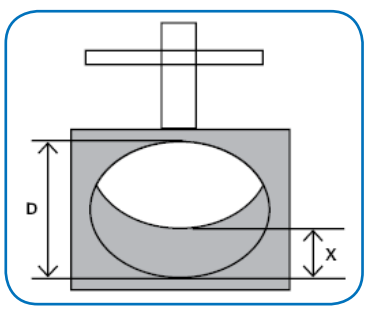
• Запорные вентили на трубах круглого сечения

x/D	0,181	0,194	0,208	0,25	0,333	0,375	0,417	0,458	0,5	0,583	0,667	1
k_l	41,21	35,36	31,35	22,68	11,89	8,63	6,33	4,57	3,27	1,55	0,77	0

Например:

Диаметр (мм): 160
x: 73
x/D: 0,458
k_l: 4,57

Запорные вентили на трубах круглого сечения

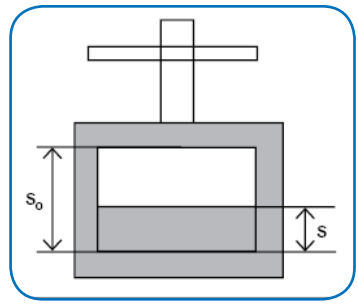


• Шиберно-ножевая задвижка прямоугольного сечения

S_0/S	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
k_l	193	44,5	17,8	8,12	4,02	2,08	0,95	0,39	0,09	0

Например:

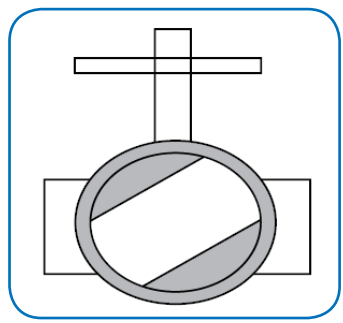
S_0 (мм): 100
S (мм): 200
S_0 /S 0,5
k_l: 4,02



Шиберно-ножевая задвижка прямоугольного сечения

• Шаровые краны

θ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	82°
k_l	-	0,05	0,29	0,75	1,56	3,10	5,47	9,68	17,3	31,2	52,6	106	206	486	-



Шаровые краны

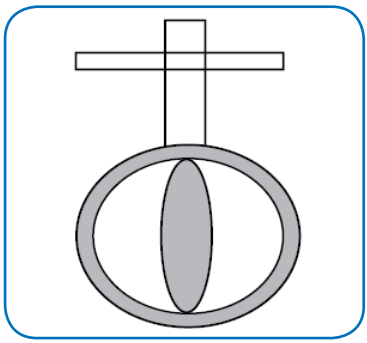
• Заслонки

• Частично открытые заслонки

θ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	90°
k_l	0	0,24	0,52	0,90	1,54	2,51	3,91	6,22	10,8	18,7	32,6	58,8	118	256	750	-

- **Полностью открытые заслонки**

e/D	0,05	0,15	0,20	0,25
k_l	0,08	0,13	0,21	0,3



Полностью открытые заслонки

Например:

Толщина клапанной тарелки (мм): 24
Диаметр отверстия клапана (мм): 160
e/D: 0,15
k_l: 0,13

3. Коэффициенты Прандтля-Колбрука-Уайта, Хазена-Вильямса и Маннинга

Коэффициент Маннинга (n) для максимальной скорости.

Материал	Прандтля-Колбрука k (мм)		Хазена-Вильямса c		Маннинга n	
	Новые трубы	В эксплуатации	Новые трубы	В эксплуатации	Новые трубы	В эксплуатации
Чугун	0,03	0,2	130	100	0,012	0,017
Бетон	0,3	3,0	140	110	0,013	0,017
Сталь	0,03	0,1	120	90	0,008	0,011
Полиэтилен	0,005	0,03	150	140	0,007	0,009
ПВХ	0,03	0,06	110	100	0,009	0,010
ПВХ-О	0,002	0,003	150	140	0,007	0,009

4. Химическая стойкость

Таблица с указанием устойчивости к химическим воздействиям **труб ПВХ-О** в соответствии со стандартом UNE 53389 IN, эквивалентные значения указаны в Международном техническом отчете ISO/TR 10358:1993 (см. приложение *"Стандарты и ссылки"*).

