

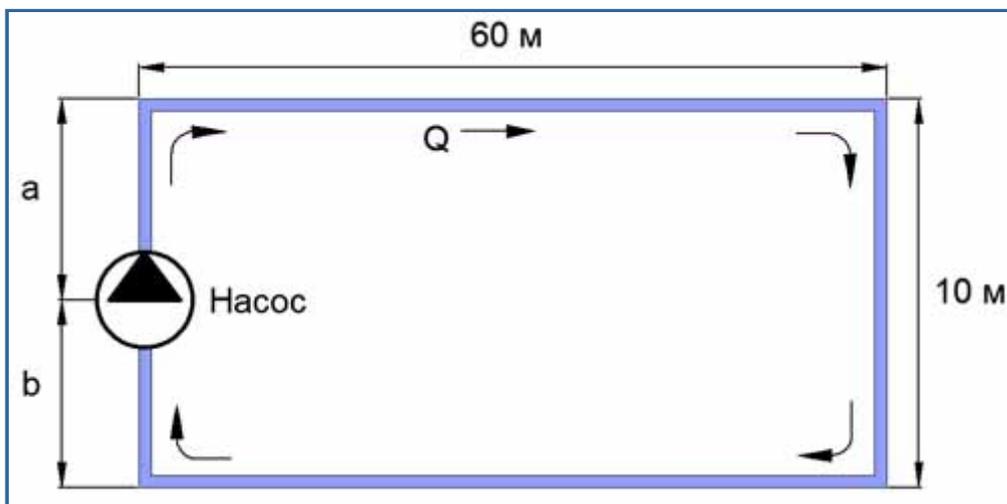
## Вычисляем диаметр трубы для отопления

В этой статье мы просто решим задачу со всеми расчетами для того, чтобы получить необходимый диаметр.

Данные расчеты дают абсолютный алгоритм расчета диаметра. Спросите любого поверхностного специалиста или студента высшего образования и он Вам просто не сможет объяснить весь расчет диаметра, так как весь расчет переплетается со множеством факторов, которые за один прием не понять. А большинство, просто используют таблицы с приведенными данными. А эти данные все подчиняются закону или алгоритму, который мы используем в этой статье.

В данной статье описывается универсальный расчет диаметра трубопровода, который не всем по зубам. Этот расчет является трудоемким.

Для примера использована абсолютная схема с одним насосом и прямой закольцованной трубой. В других статьях будут схемы более сложнее. Смотри изображение.

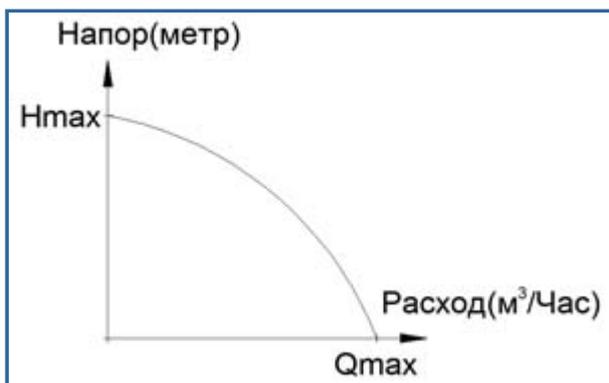


### Задача.

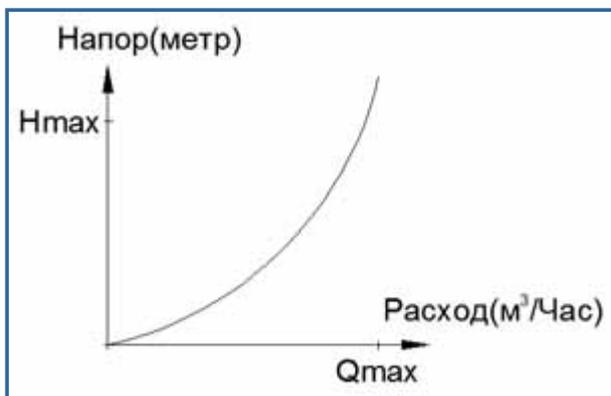
Имеется самый распространенный циркуляционный насос (25/6) с напором до 6 метров и максимальным расходом до  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Насос соединен металлопластиковой трубой. Смотри изображение.

