

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

---

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

#### ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТЕОРИИ ГИДРАВЛИКИ

Ниже приведен перечень основных терминов, применяемых в теории гидравлики, а также приведено их значение. Знание этих терминов необходимо для обсуждения работы насосного оборудования. Все значения указаны в технических единицах и приведены в английских и международных единицах измерения в соответствующей таблице.

#### НАПОР

Напор - это высота, разность уровней, перепад, создаваемый насосом во время работы. Например, если расход насоса составляет Q литров в секунду и напор 30 метров - это означает, что он способен поднимать Q литров жидкости на высоту 30 метров каждую секунду. Для любого насоса напор определяется особенностями его конструкции, такими как диаметр рабочего колеса и скорость вращения, и не зависит от перекачиваемой жидкости. Это означает, что за секунду насос может поднять на высоту 30 метров Q литров воды, бензина, ртути и т.п.; во всех случаях отличаться будет только необходимая мощность электродвигателя.

#### ПЛОТНОСТЬ ЖИДКОСТИ ИЛИ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ

Плотностью жидкости или рабочей среды называется масса жидкости/рабочей среды на единицу объема. Плотность измеряется в  $\text{кг/дм}^3$  или  $\text{кг/л}$ , при этом  $1 \text{ дм}^3$  равен 1 литру.

#### ДАВЛЕНИЕ

Давление - это вес на единицу площади (например,  $\text{кг/см}^2$ ), давление не стоит путать с напором. В случае с жидкостями, давление, которое жидкость оказывает на поверхность, является произведением напора (высоты столба) жидкости и её плотности. По этой причине столб воздуха высотой в несколько километров оказывает на земную поверхность давление на уровне моря около  $1 \text{ кг/см}^2$  (примерно равно 1 атмосфере). При замене воздуха на воду давление было бы примерно в 700-800 раз выше, потому что вода имеет плотность примерно в 700-800 раз больше плотности воздуха.

Принимая во внимание, что столб воды высотой 10 метров оказывает давление примерно  $1 \text{ кг/см}^2$ , при установке манометра на напорной стороне можно измерить следующие значения повышения давления:

- а) для бензина (плотность  $0,7 \text{ кг/дм}^3$ ) =  $00,7 \times 0,001 \times 30 \times 100 = 2,1 \text{ кг/см}^2$
- б) для воды (плотность  $1,0 \text{ кг/дм}^3$ ) =  $00,1 \times 0,001 \times 30 \times 100 = 3,0 \text{ кг/см}^2$
- в) для ртути (плотность  $13,6 \text{ кг/дм}^3$ ) =  $13,6 \times 0,001 \times 30 \times 100 = 40,8 \text{ кг/см}^2$

#### РАСХОД

Расход - это количество жидкости или рабочей среды, проходящее через какую-либо точку, например, через напорный патрубок насоса или через поперечное сечение трубы за определенную единицу времени.

Расход может измеряться в литрах в минуту (л/мин), литрах в секунду (л/с), метрах кубических в час ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) и т.д.

Существует аналогия между потоком воды в трубопроводе и электрическим током, протекающим по проводникам. Проводя аналогию, гидравлический напор эквивалентен электрическому потенциалу или напряжению, а гидравлический расход аналогичен электрическому току. Характер изменения вышеуказанных параметров одинаковый. Также, как проводник с небольшим поперечным сечением создает сопротивление протеканию электрического тока больше, чем проводник большего сечения, труба малого сечения создает более высокое сопротивление потоку жидкости, чем труба большего сечения. Для протекания электрического тока в проводнике необходимо создать разницу потенциалов, для протекания жидкости или рабочей среды в трубе необходим определенный напор.

Жидкость никогда не будет перемещаться между двумя точками в абсолютно горизонтальной трубе, если напор жидкости в этих точках одинаковый. Это объясняется тем, что, аналогично проводнику, оказывающему сопротивление протеканию электрического тока (электрическое сопротивление), трубопровод оказывает сопротивление протеканию жидкости, величина которого зависит от трубы (материала, формы, наличия загрязнений), площади поперечного сечения и скорости потока жидкости в трубе. Данное сопротивление называется гидравлическим сопротивлением системы или потерей напора.