ПВХ-О трубы TOM®

О: Отлично X: Хорошо П: Приемлемо
НР: Не рекомендуется НД: Неподтвержденные данные

Описание	23 °C	60 °C	Описание	23 °C	60 °C
Адипиновая кислота	О	О	Бутадиен	П	НР
Азотная кислота 10%	О	НР	Бутан	НД	НД
Азотная кислота 68%	НР	НР	Бутандиол	НД	НД
Аллиловый спирт 95%	НР	НР	Бутилацетат	НР	НР
Амилацетат	НР	НР	Бутиловый спирт	Х	НР
Амиловый спирт	П	НР	Вина	О	О
Аммиак	О	НР	Винилацетат	НР	НР
Ангидрид уксусной кислоты	НР	НР	Винная кислота	О	О
Анилин	НР	НР	Виски	О	О
Антрахинон	О	НД	Водород	О	О
Антрахинон сульфоновая кислота	НД	НД	Галловая кислота	О	О
Арилсульфоновая кислота	П	НР	Гексан	НР	НД
Ацетальдегид	НР	НР	Гексанол (третичный)	П	НР
Ацетат натрия	О	О	Гексацианоферрат калия	Х	Х
Ацетат свинца	О	О	Гептан	НД	НД
Ацетилен	НД	НД	Гидродифторид аммония	Е	Е
Ацетон	НР	НР	Гидроксид алюминия	О	О
Белый щёлок	О	О	Гидроксид аммония	О	О
Бензин	НР	НР	Гидроксид бария 10%	О	О
Бензоат натрия	Х	П	Гидроксид калия	О	О
Бензойная кислота	О	О	Гидроксид кальция	О	О
Бензол	НР	НР	Гидроксид магния	О	О
Бензолсульфоновая кислота	О	О	Гидроксид натрия	О	О
Бикарбонат калия	О	О	Гидроксиламин сульфат	О	О
Бикарбонат натрия	О	О	Гидрохинон	О	О
Бисульфат кальция	О	О	Гипохлорит кальция	О	О
Бисульфат натрия	НД	НД	Гипохлорит натрия	О	О
Бисульфит натрия	О	О	Гликолевая кислота	О	О
Бихромат калия	О	О	Гликоль	О	О
Бихромат натрия	О	О	Глицерин или глицерол	О	О
Борат калия	О	О	Глюкоза	О	О
Борная кислота	О	О	Двунатриевый фосфат	О	О
Бром (жидк.)	НР	НР	Декстроза	О	О
Бромид калия	О	О	Дигликолевая кислота	О	О
Бромид натрия	НД	НД	Диметиламин	НР	НР
Бромисто-водородная кислота 20%	О	О	Диоксид серы (жидкий)	НР	НР
Бромистый этилен	НР	НР	Дисульфид углерода	НР	НР
Бромная вода	П	НР	Дихромат калия	О	О
Бромноватая кислота	О	О	Дубильная жидкость	Е	Е
Бура	О	Х	Дубильная кислота	О	О

Таблица химической устойчивости труб ПВХ-О

MOLECOR
Orienting the future

О: Отлично X: Хорошо П: Приемлемо
НР: Не рекомендуется НД: Неподтвержденные данные

Описание	23 °C	60 °C	Описание	23 °C	60 °C
Едкий калий	O	O	Мочевина	O	O
Желатин	O	O	Муравьиная кислота	O	НР
Жирные кислоты	O	O	Мышьяковая кислота	O	X
Закись азота	O	O	Нафта	O	НР
Карбонат аммония	O	O	Никотин	НД	НД
Карбонат бария	O	O	Нитрат алюминия	O	O
Карбонат калия	X	X	Нитрат аммония	O	O
Карбонат кальция	O	O	Нитрат железа	O	O
Карбонат магния	O	O	Нитрат калия	O	O
Карбонат натрия	O	O	Нитрат кальция	O	O
Касторовое масло	E	E	Нитрат магния	O	O
Каустическая сода	O	O	Нитрат меди	O	O
Керосин	O	O	Нитрат натрия	O	O
Кислород	O	O	Нитрат никеля	O	O
Крезоловая кислота 59%	X	НР	Нитрат ртути	X	X
Крезолы	НР	НР	Нитрат цинка	O	O
Кремниевая кислота	O	O	Нитрит натрия	O	O
Кротоновый альдегид	НР	НР	Нитробензол	НР	НР
Ксилол	НР	НР	Оксид углерода	O	O
Лауриновой кислота	O	O	Оксихлорид алюминия	O	O
Ликёр Ланнинга	O	O	Олеиловый спирт	НР	НР
Лимонная кислота	O	O	Олеиновая кислота	O	O
Линолевая кислота	O	O	Олеум	НР	НР
Льняное масло	O	O	Отбеливающее ср-во (12,5% C12 Арт.)	X	П
Малеиновая кислота	O	O	Оценол	НД	НД
Масла и жиры	O	X	Пальмитиновая кислота 10%	O	O
Масло хлопковое	O	O	Пальмитиновая кислота 70%		
Масляная кислота	НР	НР	Пентаоксид фосфора	НР	НР
Меласса	O	O	Перборат калия	O	O
Метафосфат аммония	O	O	Перекись водорода 30%	O	НД
Метил сульфоновая кислота	O	O	Перманганат калия 10%	X	X
Метилен хлорид	НР	НР	Персульфат аммония	O	O
Метиловый спирт	O	O	Персульфат калия	O	O
Метилсульфат	O	П	Перуксусная кислота 10%	O	O
Метилхлорид	НР	НР	Перуксусная кислота 40%	НР	НР
Метилэтилкетон	НР	НР	Перуксусная кислота 70%	НР	НР
Минеральные масла	O	X	Перхлорат калия	O	O
Молоко	O	O	Пикриновая кислота	НР	НР
Молочная кислота 25%	O	O	Питьевое водоснабжение	O	O
Морская вода	O	O	Природный газ	O	O

