

# Упрощенный расчет напора и производительности насоса

Основными параметрами для выбора любого типа и вида насоса являются:

- создаваемый напор;
- производительность;
- мощность электродвигателя.

В данной статье мы остановимся на упрощенном расчете напора и производительности.



**Напор, создаваемый насосом должен складываться из трех важных значений:**

1. При определении требуемого напора насоса нужно помнить, что 1 метр напора по вертикали примерно равен 10 метрам напора по горизонтали (на самом деле на данное отношение влияет множество факторов).

Если в характеристиках насоса написано, что максимальный напор при нулевой производительности достигает  **$H_{\max} = 48$  метров**, то значит, что по вертикали данный насос поднимет воду на высоту 48 метров или при нулевой высоте подъема он сможет доставить воду примерно на 480 метров по горизонтали (но при этом вода будет вытекать слабой струйкой).

Например, вы устанавливаете насос в подвале дома или гаража, находящемся на 3 метра ниже уровня земли. До входа системы водоснабжения в одноэтажный дом, куда подается вода — 20 метров. Значит, Вам необходим насос с напором свыше 5-ти метров при определенной производительности:

$$H_{\max} = 3 + 20/10 = 5 \text{ метров.}$$

Но для нормальной работы системы водоснабжения Вам нужен насос с определенными напором и производительностью.

Вы спросите: «Почему при определенной производительности?»

Ответ: «Вам нужно, чтобы вода из шланга или крана не капала (а на насосе указан максимальный напор при нулевой производительности, либо наоборот), а вытекала с производительностью, достаточной для удаления воды из емкости. Для бытовых целей производительности насоса хватит, если максимальный напор, создаваемый насосом (указан в характеристиках насоса) превышает расчетный на 3 метра. В данном случае 8 метров. Опять-таки, не стоит забывать, что в ряде случаев необходим запас по напору, определяющему производительность насоса, то есть напор должен быть существенно больше.

Более точные расчеты напора и производительности насоса в зависимости от сложности системы трубопроводов, дальности перемещения воды и высоты подъема определяется по специальным диаграммам, таблицам или для сложных условий работы системы водоснабжения производятся сложнейшие расчеты, в которых с определенной степенью погрешности учитываются все параметры и характеристики системы.

2. Давление, рекомендуемое (необходимое) в точке потребления, как правило, для всех потребителей бытового назначения, должно быть от 1,5 до 3,0 бар (bar), что соответствует напору от 15-ти до 30-ти метров  **$H_{\text{потр}} = (15 \dots 30)$  м.**

3. Расчетный напор насоса до основных точек потребления (например, до входа системы водоснабжения в одноэтажный дом):

$$H_{\text{расч}} = H_{\text{гео}} + H_{\text{потр}} + H_{\text{пот}}$$

Где:  **$H_{\text{расч}}$**  — расчетный напор, создаваемый насосом, м;

**$H_{\text{гео}}$**  — геодезическая высота подъема воды (расстояние по вертикали от места установки насоса до наиболее высокорасположенного потребителя), м.

**$H_{\text{потр}}$**  — напор, который необходимо создать в самой удаленной точке и высоко расположенной точке потребления, м.

**$H_{\text{пот}}$**  — суммарное гидравлическое сопротивление по всей длине  $L_{\text{тр}}$  всасывающего и нагнетательного трубопроводов (суммарные потери напора).\*\*

## \*Высота всасывания

Чем выше температура воды, тем меньше высота всасывания, и практически при + 65-ти градусах Цельсия (°C) забор воды становится невозможен.

Обычно геометрическая высота всасывания для центробежных насосов составляет не более 5-ти, 7-ми метров и лишь для некоторых типов насосов она доходит до 9-ми метров.

Температура, °C	10	20	30	40	50	60	65
Высота всасывания, м	6	5	4	3	2	1	0

**\*\*Точный расчет суммарных гидравлических потерь напора** по всей длине Lтр трубопроводов и элементах инсталляционной аппаратуры, элементах управляющей автоматики и т.д. крайне сложен – приходится учитывать очень большое количество факторов.

Для крайне приблизительных и упрощенных расчетов зачастую достаточно принимать, что для горизонтального участка трубопровода длиной 100 метров разница между напором на входе и выходе с учетом потерь напора условно принимаем снижение напора на 10 м, что соответствует падению давления около 1 бар (bar).

