

Водоснабжение населенных пунктов

Лекция №4. Водопроводная сеть.

Схемы и трассировка водопроводных сетей

Водопроводная сеть состоит из водоводов, магистральной сети и распределительных трубопроводов. Для транспортирования воды от источника водоснабжения к очистным сооружениям и от резервуаров чистой воды к магистральной сети прокладывают водоводы. Для обеспечения бесперебойного поступления воды в водопроводную сеть водоводы должны быть уложены не менее чем в две параллельные линии, расстояние между которыми принимается 10-100 м, а пропускная способность каждой из них, согласно СНиП, должна составлять не менее 70% расчетного расхода системы водоснабжения. Магистральная сеть служит в основном для транзитного транспортирования необходимого количества воды, а распределительная - для передачи воды из магистралей к отдельным потребителям через домовые вводы.

Проектирование и расчет водоводов и водопроводных сетей начинают с выбора и обоснования трасс линий на плане. Водоводы и сети трассируются исходя из условий обеспечения требуемой надежности их работы и наименьшей строительной стоимости. Размещение линий водоводов и сетей зависит от следующих условий:

- местоположения источников водоснабжения, характера планировки населенного пункта или промышленного предприятия, расположения отдельных водопотребителей и т п ;
- наличия естественных и искусственных препятствий для прокладки труб (реки, овраги, каналы, железнодорожные пути, трамвайные линии и ДР);
- начертания сети в плане (тупиковая или кольцевая).

При трассировании водопроводов предусматривают:

- расположение сети на минимальном расстоянии от водопитателя,
- прокладку водовода по местности с минимальным числом предприятий,
- прокладку водовода в геологических условиях, обеспечивающих минимальные затраты средств на строительство;
- трассирование водовода вблизи автодорог для облегчения его обслуживания,
- возможность организации зоны санитарной охраны водовода;
- обход пониженных участков местности.



Составление схемы водопроводной сети населенных пунктов начинают с определения мест расположения водонапорной башни или напорных резервуаров. Затем наносят на план линии водопроводной сети с таким расчетом, чтобы они снабжали водой все жилые районы. Магистралы назначают из числа линий, расположенных в направлении движения основной массы воды и подающих воду к регулирующим емкостям. Они должны быть равномерно распределены по территории, охватывая все наиболее крупные водопотребители. Основные магистралы соединяют перемычками - обычно через 500-1000 м. К регулирующим емкостям вода должна подаваться не менее чем с двух сторон. Магистральные линии следует прокладывать по наиболее высоким точкам рельефа, что позволит снизить давление в трубах.

Глубину заложения водоводов и водопроводных сетей необходимо принимать такую, чтобы исключить возможность замерзания воды в зимний период и нагрева ее в летнее время. При этом минимальная глубина заложения трубопроводов (от низа труб) должна быть на 0,3-0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта.

На территории населенных пунктов водопроводные линии следует располагать по обочинам дорог, прямолинейно и параллельно границам застройки.

По начертанию в плане разводящие водопроводные сети разделяют на разветвленные, или тупиковые (рис.7,а), кольцевые, или замкнутые (рис.7,б).