#### ПОТЕРИ НАПОРА

Потери напора - часть напора жидкости, которая теряется при протекании через трубопровод, клапаны, фильтры и другие элементы. Эти потери не восполняются, поскольку являются потерями из-за трения. По аналогии между электрическим и гидравлическим сопротивлениями, потери в проводнике увеличиваются пропорционально увеличению электрического тока, потери напора жидкости увеличиваются пропорционально повышению скорости жидкости. Чем сильнее ограничение расхода из-за налета на стенках труб, из-за загрязненных фильтров, частично закрытых клапанов и т.д., тем больше будут потери напора.

#### НАСОС

Насос - это устройство, применяемое для увеличения напора жидкости, проходящей через него. Напор может быть использован для подъема необходимого объема жидкости на определенную высоту, для создания расхода жидкости в трубе или для преодоления жидкостью определенного расстояния на открытом воздухе. Основными характеристиками насоса являются:

- а) **Расход** (количество жидкости, перекачиваемое насосом в единицу времени)
- б) **Напор** (высота, на которую насос способен поднять необходимый объем жидкости)

Исходя из существующего соотношения расхода и напора, можно выделить несколько групп насосов:

- а) Насосы с малым расходом и высоким напором (поршневые насосы, роторные насосы, небольшие центробежные насосы).
- б) Насосы со средними расходом и напором (центробежные насосы).
- в) Насосы с большим расходом и малым напором (диагонально-центробежные насосы, осевые насосы).

Рабочее колесо центробежных, диагонально-центробежных и осевых насосов совершает вращательное движение, скорость вращения измеряется в оборотах в минуту (об/мин). Для этих насосов при работе на одной определенной скорости вращения каждому значению расхода соответствует только одно значение напора. Это значит, что для увеличения или уменьшения производительности насосов данных типов необходимо изменить скорость вращения электродвигателя. Для перекачивания жидкости насос тратит количество энергии, пропорциональное напору и скорости потока жидкости. Данная энергия, создаваемая в единицу времени, называется „передаваемая мощность“.

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### ПЕРЕДАВАЕМАЯ МОЩНОСТЬ

Передаваемая мощность – это мощность, отдаваемая насосом перекачиваемой жидкости. Значение передаваемой мощности зависит от трех факторов: расхода, напора и плотности перекачиваемой жидкости. Чем выше значения этих факторов, тем большую мощность передает насос. Например, насос, перекачивающий бензин, совершает меньше работы, чем при работе с фосфорной кислотой, по причине разной плотности этих жидкостей.

Для перекачивания жидкости насос приводится в действие двигателем. В большинстве случаев это электродвигатель или двигатель внутреннего сгорания. Электродвигатели потребляют электрическую мощность, двигатели внутреннего сгорания работают на топливе. Мощность, которая требуется для работы насоса, называется потребляемой мощностью.

### РАСЧЕТ ПЕРЕДАВАЕМОЙ МОЩНОСТИ

Передаваемая мощность, как правило, выражается в кВт или л.с. и зависит от:

Q = расхода

H = напора в метрах столба жидкости

$\gamma$  = плотности жидкости

Передаваемая мощность (P3) рассчитывается по одной из следующих формул:

$$P3 = \frac{\gamma \text{ (кг/дм}^3\text{)} \times Q \text{ (л/с)} \times H \text{ (м)}}{75} \text{ в л.с.}$$

$$P3 = \frac{\gamma \text{ (кг/дм}^3\text{)} \times Q \text{ (м}^3\text{/ч)} \times H \text{ (м)}}{270} \text{ в л.с.}$$

$$P3 = \frac{\gamma \text{ (кг/дм}^3\text{)} \times Q \text{ (л/с)} \times H \text{ (м)}}{102} \text{ в кВт}$$

$$P3 = \frac{\gamma \text{ (кг/дм}^3\text{)} \times Q \text{ (л/мин)} \times H \text{ (м)}}{4500} \text{ в л.с.}$$

$$P3 = \frac{\gamma \text{ (кг/дм}^3\text{)} \times Q \text{ (м}^3\text{/ч)} \times H \text{ (м)}}{367} \text{ в кВт}$$

$$P3 = \frac{\gamma \text{ (кг/дм}^3\text{)} \times Q \text{ (л/мин)} \times H \text{ (м)}}{6120} \text{ в кВт}$$

### ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ

Потребляемая мощность – это мощность, которую гидравлика насоса получает от двигателя для передачи ее жидкости. Не вся потребляемая мощность превращается в передаваемую, так как часть мощности теряется на трение, а другая более значительная часть затрачивается на преодоление гидравлического сопротивления внутри самого насоса. Из этого следует, что передаваемая мощность всегда меньше потребляемой, а соотношение между этими двумя мощностями – это число, которое всегда меньше единицы. Это число называется коэффициентом полезного действия (КПД).