### Упрощенный пример расчета на уровне «двух пальцев» (за основу взят погружной насос).

а) Приведем пример или задачу:

Длина трубы 25 метров в высоту (от динамического уровня воды до дальней точки потребления). Какой нам нужен напор насоса, чтобы вода достигла точки потребления?

Решение очень простое — нам нужен напор, равный высоте от динамического уровня воды до точки потребления, то есть 25 метров!

Обратите внимание! В задаче указано, что вода должна достигнуть точки потребления, а не литься из трубы фонтаном.

б) Если Вы хотите понять: «Как найти величину напора, чтобы на выходе в точке потребления вода выходила фонтаном?» — решим следующую задачу.

Расстояние от уровня воды до точки потребления составляет 35 метров в высоту. Какой нам нужен напор насоса, чтобы вода выходила из трубы фонтаном или как минимум превысила высоту точки потребления? Решение тоже очень простое! Необходимо, чтобы у насоса высота напора была выше 35 метров!

Но нам необходимо рассчитать напор, достаточный для системы водоснабжения, чтобы на выходе из последней точки потребления создавался минимальный стандартный напор по водопотреблению.

**Задача:** Длина трубы по вертикали от уровня воды до точки потребления 35 метров. Какой нам нужен напор насоса, чтобы на выходе трубы (или другими словами в точке потребления) создать напор, равный 30 метрам?

**Решение:** Необходимо, чтобы у насоса был напор, равный 65 метрам! Эта цифра получена путем сложения двух данных: 35 м (длина трубы по вертикали от уровня воды до точки потребления) + 30 м (стандартный, рекомендованный в точке потребления напор – подробнее указано выше) = 65 метров.

**4. Потери создаваемого напора** — потери напора, снижение давления между входом и выходом элемента конструкции гидросистемы, к которым относятся трубопроводы, арматура, электронасосы, элементы управляющей автоматики и т.д.

Потери напора, создаваемого насосом при перекачивании жидкости, зависят от:

- материала, из которого изготовлены элементы трубопроводов;
- геометрических характеристик трубопроводов (длины, диаметров, углов изгибов используемых переходников, отводов и т.д.);
- наличия клапанов, фильтров (как грубой, так и тонкой очистки), изгибов, приспособлений и других вспомогательных устройств;
- фактического технического состояния гидросистемы, в том числе степени шероховатости внутренних поверхностей;
- вязкости перекачиваемой жидкости.

**Потери создаваемого напора можно приблизительно рассчитать по таблицам, в которых указываются значения уменьшения напора, выраженного в метрах водяного столба.**

С учетом того, что:

**10 м.в.ст. (10 метров водяного столба) = 1 бар (bar) = 100000 Па (Pa) = 100 кПа (кPa)**

Нужно при любых расчетах привести все величины к одним единицам измерений.

**Пример расчета потерь создаваемого напора ( $h_p$ ).**

Заметно снизилось (уменьшилось) давление в системе водоснабжения — попробуем найти причину — обоснуем необходимость замены труб, элементов трубопровода или существующего насоса, а затем изменим внутренний диаметр (следовательно, увеличим сечение трубы) и тип материала, из которого изготовлены трубы системы водоснабжения, или существующий насос.

Исходные данные:

- 1) Система водоснабжения была смонтирована из стальных оцинкованных труб с внутренним диаметром  $d_1 = 25$  мм.
- 2) Для перекачивания жидкости в системе водоснабжения применяется условный центробежный насос с производительностью  $Q = 4,0$  м<sup>3</sup>/ч.
- 3) Общая длина трубопроводов составляет  $L = 100$  м.

4) Для наглядности и упрощения примера не берём во внимание количество и углы изгибов используемых переходников, отводов — считаем только потери напора по длине прямого трубопровода (что имеет мало общего с реальной жизнью, так как в действительности любая система водоснабжения состоит из всевозможных изгибов, переходников, штуцеров, различных элементов запорной арматуры, в том числе кранов, вентилях; о действительном состоянии внутренних стенок стальных труб после определенного срока мы умышленно умалчиваем!).