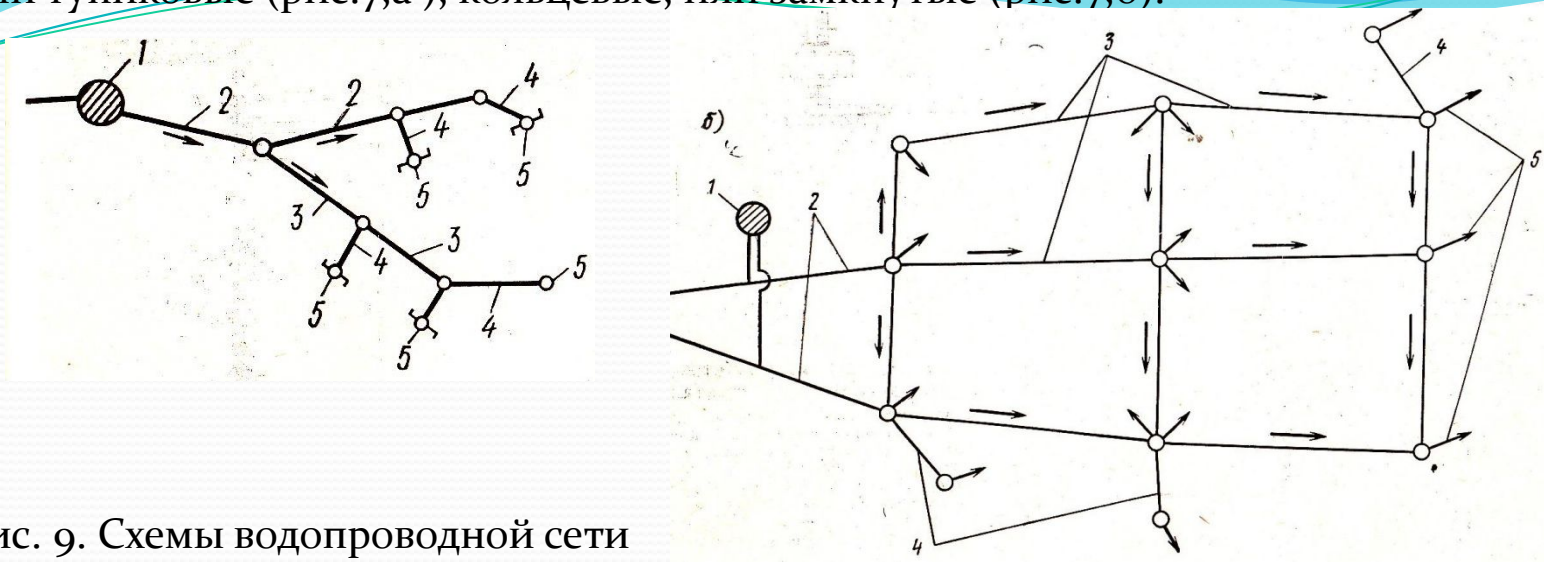


Рис. 9. Схемы водопроводной сети

а – тупиковой; б – кольцевой; 1 – водонапорная башня; 2 – магистральные трубопроводы; 3 – распределительные трубопроводы; 4 – ответвления; 5 – водопотребители.

На водопроводной сети устраивают также смотровые колодцы, которых установлены задвижки для отключения или включения отдельных участков распределительной сети, вантузы, гидранты, водоразборные колонки и другое оборудование. Колодцы устраивают из сборного железобетона (круглые в плане), а также из бетона и кирпича (круглые и прямоугольные).

Гидравлический расчет водопроводных сетей

Поверочные гидравлические расчеты водопроводных сетей производят с целью определения действительного распределения потоков воды по участкам, напоров в различных ее точках, подачи и напоров водопитателей при уже заданных узловых отборах, диаметров и длин труб по участкам, геодезических отметок узлов сети. Гидравлическими расчетами предусматривается также обеспечение соответствующих гидравлических связей между отдельными элементами системы насосными станциями, водоводами, напорно-регулирующими емкостями.

В схеме работы водопровода, вода гидромашинами насосной станции II подъема по водоводам подается к водонапорной башне и далее в распределительную водопроводную сеть населенного пункта. Водопроводная сеть должна подавать в населенный пункт требуемый расход воды с необходимым напором, обеспечивающим нормальный ее разбор. Очевидно, что в часы максимального водоразбора потери напора в трубах достигают наибольшего значения, поэтому в эти часы линия пьезометрических напоров займет самое низкое положение, т. е. напор в сети будет минимальным.