Таблица химической устойчивости труб ПВХ-О

О: Отлично X: Хорошо П: Приемлемо
НР: Не рекомендуется НД: Неподтвержденные данные

Описание	23 °C	60 °C	Описание	23 °C	60 °C
Пропан	О	НД	Тиосульфат натрия	О	О
Пропаргиловый спирт	НД	НД	Тиоцианат аммония	О	О
Пропиловый спирт	Х	НР	Толуол	НР	НР
Ртуть	Х	Х	Трёхокись серы	Х	О
Селенистая кислота	НД	НД	Трибутил	НР	НР
Серная кислота 10%	О	О	Тринатрийфосфат	О	О
Серная кислота 75%	О	О	Трихлорид фосфора	НР	НР
Серная кислота 90%	НР	НР	Триэтаноламин	Х	НР
Серная кислота 98%	НР	НР	Триэтанолпропан	Х	НР
Сернистая кислота	О	О	Углекислый газ	О	О
Сернистый ангидрит (сух.)	О	О	Угольная кислота	О	О
Сероводород	О	П	Уксус	О	НР
Синильная кислота	Е	Е	Уксусная кислота 20%	О	НР
Смазочные масла	О	О	Уксусная кислота 80%	Х	НР
Соляная кислота 20%	НД	НД	Фенилгидразина хлорид	П	НР
Соляная кислота 50%	О	О	Фенол	НР	НР
Соляная кислота 80%	О	О	Ферроцианид калия	О	О
Стеариновая кислота	Х	Х	Ферроцианид натрия	О	О
Субкарбонат висмута	О	О	Формальдегид	О	П
Сульфат алюминия	О	О	Фосген (газ)	О	О
Сульфат аммония	О	О	Фосген (жидкий)	НР	НР
Сульфат бария	О	О	Фосфорная кислота 25-85%	О	О
Сульфат железа	О	О	Фотографические растворы	О	О
Сульфат калия	О	О	Фреон 12	НД	НД
Сульфат кальция	О	О	Фруктоза	О	О
Сульфат магния	О	О	Фрукты (соки, целлюлоза)	О	О
Сульфат меди	О	О	Фтор (влажный газ)	О	О
Сульфат натрия	О	О	Фторид алюминия	О	О
Сульфат никеля	О	О	Фторид аммония 25%	НР	НР
Сульфат цинка	О	О	Фторид калия	О	О
Сульфид бария	О	О	Фторид меди	О	О
Сульфид натрия	О	О	Фтористоводородная кислота 10%	О	НР
Сульфит натрия	О	О	Фтористоводородная кислота 50%	О	НР
Сырая нефть	Е	Е	Фтористый натрий	НД	НД
Тетрахлорид олова	О	О	Фурфурол	НР	НР
Тетрахлорид титана	Х	НР	Хлор (Водный) z	О	НР
Тетрахлорид углерода	НР	НР	Хлор (мокрый)	О	П
Тетраэтилсвинец	НД	НД	Хлор (сухой)	О	НР
Технический вазелин	Е	Е	Хлорат кальция	О	О
Тионилхлорид	НР	НР	Хлорат натрия	О	О

Таблица химической устойчивости труб ПВХ-О

О: Отлично X: Хорошо П: Приемлемо НР: Не рекомендуется НД: Неподтвержденные данные					
Описание	**23 °C**	**60 °C**	**Описание**	**23 °C**	**60 °C**
Хлорбензол	НР	НР	Царская водка	П	НР
Хлорид алюминия	О	О	Целлюлоза	П	НР
Хлорид аммония	О	О	Цианид	О	О
Хлорид бария	О	О	Цианид калия	О	О
Хлорид железа	О	О	Цианид меди	О	О
Хлорид кальция	О	О	Цианид натрия	О	О
Хлорид лаурина	НД	НД	Цианид ртути	Х	Х
Хлорид магния	О	О	Цианид серебра	О	О
Хлорид меди	О	О	Циклогексан	НР	НР
Хлорид никеля	О	О	Циклогексанол	НР	НР
Хлорид олова	О	О	Черный щелок	О	О
Хлорид ртути	Х	Х	Щавелевая кислота	О	О
Хлорид цинка	О	О	Электролитические растворы	О	О
Хлористо-водородная кислота 80%	О	О	Этилакрилат	НР	НР
Хлористый аллил	НР	НР	Этилацетат	НР	НР
Хлористый амил	НР	НР	Этилен двухлористый	НР	НР
Хлористый калий	О	О	Этиленгликоль	О	О
Хлорная вода	Е	НР	Этиловый спирт	О	О
Хлорноватистая кислота	О	О	Этиловый эфир	НР	НР
Хлороформ	НР	НР	Этилхлорид	НР	НР
Хлорсульфоновая кислота	О	НД	Яблочная кислота	О	О
Хлоруксусная кислота 10%	Х	П			
Хромовая кислота 10%	О	О			
Хромовая кислота 30%	О	НР			
Хромовая кислота 50%	Х	НР			