Необходимо обязательно создать расход не менее  $2 \text{ м}^3/\text{час}$ . Подобрать диаметр [металлопластиковой трубы](#), чтобы расход был не ниже указанного. Температура циркулирующей воды равна 50 градусам Цельсия.

Каждый насос имеет примерно вот такую напорно-расходную характеристику:

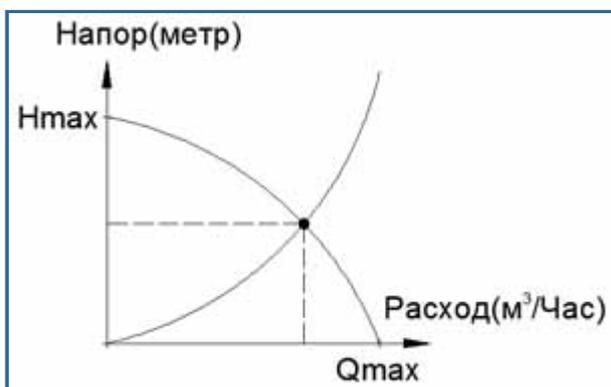


А цепь (система [отопления](#) в целом), в виде протяженной трубы вот такую характеристику:



Это означает, если увеличивать расход в цепи трубопровода, то сопротивление движению будет увеличиваться. Сопротивление будем выражать в потерях напора (метрах).

Указанные выше графики можно друг на друга наложить, и тогда мы получим реальный расход и потерю напора при указанных графиках.



**Для решения был применен специальный расчет по нахождению потерь напора** [Расчет по нахождению потерь напора по длине трубопровода](#)

### Решение

Согласно изображению на рисунке, длина трубопровода составляет 140 метров. Поворотных углов 4 шт.

### Рассчитаем потерю напора по длине трубопровода

Выберем диаметр равный 26 мм [металлопластиковой трубы](#) толщина стенки 3 мм, это означает, что внутренний диаметр равен:

$$D = 26 - 3 - 3 = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$$

$$Q = 2 \text{ м}^3/\text{ч} = 2/3600 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

### Находим скорость движения воды

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V = (4 \cdot 2/3600) / (3,14 \cdot 0,02 \cdot 0,02) = 1,77 \text{ м/с}$$

### Находим число рейнольдса

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

$\nu = 0,658 \cdot 10^{-6} = 0,000\ 000\ 658$ . Взято из таблицы. Для воды при температуре 50 °С.

$$Re = (V \cdot D) / \nu = (1,77 \cdot 0,02) / 0,000\ 000\ 658 = 53799$$

$\Delta \varepsilon = 0,005 \text{ мм} = 0,000005 \text{ м}$ . Взято из таблицы, для пластиковой трубы. (Взято по максимуму)

Далее сверяемся по таблице, где находим формулу по нахождению коэффициента гидравлического трения.

У меня попадает на вторую область при условии

$$10 \cdot D / \Delta \varepsilon < Re < 560 \cdot D / \Delta \varepsilon$$

$$10 \cdot 0,02 / 0,000005 < Re < 560 \cdot 0,02 / 0,000005$$

$$40\ 000 < (Re = 53799) < 2\ 240\ 000$$

2-я область	$10 \frac{d}{\Delta_s} < Re < 560 \frac{d}{\Delta_s}$	$\lambda_T = 0,11 \left( \frac{\Delta_s}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$ (ф-ла Альтшуля)
-------------	---	---

$$\lambda = 0,11 \left( \Delta \varepsilon / D + 68 / Re \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( 0,000005 / 0,02 + 68 / 53799 \right)^{0,25} = 0,0217$$

Далее завершаем формулой:

$$h = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h = \lambda \cdot (L \cdot V^2) / (D \cdot 2 \cdot g) = 0,0217 \cdot (140 \cdot 1,77 \cdot 1,77) / (0,02 \cdot 2 \cdot 9,81) = 24,25 \text{ м.}$$

Потеря напора 24 метра совсем не подходит это даже больше чем 6 метров, которое выдает насос.