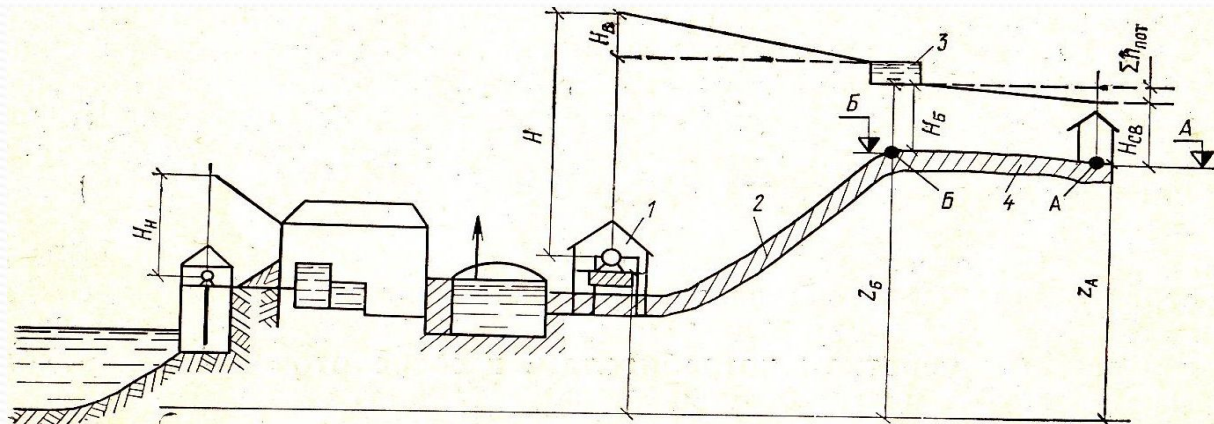


Рис.10. Схема работы водопровода при максимальном водоразборе
1 – насосная станция 2 подъема; 2 – водоводы; 3 – водонапорная башня; 4 – магистральные трубопроводы.

Пьезометрический напор в трубах, считая от поверхности земли, называют свободным напором. Точка сети, в которой свободный напор в час максимального водопотребления будет наименьшим, называется диктующей точкой. Если в диктующей точке сети будет создан необходимый свободный напор, то во всех других точках он будет больше. Из этого условия определяют высоту водонапорной башни. Высоту водонапорной башни обозначим через H_0 , а свободный напор в диктующей точке $H_{0д}$, тогда высота водонапорной башни будет

$$H_б = H_{св} + \sum h_{пот} + \Delta a - \Delta б .$$

Для уменьшения высоты водонапорной башни ее следует размещать по возможности на самой высокой отметке рельефа местности и ближе к населенному пункту.

Свободный напор в диктующей точке водопроводной сети можно определить из выражения:

$$H_{св} = H_{св} + (\Delta б - \Delta a) - \sum h_{пот} .$$

где $\sum h_{пот}$ - суммарные потери напора на участке трубопровода от башни до диктующей точки.

Необходимый свободный напор по СНиП II-31-74 для од этажных зданий принимается равным 10 м, а затем на каждый этаж прибавляется по 4 м.

Гидравлический расчет водопроводных сетей заключается в определении диаметров труб, достаточных для пропускания заданных расходов воды, и потерь напора. При расчете водопроводной сети предполагают, что для производственных нужд вода отбирается в виде сосредоточенных расходов для хозяйственно-питьевых целей в населенных пунктах - равномерно по длине магистральных линий. Место на схеме водопроводной сети, где поток воды распределяется по нескольким линиям, называют узлом сети, а часть магистрали между двумя соседними узлами называют участком сети.