Таблица химической устойчивости труб ПВХ-О

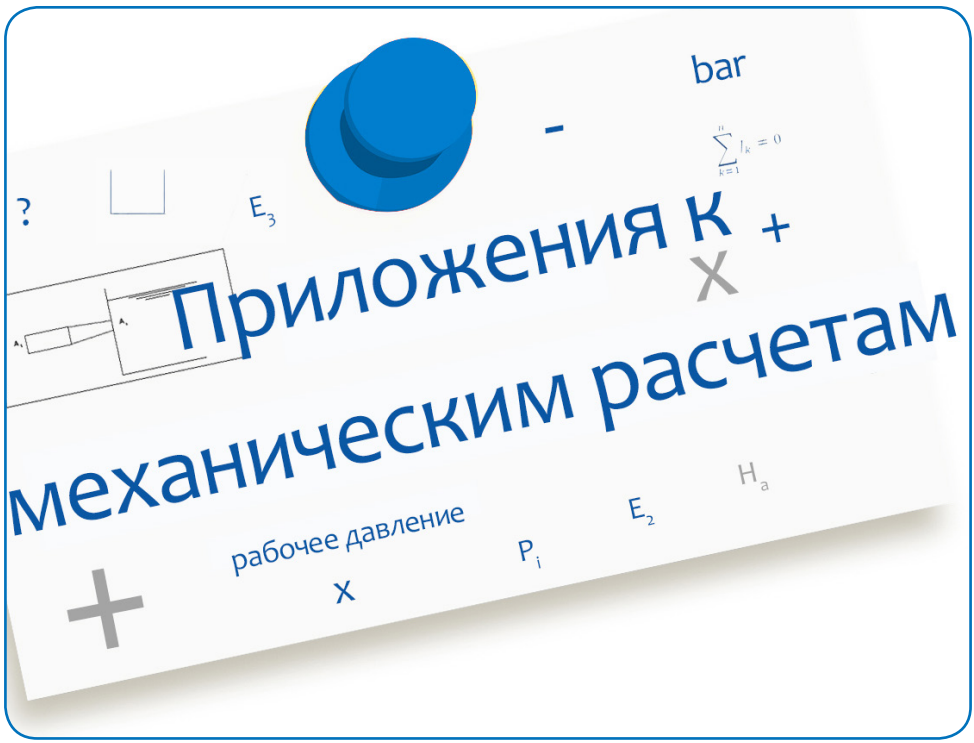
5. Коэффициент теплового расширения

	Соотношение	Общая длина	Расширение на °C	20 °C	40 °C	60 °C
	1/°C	мм	мм/°C	мм	мм	мм
ПЭ	2,20E-04	6000	1,320	26,400	52,800	79,200
Стеклопласт	3,00E-05	6000	0,180	3,600	7,200	10,800
ПВХ	8,00E-05	6000	0,480	9,600	19,200	28,800
ПВХ-О	8,00E-05	6000	0,480	9,600	19,200	28,800

Таблица коэффициентов теплового расширения

8

Приложения к механическим расчетам



Механический расчет (UNE-53331 — см. приложение *"Стандарты и сертификаты"*) – ПВХ-О трубы TOM® для напорного водоснабжения (PN 12,5)

DN	90	110	140	160	200	225	250	315	400	500	630
B1	0,71	0,75	0,80	0,83	0,89	0,94	0,98	1,08	1,22	1,39	1,60

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ			
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Бета (β)**	**72**	
	Уклон	V	3
		H	1
Нагрузки			
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м	
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар	
Внутреннее рабочее давление (P_i)	10,0	Бар	
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала			
2α	60	°	
Обратная засыпка			
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м³	
Тип почвы			
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.			
Уплотнение (стандартное по Проктору)			
E_1	100%		
E_2, E_3 и E_4	95%		

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 Под Давлением (Рабочее Давление = 10 Бар) — При Отсутствии Дорожного Движения

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 под давлением (рабочее давление = 10 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 Под Давлением (Рабочее Давление = 10 Бар) — Интенсивное Дорожное Движение (Трехосевая Подвеска, Нагрузка 60 Т

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 под давлением (рабочее давление = 10 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм²) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм²)

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ			
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Бета(β)**	**72**	
	Уклон	V	3
		H	1
Нагрузки			
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м	
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар	
Внутреннее рабочее давление (P_i)	8,0	Бар	
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала			
2α	60	°	
Обратная засыпка			
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м³	
Тип почвы			
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.			
Уплотнение (стандартное по Проктору)			
E_1	100%		
E_2, E_3 и E_4	95%		

Инструмент механического расчёта: TOMCalculation

Здесь вы можете получить доступ к программе механического расчёта: TOMCalculation