**Теперь пробуем увеличить диаметр трубопровода до 32 мм**

Выберем диаметр равный 32 мм металлопластиковой трубы толщина стенки 3 мм, это означает, что внутренний диаметр равен:

$$D = 32 - 3 - 3 = 26 \text{ мм} = 0,026 \text{ м}$$

$$Q = 2 \text{ м}^3 / \text{ч} = 2 / 3600 \text{ м}^3 / \text{сек.}$$

**Находим скорость движения воды**

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V = (4 \cdot 2 / 3600) / (3,14 \cdot 0,026 \cdot 0,026) = 1,05 \text{ м/с}$$

**Находим число Рейнольдса**

$v=0,658 \cdot 10^{-6}=0,000\ 000\ 658$ . Взято из таблицы. Для воды при температуре 50 °С.

$$Re=(V \cdot D)/v=(1,05 \cdot 0,026)/0,000\ 000\ 658=41489$$

$\Delta \varepsilon=0,005\text{мм}=0,000005\text{м}$ . Взято из таблицы, для пластиковой трубы. (Взято по максимуму)

Далее сверяемся по таблице, где находим формулу по нахождению коэффициента гидравлического трения.

У меня попадает на первую область при условии

$$4000 < Re < 10 \cdot D/\Delta \varepsilon$$

$$4000 < Re < 10 \cdot 0,026/0,000005$$

$$4000 < (Re=41489) < 52\ 000$$

1-я область	$4000 < Re < 10 \frac{d}{\Delta \varepsilon}$	$\lambda_T = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$ (ф-ла Блазиуса) $\lambda_T = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2}$ (ф-ла Конакова)
-------------	---	--

Использую формул Блазиуса.

$$\lambda=0,3164/Re^{0,25}=0,0222$$

Далее завершаем формулой:

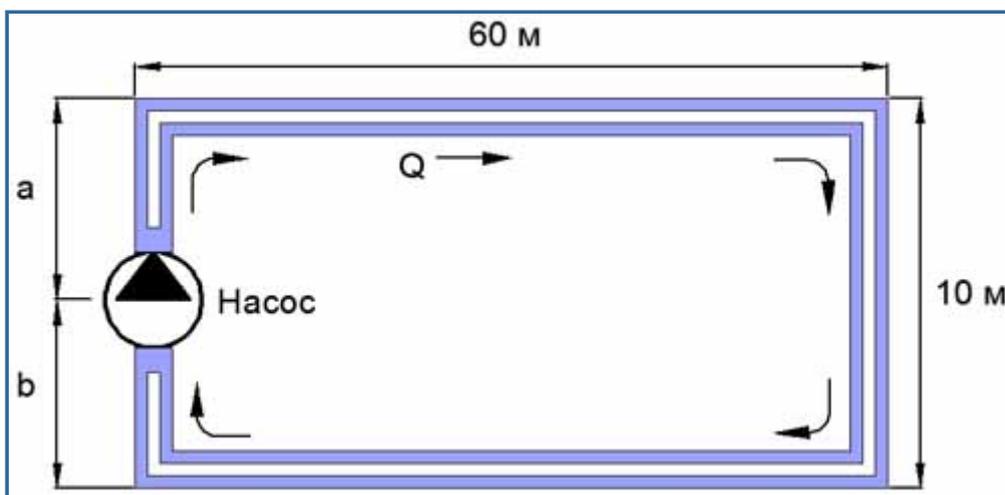
$$h = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h=\lambda \cdot (L \cdot V^2)/(D \cdot 2 \cdot g)=0,0222 \cdot (140 \cdot 1,05 \cdot 1,05)/(0,026 \cdot 2 \cdot 9,81)=6,72\text{ м}$$

**К сожалению, диаметр надо еще увеличить, либо увеличить мощность насоса.**

Увеличивать мощность насоса экономически не целесообразно, так как Вам придется оплачивать дополнительную электроэнергию.