Расчетный расход, протекающий через данный участок магистрали, складывается из транзитного расхода $Q_{тр}$, идущего для питания последующих участков, путевого расхода $Q_{п}$, отдаваемого каждым участком потребителям, и сосредоточенного расхода $Q_{соср}$, отбираемого непосредственно в узле, т. е.

$$Q_{расч} = Q_{тр} + Q_{п} + Q_{соср}$$

Перед расчетом сеть разбивают на участки, а затем определяют для каждого участка расходы всех видов. При расчете водопроводных сетей условно допускают, что подаваемая вода расходится по длине сети равномерно, т. е. количество воды, отдаваемой каждым участком, пропорционально его длине. Расход воды, равномерно распределяемый по длине сети, принимается равным разности общего расчетного расхода и известных сосредоточенных расходов:

$$Q_o = Q_{расч} - Q_{соср}$$

Равномерно распределяемый (путевой) расход воды, приходящийся на 1 м длины линии, называют удельным расходом и определяют по формуле $q_{уд} = Q_o / l$ (где l - суммарная длина магистральной сети). Расход воды, отдаваемый каждым участком (путевой расход), можно определить по формуле: $Q_{п} = q_{уд} l_i$. Сумма всех путевых расходов должна быть равна Q_o .

При отсутствии сосредоточенного расхода в узле расчетный расход участка будет

$$Q_{расч} = Q_{тр} + a Q_{п},$$

a - коэффициент, зависящий от характера отбора воды из линии, его среднее значение для кольцевой сети принимают равным 0,5.

Диаметр труб магистральных линий определяют по формуле

$$D = \sqrt{4Q / (\pi v)} = 1.13 \sqrt{Q / v}$$

Практика показала, что скорость, при которой затраты на строительство водопроводных линий минимальны, для труб малых диаметров ($d = 100$ мм) составляет 0,6-0,9 м/с, для труб больших диаметров - 0,9-1,5 м/с

При экономическом расчете водопроводных сетей требуется определить экономически наивыгоднейший (оптимальный) диаметр трубопровода, соответствующий минимуму затрат на электроэнергию, потребляемую гидромашинами, на строительство трубопроводов и на эксплуатацию водопроводной системы. Экономический диаметр водовода при расчетном расходе q определяется по формуле

$$d_{\text{эк}} = \varepsilon^{0,14} q^{0,42},$$

ε -экономический фактор, учитывающий основные показатели строительства и эксплуатации системы (для стальных труб принимается равным 0,92, чугунных - 0,43 для асбестоцементных - 0,25-0,3)

Тогда экономический диаметр участка кольцевой сети будет

$$d_i = (\varepsilon Q_{x_i} / q_i)^{1/(a+m)} q_i^{(b+1)/(a+m)},$$

x_i -коэффициент, учитывающий роль данного участка в общей работе сети; m, b - гидравлический и режимный коэффициенты; a - коэффициент, зависящий от материала труб; q_i -расчетный расход участка

При расчете небольших локальных сельскохозяйственных водопроводов экономический фактор, подсчитанный по приведенным выше данным, следует увеличивать в 1,5 раза

Указанный способ определения экономически наивыгоднейшего диаметра труб применим для магистральных водоводов с механическим водоподъемником (гидромашинами) Для самотечных водоводов экономическими будут такие диаметры, при которых избыточный напор полностью расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений в трубопроводах при движении воды с допустимой скоростью.

Разветвленные водопроводные сети рассчитывают как системы, Последовательно соединенных трубопроводов, раздающих воду по пути, и в виде сосредоточенных расходов в боковые ответвления. Каждый узел разветвленной сети получает питание только от одного участка, лежащего выше по течению воды. Гидравлический расчет разветвленной сети после подготовки расчетной схемы проводят в следующем порядке определяют расчетные расходы воды и диаметры труб на каждом участке сети по формулам, представленным выше, а потери напора по формуле

$$h_{\text{пот}} = s_1 Q_1^2 + s_2 Q_2^2 + \dots + s_n Q_n^2,$$

т.е. как сумма потерь напора в последовательно соединенных участках труб.