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 под давлением (рабочее давление = 8 бар) — при отсутствии дорожного движения

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 под давлением (рабочее давление = 8 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 под давлением (рабочее давление = 8 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т)

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 12,5 v под давлением (рабочее давление = 8 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм²) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм²)

	15,0 м										
	14,0 м										
	13,0 м										
	12,0 м										
	11,0 м										
	10,0 м										
	9,0 м										
H1	8,0 м										
	7,0 м										
	6,0 м										
	5,0 м										
	4,0 м										
	3,0 м										
	2,0 м										
	1,0 м										
		DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механический расчет (UNE-53331 — см. приложение *"Стандарты и сертификаты"*) — ПВХ-О трубы TOM® для напорного водоснабжения (PN 16)

DN	90	110	140	160	200	225	250	315	400	500	630
B1	0,71	0,75	0,80	0,83	0,89	0,94	0,98	1,08	1,22	1,39	1,60

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ			
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Beta (β)**	**72**	
	Уклон	V	3
		H	1
Нагрузки			
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м	
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар	
Внутреннее рабочее давление (P_i)	12,0	Бар	
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала			
2α	60	°	
Обратная засыпка			
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м³	
Тип почвы			
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.			
Уплотнение (стандартное по Проктору)			
E_1	100%		
E_2, E_3 и E_4	95%		

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN16 под давлением (рабочее давление = 12 бар) — при отсутствии дорожного движения

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN 16 под давлением (рабочее давление = 12 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN16 под давлением (рабочее давление = 12 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т)

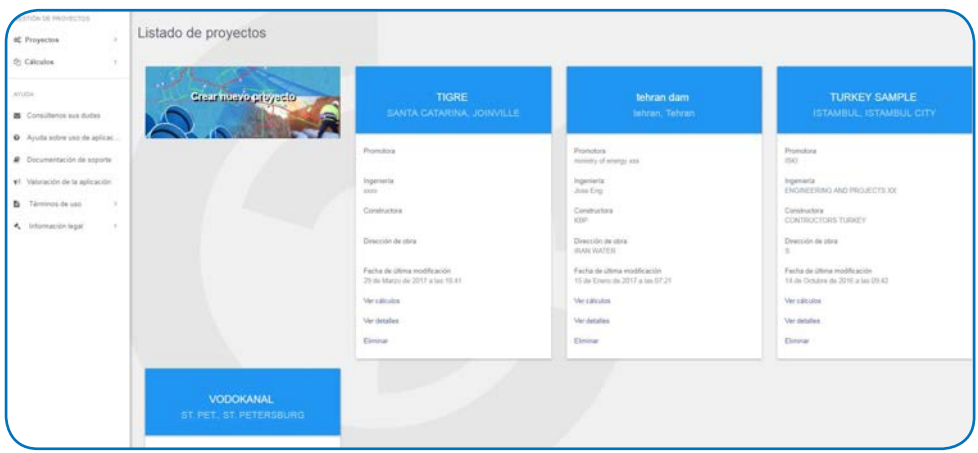
	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN16 под давлением (рабочее давление = 12 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм^2) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм^2)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ			
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Beta (β)**	**72**	
	Уклон	V	3
		H	1
Нагрузки			
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м	
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар	
Внутреннее рабочее давление (P_i)	10,0	Бар	
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала			
2α	60	°	
Обратная засыпка			
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м^3	
Тип почвы			
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.			
Уплотнение (стандартное по Проктору)			
E_1	100%		
E_2, E_3 и E_4	95%		



Инструмент механического расчёта: TOMCalculation

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN16 под давлением (рабочее давление = 10 бар) — при отсутствии дорожного движения

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN16 под давлением (рабочее давление = 10 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Исследование Механических Свойств ПВХ-О Труб Класса 500 PN16 под давлением (рабочее давление = 10 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN16 под давлением (рабочее давление = 10 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм²) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм²)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механический расчет (UNE-53331 — см. приложение *"Стандарты и сертификаты"*) – ПВХ-О трубы TOM® для напорного водоснабжения (PN 20)

DN	90	110	140	160	200	225	250	315	400	500	630
B1	0,71	0,75	0,80	0,83	0,89	0,94	0,98	1,08	1,22	1,39	1,60

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ			
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Beta (β)**	**72**	
	Уклон	V	3
		H	1
Нагрузки			
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м	
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар	
Внутреннее рабочее давление (P_i)	17,0	Бар	
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала			
2α	60	°	
Обратная засыпка			
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м^3	
Тип почвы			
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.			
Уплотнение (стандартное по Проктору)			
E_1	100%		
E_2, E_3 и E_4	95%		

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 17 бар) — при отсутствии дорожного движения