### КПД

Коэффициент полезного действия (КПД) определяется путем деления передаваемой мощности на потребляемую и, как правило, выражается в процентах. Например, КПД насоса 75% означает, что только 75% потребляемой мощности преобразуется в передаваемую мощность, а остальные 25% теряются на трении. Таким образом, чем выше КПД насоса, тем меньшая часть потребляемой мощности теряется. Учитывая взаимосвязь между стоимостью энергии и потребляемой мощностью, важность КПД сразу становится очевидной. Если сравнить два насоса с одинаковой передаваемой мощностью 1 л.с., но с КПД 50% у одного насоса и 60% у другого, можно увидеть, что первому насосу потребуется 2 л.с., чтобы передать 1 л.с., при этом второму насосу потребуется только 1,67 л.с. для достижения такого же результата. Это означает, что КПД насоса лучше любого другого параметра отражает качество работы насоса и относительную экономичность с точки зрения эксплуатационных затрат.

### РАСЧЕТ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ

P1: мощность, потребляемая электродвигателем.

P2: мощность, передаваемая электродвигателем, в кВт. Измеряется под нагрузкой.

P3: мощность, передаваемая насосом.

$$\text{КПД двигателя } \eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\text{КПД гидр. части } \eta = \frac{P_3}{P_2}$$

$$\text{КПД нас. агрегата } \eta = \frac{P_3}{P_1}$$

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### НАПОР НАСОСА И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ

Напор насоса – это всегда дифференциальный напор или напор, создаваемый самим насосом. Обычно, он измеряется в метрах. Чтобы определить напор поверхностного насоса, необходимо в процессе его работы измерить значение напора непосредственно на всасывающем и напорном патрубках насоса, при этом показания должны сниматься на одном уровне, который называется плоскостью измерения. В зависимости от установки возможны два варианта:

1) значение напора на всасывании отрицательное (манометр показывает значение ниже нуля): в этом случае уровень жидкости находится ниже уровня всасывающего патрубка.

2) значение напора на всасывании положительное (манометр показывает значение выше нуля): в этом случае уровень жидкости находится выше уровня всасывающего патрубка (работа под заливом).

В первом случае напор насоса рассчитывается путем сложения двух величин, во втором случае он рассчитывается путем вычитания значения напора на всасывающем патрубке насоса из значения на напорном.

В заключение, необходимо убедиться, что показания на патрубках были получены из отверстий одинакового диаметра, чтобы исключить их искажение вследствие разницы скоростей жидкости в точках измерения. Любая коррекция производится путем расчета динамического напора или той части напора, которая связана со скоростью жидкости, т.е. той части напора, которой обладает жидкость на контрольном сечении, с учетом того, что жидкость движется. Динамический напор  $H_d$ , выражаемый в метрах, рассчитывается по следующей формуле:

$$H_d = \frac{v^2}{2g}$$

где:  $v$  = скорость жидкости в точке измерения, в м/с  
 $g$  = ускорение свободного падения (9,81), в м/с<sup>2</sup>  
 $2g = 2 \times 9,81 = 19,62$  м/с<sup>2</sup>

Коррекция напора осуществляется путем получения разности динамического напора на напорном и всасывающем патрубках насоса. При измерении на отверстиях одинакового диаметра и при одинаковой скорости течения жидкости, коррекция будет равна нулю.

В погружных лопастных насосах достаточно во время работы измерить напор на напорном патрубке насоса. В этом случае напор насоса измеряется путем сложения показания динамического напора (на подаче) и разности уровней свободной поверхности забираемой жидкости и манометра.

### ИЗМЕНЕНИЕ НАПОРА НАСОСА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Производительность насоса напрямую зависит от скорости вращения электродвигателя насоса, выраженной в об/мин ( $n$ ). При условии отсутствия кавитации, можно использовать закон подобия, который выражается следующим образом:

$$Q_x = Q \times \frac{n_x}{n}$$

$$H_x = H \times \left(\frac{n_x}{n}\right)^2$$

$$P_{2-x} = P_2 \times \left(\frac{n_x}{n}\right)^3$$

Например, при увеличении числа оборотов ( $n_x$ ) в два раза получаем:

$Q_x$  = расход увеличивается в два раза

$H_x$  = напор увеличивается в 4 раза

$P_{2-X}$  = потребляемая мощность увеличивается в 8 раз

$Q - H - P_2$  - это значения при скорости  $n$

$Q_x - H_x - P_{2-X}$  - это значения при скорости  $n_x$ .