Расчет кольцевой водопроводной сети сводится к определению диаметров труб, расходов, протекающих по отдельным ветвям сети, и подсчету потерь напора от места подачи воды до расчетной точки сети. Водопроводная кольцевая сеть рассчитывается по следующим этапам:

- определение путевых расходов воды и приведение их к узловым на основные случаи работы сети;
- назначение первоначального распределения расхода воды по линиям сети и вычисление расчетных расходов по участкам;
- установление наивыгоднейших диаметров труб в результате технико-экономического расчета;
- определение сопротивлений отдельных участков сети;
- гидравлическая увязка сети: определение потерь напора во всех участках, невязок в кольцах, внесение поправок в первоначальные значения расходов;
- определение пьезометрических отметок и свободных напоров во всех узлах сети: от конечных к начальным;
- выполнение поверочных гидравлических расчетов сети на случай пожара в часы максимального водопотребления, а для сети с контррезервуаром на случай максимального водоразбора и на случай максимального транзита воды в башню;
- подбор оборудования и арматуры.

После подготовки расчетов схемы намечают направление потоков воды на участках так, чтобы вода от водоводов к намеченным узлам подавалась по кратчайшему пути.

Направление потоков воды должно быть показано на расчетной схеме стрелками.

Кроме того, намечают распределение потоков воды по ветвям сети и определяют расчетные расходы на участках при соблюдении правил баланса расходов в узлах.

После предварительного определения расчетных расходов по участкам сети находят диаметры труб на каждом участке.

После определения диаметров труб и узловых отборов, расходы воды на участках распределяются таким образом, чтобы в каждом кольце были сбалансированы потери напора: сумма потерь напора на участках в одном направлении должна равняться сумме потерь напора на участках в другом (противоположном) направлении, т.е. условие баланса потерь напора в кольцах сети выражается формулой $\Sigma h_{\text{пот}} = 0$. Поскольку расходы воды на участках сети намечались до назначения диаметров труб, то, очевидно, невозможно было учесть условие баланса потерь напора в кольцах сети. Поэтому условие баланса гидравлических сопротивлений будет нарушено, т.е. $\Sigma h_{\text{пот}} = \pm \Delta h_{\text{пот}}$ (где $\Delta h_{\text{пот}}$ – невязка). Это означает, что распределение расходов воды по участкам не совпадает с действительным.

Гидравлический расчет кольцевой сети заключается в том, чтобы установить действительное распределение расходов на ее участках и соответствующих им потерь напора, при котором может быть соблюдено условие баланса потерь напора в кольцах. В процессе поверочного гидравлического расчета кольцевой сети в первую очередь определяют потери напора в каждом расчетном участке по первоначально намеченным расходам:

● для 1 кольца

$$\Sigma h_{\text{пот}} = s_1 q_1^2 + s_2 q_2^2 - s_3 q_3^2 - s_4 q_4^2 = \pm \Delta h_{\text{пот}}$$

● для 2 кольца

$$\Sigma h_{\text{пот}} = s_5 q_5^2 + s_6 q_6^2 - s_2 q_2^2 - s_7 q_7^2 = \pm \Delta h_{\text{пот}}$$

Если ходя бы в одном кольце сети невязка превысит допустимую, то необходимо сеть увязать, т.е. найти более близкое к действительному распределение расходов по участкам водопроводной сети. С этой целью первоначально намеченные расходы на участках исправляют на величину Δq , называемую поправочным расходом; эту величину определяют для каждого кольца в соответствии с величиной невязки Δh . При этом в кольце поправочный расход принимают одинаковым для всех участков. Для получения истинного распределения воды по сети (действительных линейных расходов воды) следует перераспределить потоки воды, т.е. разгрузить перегруженные линии и перебросить некоторые расходы (поправочный) на недогруженные. Перераспределение производится до тех пор, пока невязки во всех кольцах не станут близкими к нулю. Для практических целей обычно считают достаточным довести невязки по отдельным кольцам до 0,5 м, а по объемлющему кольцу – до 1- 1,5 м. Существует несколько методов увязки кольцевой сети, предложенных М.М. Андрияшевым, В.Г. Лобачевым – Х. Кроссом. После увязки сети по найденным потерям напора определяют высоту водонапорной башни и напоры в узлах кольцевой сети.