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 17 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 17 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 17 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм²) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм²)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ			
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Beta (β)**	**72**	
	Уклон	V	3
		H	1
Нагрузки			
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м	
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар	
Внутреннее рабочее давление (P_i)	14,0	Бар	
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала			
2α	60	°	
Обратная засыпка			
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м³	
Тип почвы			
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.			
Уплотнение (стандартное по Проктору)			
E_1	100%		
E_2, E_3 и E_4	95%		

ПВХ-О трубы ТОМ®

Здесь вы можете получить доступ к программе механического расчёта: TOMCalculation

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 14 бар) — при отсутствии дорожного движения

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 14 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 14 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN20 под давлением (рабочее давление = 14 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм^2) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм^2)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механический расчет (UNE-53331 — см. приложение *"Стандарты и сертификаты"*) – ПВХ-О трубы TOM® для напорного водоснабжения (PN 25)

DN	90	110	140	160	200	225	250	315	400	500	630
B1	0,71	0,75	0,80	0,83	0,89	0,94	0,98	1,08	1,22	1,39	1,60

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ		
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Beta (β)**	**72**
	Уклон	V
		H
Нагрузки		
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар
Внутреннее рабочее давление (P_i)	19,0	Бар
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала		
2α	60	°
Обратная засыпка		
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м^3
Тип почвы		
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.		
Уплотнение (стандартное по Проктору)		
E_1	100%	
E_2, E_3 и E_4	95%	

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 19 бар) — при отсутствии дорожного движения

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 19 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 19 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т)

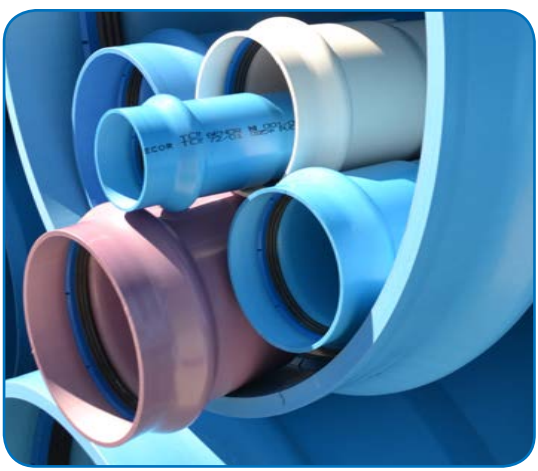
	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 19 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм²) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм²)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

• Общие условия

Труба в ТРАНШЕЕ		
Запас прочности: A (соотношение > 2,5)	**Beta (β)**	**72**
	Уклон	V
		H
Нагрузки		
Уровень грунтовых вод (H_a)	0,0	м
Наружное давление воды (P_e)	0,0	Бар
Внутреннее рабочее давление (P_i)	16,0	Бар
Тип основания A: Сплошное основание из гранулированного материала		
2α	60	°
Обратная засыпка		
Обратная засыпка уплотняется послойно по всей высоте траншеи. Удельный вес почвы.	20	kH/м³
Тип почвы		
Несвязанная. Включает гравий и рыхлый песок. Крупность частиц по содержанию в процентах (Ø ≤ 0,06 мм), менее 5%.		
Compactaciones (proctor normal)		
E_1	100%	
E_2, E_3 и E_4	95%	



ПВХ-О трубы TOM®

Здесь вы можете получить доступ к программе механического расчёта: TOMCalculation

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 16 бар) — при отсутствии дорожного движения

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 16 бар) — неинтенсивное дорожное движение (двухосевая подвеска, нагрузка 26 т) — без дорожного покрытия

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 16 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т)

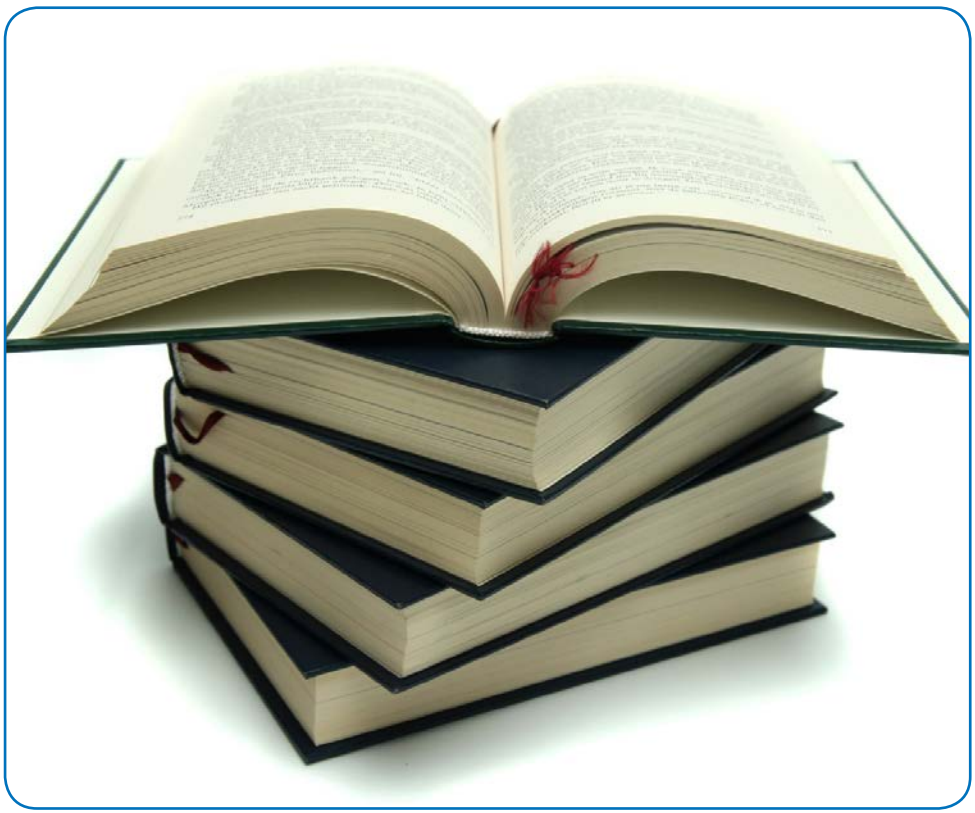
	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