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСОВ

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
$P_1$ : МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ ДВИГАТЕЛЕМ, кВт.
$P_2$ : МОЩНОСТЬ, ПЕРЕДАВАЕМАЯ ДВИГАТЕЛЕМ, кВт или л.с.
$V$ (В) ~ = НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ.
Hz (Гц) = ЧАСТОТА.
$I$ = НОМИНАЛЬНЫЙ ТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, А.
$\cos\varphi$ = КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ.
$n^{1/min}$ = СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ В ОБ/МИН.
$\eta$ = КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ПЕРЕДАВАЕМОЙ И ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ $P_2/P_1$ ).
$p$ = КОЛИЧЕСТВО ПАР ПОЛЮСОВ СТАТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.
$C_n$ = НОМИНАЛЬНЫЙ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ ДВИГАТЕЛЯ.

#### СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ

Скорость вращения на холостом ходу одно- или трехфазного асинхронного электродвигателя рассчитывается по формуле:

$$n^{1/min} = \frac{120 \times \text{Hz}}{p}$$

Скорость вращения на холостом ходу  $n^{1/min}$

ЧАСТОТА Гц	2 ПОЛЮСА	4 ПОЛЮСА
50	3000	1500
60	3600	1800

Скорость вращения при полной нагрузке на 2 – 7 % ниже скорости вращения на холостом ходу (сдвиг 2 – 7 %).

#### ПОТРЕБЛЯЕМЫЙ ТОК

Однофазный:  $I = \frac{1000 \times P_2 \text{ (кВт)}}{V \times \cos\varphi \times \eta}$  или:  $I = \frac{736 \times P_2 \text{ (л.с.)}}{V \times \cos\varphi \times \eta}$

Трехфазный:  $I = \frac{1000 \times P_2 \text{ (кВт)}}{1,73 \times V \times \cos\varphi \times \eta}$  или:  $I = \frac{736 \times P_2 \text{ (л.с.)}}{1,73 \times V \times \cos\varphi \times \eta}$

#### ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ

Однофазный:  $P_1 \text{ (кВт)} = \frac{V \times I \times \cos\varphi}{1000}$

Трехфазный:  $P_1 \text{ (кВт)} = \frac{1,73 \times V \times I \times \cos\varphi}{1000}$

#### МОЩНОСТЬ, ПЕРЕДАВАЕМАЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Однофазный:  $P_2 \text{ (кВт)} = \frac{V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{1000}$  или:  $P_2 \text{ (л.с.)} = \frac{V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{736}$

Трехфазный:  $P_2 \text{ (кВт)} = \frac{1,73 \times V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{1000}$  или:  $P_2 \text{ (л.с.)} = \frac{1,73 \times V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{736}$

#### КПД

$$\eta = \frac{P_2 \text{ (кВт)}}{P_1 \text{ (кВт)}}$$

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ

$$\text{Однофазный: } \cos\varphi = \frac{P_2 (\text{кВт}) \times 1000}{V \times I \times \eta} \quad \text{или: } \cos\varphi = \frac{P_1 (\text{кВт}) \times 1000}{V \times I}$$

$$\text{Трёхфазный: } \cos\varphi = \frac{P_2 (\text{кВт}) \times 1000}{1,73 \times V \times I \times \eta} \quad \text{или: } \cos\varphi = \frac{P_1 (\text{кВт}) \times 1000}{1,73 \times V \times I}$$

### КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ

$$C_n = \frac{P_2 (\text{кВт}) \times 1000}{1,027 \times n^{1/\text{min}}} \quad \text{в кгм}$$

$$C_n = \frac{P_2 (\text{л.с.}) \times 736}{1,027 \times n^{1/\text{min}}} \quad \text{в кгм}$$

$$C_n = \frac{702 \times \text{л.с.}}{n^{1/\text{min}}} \quad \text{в деканьютон-метрах}$$

### ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ кВт и л.с.

$$1 \text{ л.с.} = 0,736 \text{ кВт}$$

$$1 \text{ кВт} = 1,36 \text{ л.с.}$$

$$\frac{\text{л.с.}}{1,36} = \text{кВт}$$

$$\text{кВт} \times 1,36 = \text{л.с.}$$

### ПУСКОВОЙ ТОК (IST)

Пусковой ток (при запуске) электродвигателя в 4 – 8 раз выше номинального, в зависимости от мощности электродвигателя.

$$I_{sp} = I_n \times 4 \div 8$$

### ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДЕНСАТОРОВ

Примерный ток, потребляемый конденсатором, рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{6,28 \times F \times C \times V}{1\,000\,000}$$

Где:

I = ток в Амперах, потребляемый конденсатором.

F = частота в Гц.

C = емкость конденсатора в мкФ.

V = напряжение питания.

Пример:

Ток, потребляемый конденсатором емкостью 14 мкФ, подключенным к источнику питания 220 В – 50 Гц:

$$I = \frac{6,28 \times 50 \times 14 \times 220}{1\,000\,000} = 0,96 \text{ А}$$

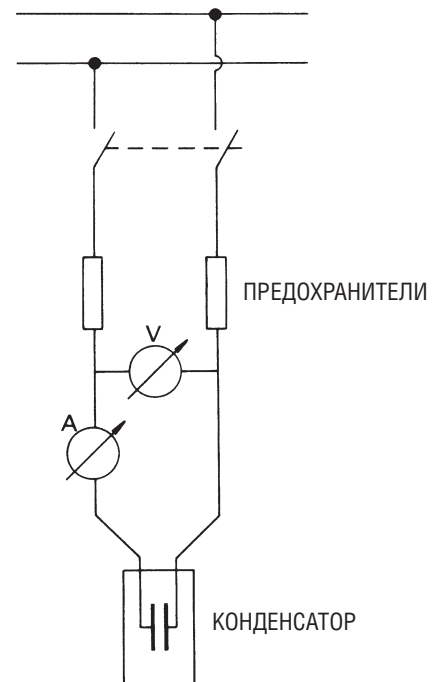
Примерная емкость конденсатора определяется по формуле:

$$C = \frac{I}{6,28 \times F \times V} \times 1\,000\,000$$

Пример:

Емкость конденсатора, потребляющего ток 1,4 ампера, подключенного к источнику питания 220 В – 50 Гц:

$$C = \frac{1,4}{6,28 \times 50 \times 220} \times 1\,000\,000 = 20,2 \text{ мкФ}$$



### ЗАПУСК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО СХЕМЕ «ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК»

Электродвигатель с обмотками, соединенными по схеме «треугольник», запускается по схеме «звезда». Ток и пусковой момент снижаются на 1/3 по сравнению со значениями при подключении обмоток по схеме «треугольник».

### ЗАЩИТА

Для защиты от перегрузки и выхода электродвигателя насоса из строя рекомендуется подключать их к сети электропитания при помощи трехфазных термомангнитных автоматических выключателей, соответствующих действующим нормам.

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### ТАБЛИЦА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ И СКОРОСТИ ЖИДКОСТИ

Данная таблица используется для вычисления гидравлических потерь и скорости жидкости:

РАСХОД			НОВЫЙ ОЦИНКОВАННЫЙ ТРУБОПРОВОД									
			НОМИНАЛЬНЫЕ ДИАМЕТРЫ: В ДЮЙМАХ И ММ									
л/с	л/мин	м³/ч	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	3"1/2	4"
			15,75	21,25	27	35,75	41,25	52,5	68	80,25	92,5	105
0,17	10	0,6	0,856	0,47	0,291							
			9,01	20,9	0,65							
0,25	15	0,9	1,284	0,705	0,4387	0,249				ФОРМУЛА ХАЗЕНА-ВИЛЬЯМСА (UNI 9489 13.3.3.6)		
			19,07	4,43	1,38	0,35						
0,33	20	1,2	1,712	0,94	0,582	0,332	0,25					
			32,47	7,55	2,35	0,6	0,3					
0,42	25	1,5	2,14	1,175	0,728	0,415	0,31					
			49,06	11,41	3,55	0,91	0,45					
0,5	30	1,8	2,568	1,411	0,874	0,498	0,37	0,23				
			68,74	15,98	4,98	1,27	0,63	0,2				
0,58	35	2,1	2,996	1,646	1,019	0,581	0,44	0,27				
			91,42	21,26	6,62	1,69	0,84	0,26				
0,67	40	2,4		1,881	1,165	0,664	0,5	0,31				
				27,22	8,48	2,16	1,08	0,33				
0,83	50	3		2,351	1,456	0,831	0,62	0,39	0,23			
				41,13	12,81	3,27	1,63	0,5	0,14			
1	60	3,6		2,821	1,747	0,997	0,75	0,46	0,28			
				57,63	17,95	4,58	2,28	0,7	0,2			
1,17	70	4,2		3,291	2,039	1,163	0,87	0,54	0,32	0,23		
				76,64	23,88	6,08	3,03	0,94	0,27	0,12		
1,33	80	4,8			2,33	1,329	1	0,62	0,37	0,26		
					30,57	7,79	3,88	1,2	34	0,15		
1,5	90	5,4			2,621	1,495	1,12	0,69	0,41	0,3		
					38,01	9,69	4,83	1,49	0,42	0,19		
1,67	100	6			2,912	1,661	1,25	0,77	0,46	0,33	0,25	
					46,19	11,77	5,86	1,81	0,51	0,23	0,11	
2,08	125	7,5			3,641	2,077	1,56	0,96	0,57	0,41	0,31	0,24
					69,79	17,79	8,86	2,74	0,78	0,35	0,17	0,09
2,5	150	9				2,492	1,87	1,16	0,69	0,49	0,37	0,29
						24,92	12,41	3,84	1,09	0,49	0,24	0,13
2,92	175	10,5				2,907	2,18	1,35	0,8	0,58	0,43	0,34
						33,15	16,51	5,1	1,45	0,65	0,32	0,17

Значение на белом фоне: гидравлические потери в м.в.с на каждые 100 м трубопровода

Значение на заливом фоне: скорость воды в м/с

Таблица составлена для оцинкованного трубопровода.

Для других материалов умножить значения на следующие коэффициенты:

- 0,6 для ПВХ трубы.
- 0,7 для алюминиевой трубы.
- 0,8 для трубы из нержавеющей стали.

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### ТАБЛИЦА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ И СКОРОСТИ ЖИДКОСТИ

Данная таблица используется для вычисления гидравлических потерь и скорости жидкости:

РАСХОД			НОВЫЙ ОЦИНКОВАННЫЙ ТРУБОПРОВОД									
			НОМИНАЛЬНЫЕ ДИАМЕТРЫ: В ДЮЙМАХ И ММ									
л/с	л/мин	м³/ч	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	3"1/2	4"	5"	6"	8"
			35,75	41,25	52,5	68	80,25	92,5	105	130	155	206
3,33	200	12	3,322	2,5	1,54	0,92	0,66	0,5	0,39	0,25		
			42,43	21,14	6,53	1,85	0,83	0,41	0,22	0,08		
4,17	250	15	4,156	3,12	1,93	1,15	0,82	0,62	0,48	0,31		
			64,12	31,94	9,87	2,8	1,25	1,63	0,34	0,12		
5	300	18		3,74	2,31	1,38	0,99	0,74	0,58	0,38	0,27	
				44,75	13,83	3,92	1,75	0,88	0,47	0,17	0,07	
6,67	400	24		4,99	3,08	1,84	1,32	0,99	0,77	0,5	0,35	
				76,2	23,55	6,68	2,98	1,49	0,8	0,28	0,12	
8,33	500	30			3,85	2,3	1,65	1,24	0,96	0,63	0,44	
					35,58	10,09	4,51	2,26	1,22	0,43	0,18	
10	600	36			4,62	2,75	1,98	1,49	1,16	0,75	0,53	0,3
					49,85	14,14	6,31	3,16	1,7	0,6	0,26	0,06
11,67	700	42				3,21	2,31	1,74	1,35	0,88	0,62	0,35
						18,81	8,4	4,2	2,27	0,8	0,34	0,09
13,33	800	48				3,67	2,64	1,99	1,54	1,01	0,71	0,4
						24,08	10,75	5,38	2,9	1,03	0,44	0,11
15	900	54				4,13	2,97	2,23	1,73	1,13	0,8	0,45
						29,94	13,37	6,69	3,61	1,28	0,54	0,14
16,67	1000	60				4,59	3,3	2,48	1,93	1,26	0,88	0,5
						36,39	16,24	8,13	4,39	1,55	0,66	0,16
20,83	1250	75					4,12	3,1	2,41	1,57	1,1	0,63
							24,54	12,29	6,63	2,34	0,99	0,25
25	1500	90					4,95	3,72	2,89	1,88	1,33	0,75
							34,39	17,22	9,29	3,28	1,39	0,35
29,17	1750	105						4,34	3,37	2,2	1,55	0,88
								22,9	12,35	4,37	1,85	0,46
33,33	2000	120						4,96	3,85	2,5	1,77	1
								29,31	15,81	5,59	2,37	0,59
41,67	2500	150							4,81	3,14	2,21	1,25
									23,89	8,44	3,59	0,9
50	3000	180								3,77	2,65	1,5
											11,83	5,02
66,67	4000	240								5,03	3,53	2
											20,15	8,55
83,33	5000	300									4,42	2,5
												12,93