После расчета водопроводной сети (любого типа) на основную ее работу необходимо произвести поверочные гидравлические расчеты сети на подачу воды при пожаре в час максимального водопотребления и на подачу воды при аварийных выключениях участков сети.

При расчете сети на случай пожара проверяют принятые диаметры линий сети на пропуск дополнительного количества воды, необходимого для тушения пожара, сосредоточенным расходом в намеченное место. Точками пожара принимают узлы сети, наиболее удаленные от водопитателя или расположенные на высоких отметках поверхности. Все остальные ранее определенные узловые расходы оставляют без изменения. Во время пожара допускается повышение скоростей движения воды в трубах по сравнению с экономическими скоростями. Расход воды на пожаротушение может быть подан от насосной станции 2 подъема, из напорных регулирующих резервуаров или одновременно из тех и других установок в зависимости от принятой схемы и местных условий. В результате поверочного гидравлического расчета должны быть определены необходимые напоры насосов. Расчет сети на случай пожара не отличается от расчета сети на основную ее работу.

Поверочные расчеты на случай аварии производят исходя из следующих требований СНИП: при выключении одной линии сети допускается снижать подачу воды на хозяйственно-питьевые нужды по остальным линиям на 30-50% в зависимости от числа водопитателей, а в наиболее неблагоприятной точке – не более чем на 75% расчетного расхода при обеспечении свободного напора в этой точке не менее 10 м. При этом общая подача воды на объект может быть снижена не более чем на 30%. Выключение участков сети при поверочных расчетах на аварию должно быть выполнено на основных, наиболее нагруженных магистральных. Узловые расходы при максимальном водопотреблении следует принимать с коэффициентом α , учитывающим допустимое нормами снижение подачи воды при аварии. Гидравлического расчета водопроводной сети на случай аварии также не отличается от расчета сети на основную ее работу.

● Трубы, применяемые для устройства водопроводов

Для устройства наружного водопровода применяют трубы чугунные, стальные, асбестоцементные, железобетонные, пластмассовые, стеклопластиковые и др.

Чугунные трубы и фасонные части. Чугунные трубы изготавливают только раструбными классов: А и Б – стационарным литьем в песчаные формы; ЛА, А и Б по ГОСТ 9583 – 75 – центробежным и полу непрерывным литьем. Толщина стенок труб класса Б принята за единицу, а толщина стенок труб класса ЛА – на 20% и класса А – на 10% меньше толщины стенок труб класса Б. Трубы изготавливают внутренним диаметром 50 – 1200 мм и длиной 2 – 10 м. Водопроводные чугунные трубы классов ЛА, А и Б, диаметром 65 – 300 мм, длиной 2 – 6 м выпускают также по ГОСТ 21053 – 75.

Чугунные трубы обладают значительной долговечностью и характеризуются большой устойчивостью против коррозии. Недостатками их являются некоторая хрупкость, сравнительно небольшое рабочее давление, при котором они могут применяться, и значительный расход металла.

Стальные трубы. Для устройства водоводов и водопроводных сетей, в которых внутреннее давление превышает 1,18 МПа, при укладке труб в сейсмических районах и в макропористых грунтах, а также для устройства переходов под железными, автомобильными дорогами, мостов и дюкеров, т. е. в условиях, где требуется хорошая сопротивляемость динамическим нагрузкам и изгибающим условиям, применяют стальные трубы. Недостатком стальных труб является то, что они в большой степени подвержены коррозии и поэтому требуют специальной защиты. Срок их службы меньше, чем чугунных труб. Для устройства наружных водопроводов применяют электросварные, бесшовные горячекатаные, водогазопроводные (газовые), бесшовные холодноотянутые и холоднокатаные стальные трубы. Длина труб колеблется от 4 до 12,5 метра, толщина стенок – от 2,5 до 7,5 мм.