Поскольку на рынке нет [металлопластиковых труб](#) диаметром больше 32 мм, то рекомендую пустить две металлопластиковые [трубы](#) 32 мм. Тем самым уменьшаем скорость в трубе в два раза. Смотри изображение.



$$Q=1 \text{ м}^3/\text{ч} = 1/3600 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

**Находим скорость движения воды для одной трубы**

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V = (4 \cdot 1/3600)/(3,14 \cdot 0,026 \cdot 0,026) = 0,52 \text{ м/с}$$

**Находим число Рейнольдса**

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

$\nu = 0,658 \cdot 10^{-6} = 0,000\,000\,658$ . Взято из таблицы. Для воды при температуре 50 °С.

$$Re = (V \cdot D) / \nu = (0,52 \cdot 0,026) / 0,000\,000\,658 = 20547$$

$\Delta \varepsilon = 0,005 \text{ мм} = 0,000005 \text{ м}$ . Взято из таблицы, для пластиковой трубы. (Взято по максимуму)

Далее сверяемся по таблице, где находим формулу по нахождению коэффициента гидравлического трения.

У меня попадает на первую область при условии

$$4000 < Re < 10 \cdot D / \Delta \varepsilon$$

$$4000 < Re < 10 \cdot 0,026 / 0,000005$$

$$4000 < (Re = 20547) < 52\,000$$

1-я область	$4000 < Re < 10 \frac{d}{\Delta \varepsilon}$	$\lambda_T = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$ (ф-ла Блазиуса) $\lambda_T = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2}$ (ф-ла Копакова)
-------------	---	--

Использую формулу Блазиуса.

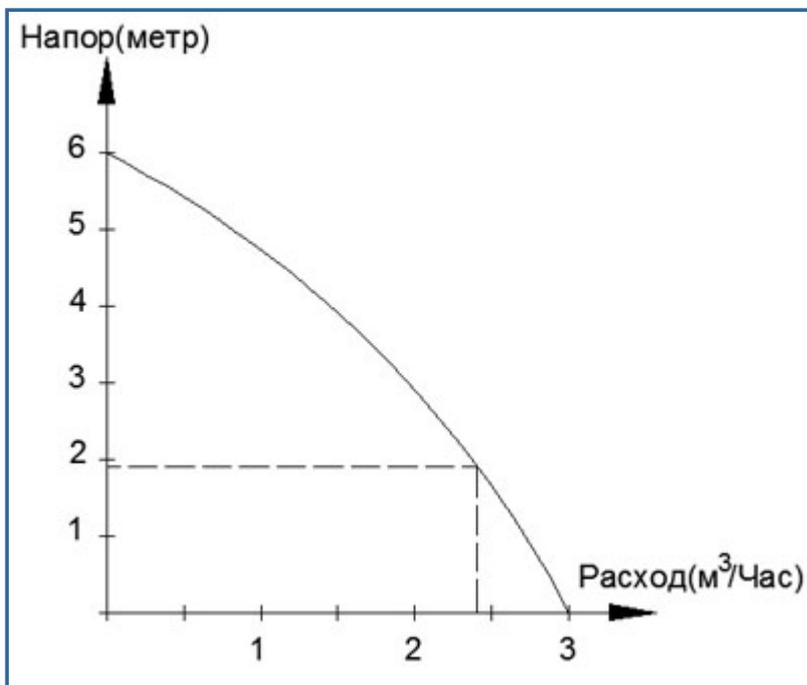
$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} = 0,0264$$

Далее завершаем формулой:

$$h = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h = \lambda \cdot (L \cdot V^2) / (D \cdot 2 \cdot g) = 0,0264 \cdot (140 \cdot 0,52 \cdot 0,52) / (0,026 \cdot 2 \cdot 9,81) = 1,95 \text{ м.}$$

Вот теперь мы вписываемся в рамки [напора насоса](#), но это еще не все. Далее нужно свериться с реальным графиком циркуляционного насоса. В нашем случае график будет таков:



Также необходимо учесть потерю напора на поворотах.

**Формула по нахождению напора на поворотах:**

$$h = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

Подробнее об этом в разделе: [Местные гидравлические сопротивления](#)

Возьмем  $\zeta = 1$ . (Для поворота)

Скорость 0,52 м/с

$$h = \zeta \cdot (V^2) / (2 \cdot 9,81) = (1 \cdot 0,52^2) / (2 \cdot 9,81) = 0,014 \text{ м.}$$

Это значение умножаем на количество поворотов и получаем  $0,014 \cdot 4 = 0,056$  м.