### Вопрос:

На сколько изменится создаваемый напор, если при реконструкции системы водоснабжения взамен демонтированных стальных труб будут использоваться трубы из ПВХ с внутренним диаметром

**$d_2 = 38 \text{ мм}$ ?**

### Решение:

1) По ниже приведенной таблице потерь напора определяем потерю напора при длине  $L = 100 \text{ м}$  трубопровода и производительности  $Q = 4,0 \text{ м}^3/\text{ч}$  для труб из ПВХ с внутренним диаметром  $d_1 = 25 \text{ мм}$ .

Потери напора составляют  **$h_1 = 21,5 \text{ м (м.в.ст.)}$ , что соответствует уменьшению давления на величину:**

**$\Delta P_1 = 2,15 \text{ бар (bar)}$ .**

2) Внизу таблицы в примечании указано, что полученное значение потерь давления для стальных оцинкованных труб нужно умножить на поправочный коэффициент  $k = 1,5$ . В результате получим значение потерь давления:

**$h_2 = 21,5 \text{ м} \times 1,5 = 32,25 \text{ м (м.в.ст.)}$ , что примерно соответствует уменьшению давления на величину:  $\Delta P_2 = 3,23 \text{ бар (bar)}$ . (Это результат на условном трубопроводе длиной 100 метров!)**

3) По таблице потерь для труб из ПВХ диаметром  $d_2 = 38 \text{ мм}$  и длиной  $L = 100 \text{ м}$  при производительности  $Q = 4,0 \text{ м}^3/\text{ч}$  определим потери напора, равные  $h_3 = 2,9 \text{ м.в.ст.}$ , что соответствует уменьшению давления  **$0,29 \text{ бар (bar)}$ .**

4) После замены стальных оцинкованных труб с внутренним диаметром  $d_1 = 25 \text{ мм}$  на трубы из ПВХ с внутренним диаметром  $d_2 = 38 \text{ мм}$ , при одинаковой длине трубопровода  $L = 100 \text{ м}$  и при той же производительности  $Q = 4,0 \text{ м}^3/\text{ч}$  условного насоса (по условию задачи насос не меняли!) получили меньшие потери напора и давления:

**$h = h_2 - h_3 = 32,25 - 2,9 = 29,35 \text{ м (м.в.ст.)}$ ; или  $\Delta P = \Delta P_2 - \Delta P_1 = 3,23 - 0,29 = 2,94 \text{ бар (bar)}$**

**Вывод: поменяем трубы для системы водоснабжения, а не насос (насос не «виноват»)!**

**Таблица расчета потерь напора (в метрах водяного столба) для труб из ПВХ и полипропилена в зависимости от производительности, длины и диаметра трубопровода. (Все числовые значения потерь напора, приведенные в таблице, являются экспериментально установленными, так как не существует простых формул для расчета потерь!)**

<i>Таблица расчета потерь напора для труб из ПВХ и полипропилена, м (в метрах)</i>												
Производительность Q, м <sup>3</sup> /ч	Внутренний диаметр трубы, мм											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
Потери в метрах водяного столба на 100 метров прямого трубопровода												
0,5	8,9	2,1	0,6									
0,8	20,2	4,7	1,3	0,4								
1,0	29,8	7,0	1,9	0,6								
1,5		14,2	3,9	1,2	0,5							
2,0		23,5	6,4	2,0	0,9							
2,5			9,4	2,9	1,3	0,4						
3,0			13,0	4,0	1,8	0,5	0,2					
3,5			17,0	5,3	2,3	0,6	0,2					
4,0			21,5	6,6	2,9	0,8	0,3	0,1				
4,5				8,2	3,6	1,0	0,3	0,1				
5,0				9,8	4,3	1,2	0,4	0,2				
5,5				11,6	5,1	1,4	0,5	0,2				
6,0				13,5	6,0	1,6	0,5	0,2				
6,5				15,5	6,9	1,9	0,6	0,3				
7,0				17,7	7,8	2,1	0,7	0,3				
8,0				22,4	9,9	2,7	0,9	0,4	0,2			
9,0					12,1	3,3	1,1	0,5	0,2			
10,0					14,6	4,0	1,3	0,6	0,3	0,1		
12,0					20,1	5,5	1,8	0,8	0,4	0,2		
15,0					29,7	8,1	2,7	1,2	0,5	0,3		
18,0						11,1	3,7	1,6	0,7	0,4	0,1	
20,0						13,3	4,5	1,9	0,9	0,5	0,2	
25,0						19,7	6,6	2,9	1,3	0,7	0,3	
30,0							9,0	4,0	1,8	1,0	0,4	0,1
35,0							11,8	5,2	2,3	1,3	0,5	0,2
40,0							15,0	6,5	2,9	1,7	0,6	0,2
45,0							18,4	8,0	3,6	2,0	0,7	0,3
50,0								9,7	4,3	2,5	0,9	0,4