Механическое Исследование ПВХ-О Труб Класса 500 PN25 под давлением (рабочее давление = 16 бар) — интенсивное дорожное движение (трехосевая подвеска, нагрузка 60 т) — с дорожным покрытием: битумное покрытие толщиной 15 см (ef = 15 000 н/мм²) + 20 см. фракционированный заполнитель (ef = 20 000 н/мм²)

	15,0 м											
	14,0 м											
	13,0 м											
	12,0 м											
	11,0 м											
	10,0 м											
	9,0 м											
H1	8,0 м											
	7,0 м											
	6,0 м											
	5,0 м											
	4,0 м											
	3,0 м											
	2,0 м											
	1,0 м											
		DN90	DN110	DN140	DN160	DN200	DN225	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630

9

Стандарты и ссылки



1. Стандарты и сертификаты

• **ACS** - Attestation de Conformité Sanitaire. Сертификат соответствия стандартам здравоохранения (Франция)

• **EN 1452-2:1999** - Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U).Pipes. Пластиковые трубопроводные системы водоснабжения. Непластифицированный поливинилхлорид (НПВХ). Трубы.

• **Fascicule 71** - Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau. Поставка и монтаж водопроводной и водораспределительной сети.

• **Hydrocheck** - Certificat sanitaire HYDRODECK, (Belgique). Санитарный сертификат (Бельгия).

• **ISO 13845** - Plastics piping systems. Elastomeric-sealing-ring type socket joints for use with unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) pipes. Test method for leak tightness under internal pressure and with angular deflection. Пластиковые трубопроводные системы. Эластомерная водонепроницаемая кольцевая муфта для использования с трубами из непластифицированного поливинилхлорида (НПВХ). Метод испытания на герметичность при внутреннем давлении и с угловым отклонением.

• **ISO 14001:2015** - Environmental management systems. Requirements with guidance for use. Системы экологического менеджмента. Руководство по эксплуатации и Требования.

• **ISO 16422:2014** - Pipes and joints made of oriented unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-O) for the conveyance of water under pressure. Specifications. Трубы и муфты из ориентированного непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-О) для напорного водоснабжения. Спецификации.

• **ISO 3127:1994** - Thermoplastics pipes. Determination of resistance to external blows. Термопластиковые трубы. Определение устойчивости к внешним воздействиям.

• **ISO 9001:2015** - IQNET The International certification network. Международная сертификационная сеть IQNet.

- **ISO/DTR 4191.2:2013** - Plastics piping systems for water supply and for buried and aboveground drainage and sewerage under pressure. Unplasticized poly(vinyl chloride)(PVC-U) and oriented PVC-U (PVC-O). Guidance for installation. Пластиковые трубопроводные системы наземной и подземной установки для водоотведения и канализации под давлением. Непластифицированный поливинилхлорид (НПВХ) и ориентированный НПВХ (ПВХ-О). Руководство по установке.

- **ISO/TR 10358:1993** - Plastics pipes and fittings. Combined chemical-resistance clas sification table. Пластиковые трубы и фитинги. Комбинированная таблица классификации стойкости к химическому воздействию.

- **NF EN 805** - Alimentation en eau - Exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments et leurs composants. Водоснабжение. Требования к внешним сетям в зданиях и сооружениях.

- **NF T 54-034** - Réseaux de canalisations en polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U), polychlorure de vinyle chloré (PVC-C) et/ou polychlorure de vinyle orienté biaxial (PVC-BO) pour le transport sous pression de fluides gazeux. Règles de conception, choix des composants. Трубопроводные сети из поливинилхлорида, непластифицированного (НПВХ) и хлорированного поливинилхлорида и/или биаксиально-ориентированного поливинилхлорида (БОПВХ) для транспортировки негазообразных жидкостей под давлением. Стандарты проектирования, выбор компонентов

- **NF T 54-948:2010** - Systèmes de canalisations en plastique pour le transport de l'eau sous pression. Tubes en poly (chlorure of vinyle) orienté biaxial (PVC-BO) et leurs assemblages. Spécifications. Пластиковые трубопроводные системы для транспортировки воды под давлением. Трубы и фитинги из биаксиально-ориентированного поливинилхлорида (БОПВХ). Спецификации.