Потеря на поворотах трубы особо не влияет на результат, если скорости очень маленькие.

Прибавляем к 1,95 еще 0,056 и получаем 2 метра общих потерь при расходе в  $2 \text{ м}^3/\text{час}$ .

По условию задачи мы выполнили условие частично, так как использовали за место одной трубы две идентичные трубы.

**Итог:** Удовлетворительный, мы можем получить необходимый расход в сумме двух труб.

А давайте посчитаем, каков же будет максимальный расход.

**Необходимо, к получившемуся расходу (на графике на пересечение штриховой линией) применить расчеты.**

Общий расход равен  $2,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ , делим на одну трубу и получаем

$$Q = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,2 / 3600 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V = (4 \cdot 1,2/3600)/(3,14 \cdot 0,026 \cdot 0,026) = 0,63 \text{ м/с}$$

Находим число Рейнольдса

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

$$\nu = 0,658 \cdot 10^{-6} = 0,000\,000\,658. \text{ Взято из таблицы. Для воды при температуре } 50 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$Re = (V \cdot D)/\nu = (0,63 \cdot 0,026)/0,000\,000\,658 = 24894$$

$$\Delta z = 0,005 \text{ мм} = 0,000005 \text{ м. Взято из таблицы, для пластиковой } \text{трубы}. \text{ (Взято по максимуму)}$$

Далее сверяемся по таблице, где находим формулу по нахождению коэффициента гидравлического трения.

У меня попадает на первую область при условии

$$4000 < Re < 10 \cdot D/\Delta z$$

$$4000 < Re < 10 \cdot 0,026/0,000005$$

$$4000 < (Re=24894) < 52\,000$$

1-я область	$4000 < Re < 10 \frac{d}{\Delta z}$	$\lambda_T = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$ (ф-ла Блазиуса) $\lambda_T = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2}$ (ф-ла Копакова)
-------------	-------------------------------------	--

Использую формулу Блазиуса.

$$\lambda = 0,3164/Re^{0,25} = 0,0252$$

Далее завершаем формулой:

$$h = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h = \lambda \cdot (L \cdot V^2)/(D \cdot 2 \cdot g) = 0,0252 \cdot (140 \cdot 0,63 \cdot 0,63)/(0,026 \cdot 2 \cdot 9,81) = 2,74 \text{ м.}$$