*Примечание: для стальных оцинкованных труб рекомендуется умножить значение потерь давления на 1,5.*

Таблица расчета потерь напора (в метрах водяного столба) для стальных труб при перекачивании сточных вод в зависимости от производительности, длины и диаметра трубопровода. (Все числовые значения потерь напора, приведенные в таблице, являются экспериментально установленными, так как не существует простых формул для расчета потерь!)

<i>Таблица расчета потерь напора для стальных труб при перекачивании сточных вод, м (в метрах)</i>															
<b>Внутренний диаметр трубы, мм</b>	<b>Объем перекачиваемых сточных вод, м<sup>3</sup>/ч</b>														
	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	20,0	25,0
<b>Потери напора в метрах водяного столба на 100 метров прямого трубопровода</b>															
1¼"	0,5	1,0	2,0	4,5	7,6	13,0	17,0	25,0	33,0						
1½"	0,2	0,5	0,9	2,2	3,5	6,0	8,0	12,0	14,0	19,0	23,0	33,0			
2"		0,1	0,3	0,6	1,0	1,8	2,5	3,5	4,5	5,7	7,0	10,0	15,0	26,0	40,0

**Примечание:**

- для трубопроводов из пластика - результат умножить на 0,8;
- для колен и шаровых кранов - прибавить 2 метра фиктивной длины для каждой детали;
- для клапанов - прибавить 10 метров фиктивной дополнительной длины.

**Расчет производительности следует производить по двум основным значениям:**

1. Расход в точке потребления.
2. Потери производительности по длине трубопровода от насоса до точки потребления.

Что касается расхода потребления воды, то тут примерно есть приблизительно готовый цифровой стандарт.

#### **Примерный расход воды из потребителей:**

умывальник — 6 л/мин;

туалет — 4 л/мин;

посудомоечная машина — 8 л/мин;

душ — 10 л/мин;

поливочный кран — 18 л/мин;

стиральная машина — 10 л/мин;

бассейн — 15 л/мин;

полив газонов и цветников требует до 6 л/мин воды на один м<sup>2</sup>, расход при этом зависит также от способа орошения и интенсивности полива;

сауна или баня потребует около 16 л/мин.

На практике обычно считается расход из одного открытого крана равен 10 литрам/минуту.

Возьмем для примера смеситель в ванной. По опыту для комфортного использования смесителя необходимо, чтобы расход воды на выходе примерно равнялся 15 литрам в минуту. Эту величину и возьмем для стандарта по подбору расхода в данной задаче.

Но ведь у нас не одна точка водоразбора, тогда необходимо рассчитать общий поток для всех точек потребления. Соответственно расход всех точек потребления необходимо суммировать и найти максимальный показатель расхода.

Предположим, у нас имеется две ванны и кухня. И представим, к примеру, что в первой ванной работает душ, во второй — непосредственно смеситель и стиральная машина, на кухне открыт кран и работает посудомоечная машина.

Суммируем расходы из всех точек потребления  $10 + 15 + 10 + 6 + 8 = 49$  литров в минуту — получили наш расход из пяти основных потребителей.

Можем подбирать необходимую производительность насоса с учетом примерного расхода.

**Важно! При расчете максимальной производительности (объемной подачи) насоса или при установке насоса повышения давления необходимо брать запас не менее (40 ... 50) % от суммарного максимально возможного водопотребления.**

**Важно! При расчете фактической производительности (объемной подачи) насоса необходимо учитывать, что все потребители в системе водоснабжения никогда не работают одновременно, соответственно клиент может взять поправочный коэффициент (коэффициент запаса по производительности), равным  $k_{зап} = 0,8 \dots 0,9 = (80 \dots 90) \%$  от суммарного максимально возможного водопотребления.**

Источник : sigma.ua