Асбестоцементные трубы. Изготовленные из смеси 75 – 80% портландцемента и 20 – 25% асбестового волокна трубы выпускают (по ГОСТ 539 - 73) четырех марок: ВТ – 3, ВТ – 6, ВТ – 9 и ВТ – 12, соответственно допускаемым рабочим гидравлическим давлением 0,39; 0,69; 0,98 и 1,27 МПа, т. е. на 0,3; 0,6; 0,9 и 1,2 МПа. Проходной диаметр этих труб 10 – 500 мм, длина 3 – 4 м.

Асбестоцементные трубы соединяют с помощью асбестоцементных или металлических (чугунных) муфт с резиновыми кольцами. Металлические муфты имеют болтовое соединение. При укладке асбестоцементных труб применяют стандартные чугунные фасонные части.

Железобетонные трубы. Для магистральных водопроводов и водоводов рекомендуется применять предварительно – напряженные железобетонные трубы, изготавливаемые методом виброгидропрессования или центрифугирования, диаметром 500 – 1600 мм, трех классов. Трубы первого класса рассчитаны на внутреннее давление 1,5 МПа, второго класса – 1 МПа, третьего класса – 0,5 МПа. Железобетонные трубы выпускаются длиной пять метров с толщиной стенок 40 – 105 мм. Каркас железобетонных труб состоит из продольной и поперечной спиральной предварительно – напряженной арматуры. Трубы бывают двух основных видов: с цилиндром из тонкой листовой стали толщиной 0,5 – 4 мм, заделанным в стенках труб для повышения их водонепроницаемости, и без металлического цилиндра.

Пластмассовые трубы. Применение пластмассовых труб для сооружения водопроводов возрастает из года в год вследствие их достоинств по сравнению с трубами из других материалов. Эти трубы широко используются для наружных сетей в сельской местности. Для наружных систем водоснабжения можно использовать трубы из твердого поливинилхлорида (ТУ 0 – 06 – 1573 - 72), выпускаемые диаметром до 240 мм на рабочее давление 0,25 МПа и диаметром до 60 мм на рабочее давление 0,6 МПа. Длина трубы 1 – 3 м.