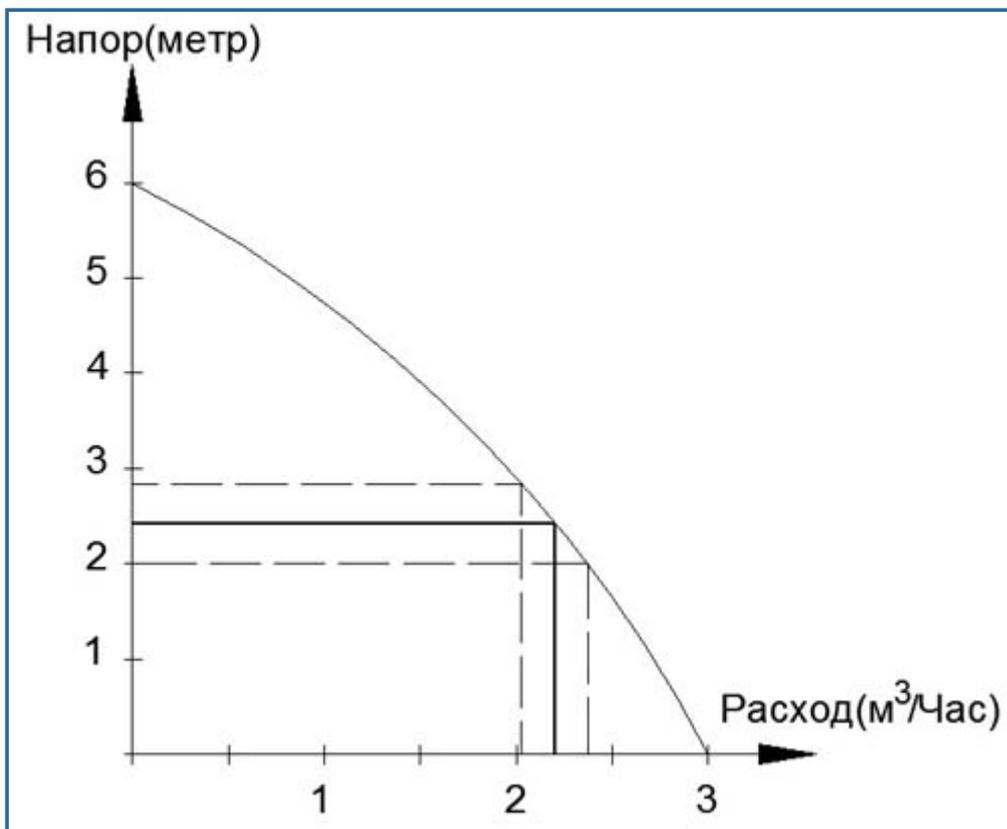
Находим потерю на поворотах

$$h = \zeta \cdot (V^2)/2 \cdot 9,81 = (1 \cdot 0,63^2)/(2 \cdot 9,81) = 0,02 \text{ м.}$$

Это значение умножаем на количество поворотов и получаем  $0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ м.}$

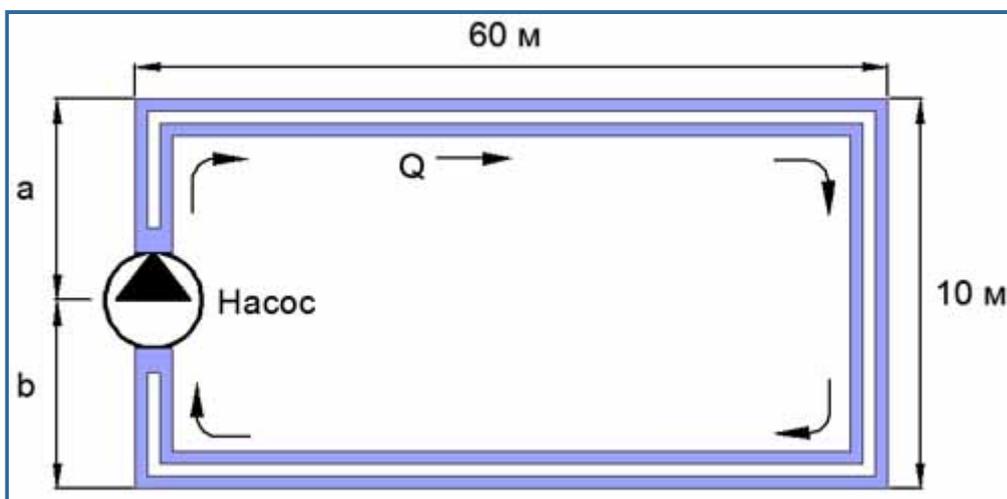
Общие потери:  $2,74 + 0,08 = 2,82 \text{ м.}$

Вычисляем на графике. Находим среднее между штриховыми линиями.



Среднее значение и будет являться максимально возможным расходом двух параллельных труб.

Вернемся к этому рисунку



Высоты 10 метров и высоты  $a, b$  не влияют на результат напора. Вода на высоту поднимается за счет созданного давления, которое должно быть в системе отопления. Вся сила напора насоса идет только на циркуляцию воды.

Для выбора диаметра, нужно учесть еще и экономический фактор. А то есть увеличивать диаметр нет смысла, если переплата за трубу большого диаметра будет превышать затраты на сверх-электроэнергию мощным насосом в пределах 5-15 лет. Вам решать, сколько жить и через, сколько лет Вам это окупиться.

Когда труба уже проложена, и работа по перепрокладке [труб](#) будет превышать стоимость сверх-электроэнергии за 5-15 лет, тогда имеет смысл поставить мощный насос, чтобы войти в нужные параметры системы по расходу воды.