- **NOM-001-CONAGUA-2011** - Системы бытового питьевого водоснабжения и санитарно-канализационные системы — Герметичность, спецификации и испытания.

- **КОРОЛЕВСКИЙ УКАЗ 140/2003**, определяющий критерии безопасности и качества воды, потребляемой человеком.

• **UNE 53331:1997 IN** - Plásticos. Tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad. Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas. Пластмассы. Непластифицированные поливинилхлоридные (ПВХ) и полиэтиленовые (ПЭ) трубы высокой и средней плотности. Критерии тестирования напорных и безнапорных трубопроводов при внешних нагрузках.

• **UNE 53389:2001 IN** - Tubos y accesorios de materiales plásticos. Tabla de clasificación de la resistencia química. Пластиковые трубы и фитинги. Таблица классификации стойкости к химическому воздействию.

• **UNE-CEN/TR 1295-3:2011 IN** - Cálculo de la resistencia mecánica de tuberías enterradas bajo diferentes condiciones de carga. Parte 3: Método común. Расчет механической прочности при подземной укладке труб при различных условиях нагрузки. Часть 3: Стандартная процедура.

• **UNE-EN 1610:1998** - Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento. Установка и испытание магистральных и канализационных сетей.

• **UNE-EN 805:2000** - Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes. Водоснабжение. Спецификации и комплектующие для трубопроводов непитьевого водоснабжения

• **UNE-EN ISO 9001:2015** - Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Система менеджмента качества. Требования.

• **UNE-ENV 1046:2002** - Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Sistemas de conducción de agua o saneamiento en el exterior de la estructura de los edificios. Práctica recomendada para la instalación aérea y enterrada. Система прокладки траншей и укладки пластиковых трубопроводов. Трубопроводы непитьевого водоснабжения или канализации. Рекомендуемые методы наземной и подземной установки.

• **UNE-ISO 14001:2015** - Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Системы управления окружающей средой. Руководство по эксплуатации и Требования.

• **UNE-ISO 16422:2015** - Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. Especificaciones.Трубы и муфты из ориентированного поливинилхлорида (ПВХ-О) для напорного водоснабжения. Спецификации.

• **Рекомендации по регулированию водных ресурсов (WRAS)**. Сертификат соответствия стандартам здравоохранения (Великобритания).

2. Библиографическия

• Отдел сельскохозяйственного машиностроения. **Высшая техническая школа промышленного машиностроения, кампус Сьюдад-Реаль, Университет Кастилья Ла-Манча.**

• Оценка потребления энергии и выбросов CO_2, связанных с производством, использованием и утилизацией ПВХ, ПЭНД, ПП, чугуна и бетона. — **Политехнический университет Каталонии.**

• Техническое руководство по трубопроводам напорного водоснабжения — **ICEX** Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX — Центр гидрографических исследований.

• Монтаж пластиковых труб вручную. Водоснабжение, орошение и канализация — ASETUB (Испанская ассоциация производителей пластмассовых труб и фитингов).

• Техническое руководство по ПВХ трубам — **ASETUB** (Испанская ассоциация производителей пластмассовых труб и фитингов).

• Общие технические условия для водопроводных труб — приказ Министерства гражданского строительства от 28 июля 1974 года.

• Трубы из ПВХ. Техническое руководство — **ASETUB** (Испанская ассоциация производителей пластмассовых труб и фитингов).

Графические изображения и технические характеристики, а также данные, включенные в таблицы в этом документе, не носят контрактного характера,. Molecor Tecnología, S.L. сохраняет право изменять характеристики своих продуктов в соответствии с новыми технологиями производства и действующими правилами с целью их улучшения без предварительного уведомления.

Примечание

Примечание

Примечание

Примечание

Примечание

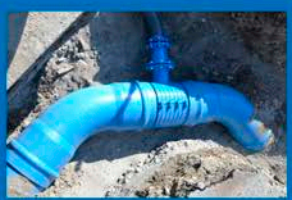
Примечание

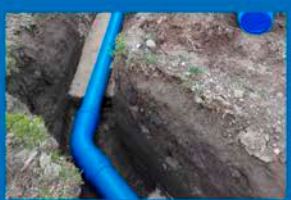
MOLECOR

Orienting the future

TOM

ECO FITTOM





www.molecor.ru
canalizaciones@molecor.com
T: +34 911 337 088

©Molecor Tecnologia, S.L. Июль 2019

AENOR Empresa Registrada UNE-EN ISO 9001

AENOR Gestión Ambiental UNE-EN ISO 14001

CERTIFIED IQNet MANAGEMENT SYSTEM

HUELLA AMBIENTAL Fundación Vida Sostenible