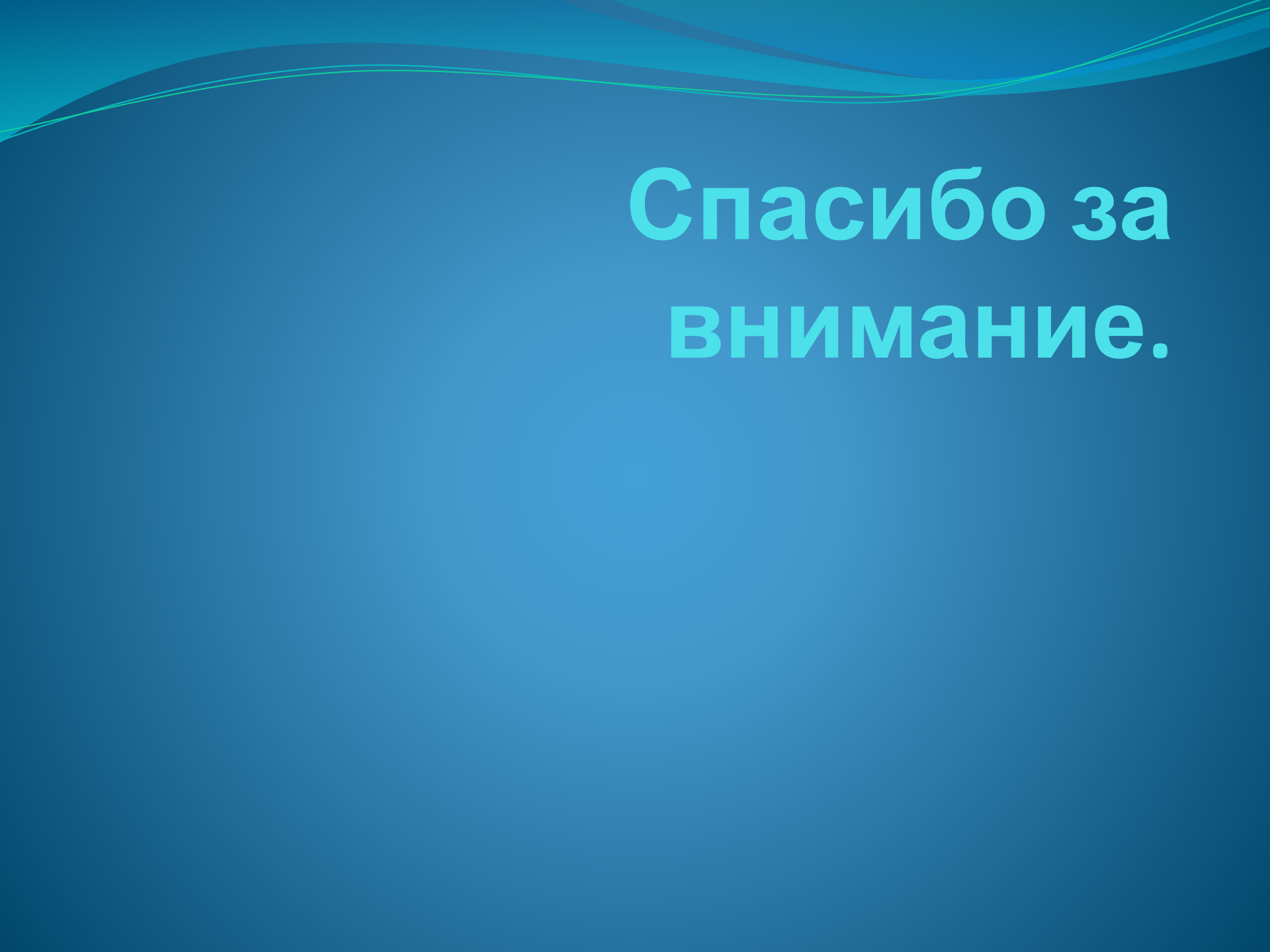
Недостатком пластмассовых труб является значительное снижение их прочности при транспортировании горячей воды, а также при прокладке вблизи источников тепла. В связи с этим пластмассовые трубы нельзя применять, например, для обратных линий в оборотных системах водоснабжения.

Испытание и сдача водопровода в эксплуатацию

По окончании монтажа водопроводная линия подвергается проверке и гидравлическому испытанию. В первую очередь осматривают всю линию, проверяют соответствие глубины заложения труб проекту, прямолинейность осей трубопроводов, качество выполненных сварных и монтажных работ и исправность арматуры. После внешнего осмотра водопроводная линия должна быть дважды испытана гидравлическим способом: до и после засыпки траншей. Испытуемый участок берется длиной до 1км, концы его плотно закрываются глухими фланцами и трубопровод заполняется водой с нижней стороны. К повышенным точкам участка присоединяют вертикальные трубы – стояки для выпуска воздуха. После заполнения трубопровода водой и удаления воздуха в нем создается давление с помощью передвижного гидравлического пресса. Величина испытательного давления $p_{исп}$, которому трубопровод подвергается перед сдачей в эксплуатацию, назначается в соответствии с рабочим давлением $p_{раб}$ и определяется по СНиП. Участки водопроводных труб после проведения испытаний подвергаются дезинфекции хлорной водой с содержанием 20-30мг хлора на 1л воды. Контакт хлора с водой продолжается до одних суток, после чего участок промывается чистой водой.

Окончательное испытание заключается в определении фактических утечек воды из трубопровода.

Сдача-приемка водопроводных труб оформляется приемно-сдаточным актом, в котором указываются результаты испытаний на герметичность, конструктивные и производственные отклонения от проекта.



**Спасибо за
внимание.**