Значение на белом фоне: гидравлические потери в м.в.с на каждые 100 м трубопровода

Значение на залитом фоне: скорость воды в м/с

Таблица составлена для оцинкованного трубопровода.

Для других материалов умножить значения на следующие коэффициенты:

- 0,6 для ПВХ трубы.
- 0,7 для алюминиевой трубы.
- 0,8 для трубы из нержавеющей стали.

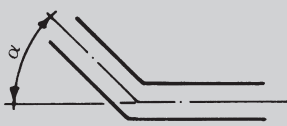
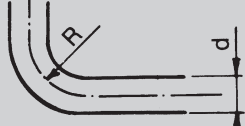


# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### ПОТЕРИ НАПОРА

в см водяного столба в изгибах, задвижках и донных обратных клапанах

СКОРОСТЬ ВОДЫ В м/с	ОСТРОУГОЛЬНЫЕ ИЗГИБЫ					ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ИЗГИБЫ					ЗАДВИЖКА	ДОННЫЙ ОБРАТНЫЙ КЛАПАН	ОБРАТНЫЙ КЛАПАН	ПОТЕРИ НАПОРА НА ВЫХОДЕ ИЗ ТРУБЫ V:2G
														
	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 40^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 80^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\frac{d}{R} = 0,4$	$\frac{d}{R} = 0,6$	$\frac{d}{R} = 0,8$	$\frac{d}{R} = 1$	$\frac{d}{R} = 1,5$				
0,10	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,07	0,08	0,01	0,0155	0,027	0,03	30	30	0,05
0,15	0,06	0,73	0,1	0,14	0,17	0,016	0,019	0,024	0,033	0,06	0,033	31	31	0,12
0,2	0,11	0,13	0,18	0,26	0,31	0,028	0,033	0,04	0,059	0,11	0,058	31	31	0,21
0,25	0,17	0,21	0,28	0,4	0,48	0,044	0,052	0,063	0,091	0,17	0,09	31	31	0,32
0,3	0,25	0,3	0,41	0,6	0,7	0,063	0,074	0,09	0,13	0,25	0,13	31	31	0,46
0,35	0,33	0,4	0,54	0,8	0,93	0,085	0,10	0,12	0,18	0,33	0,18	31	31	0,62
0,4	0,43	0,52	0,71	1,0	1,2	0,11	0,13	0,16	0,23	0,43	0,23	32	31	0,82
0,5	0,67	0,81	1,1	1,6	1,9	0,18	0,21	0,26	0,37	0,67	0,37	33	32	1,27
0,6	0,97	1,2	1,6	2,3	2,8	0,25	0,29	0,36	0,52	0,97	0,52	34	32	1,84
0,7	1,35	1,65	2,2	3,2	3,9	0,34	0,40	0,48	0,70	1,35	0,7	35	32	2,5
0,8	1,7	2,1	2,8	4,0	4,8	0,45	0,53	0,64	0,93	1,7	0,95	36	33	3,3
0,9	2,2	2,7	6	5,2	6,2	0,57	0,67	0,82	1,18	2,2	1,2	37	34	4,2
1,0	2,7	3,3	4,5	6,4	7,6	0,7	0,82	1,0	1,45	2,7	1,45	38	35	5,1
1,5	6,0	7,3	10,0	14,0	17,0	1,6	1,9	2,3	3,3	6,0	3,3	47	40	11,5
2,0	11,0	14,0	18,0	26,0	31,0	2,8	3,3	4,0	5,8	11,0	5,8	61	48	20,4
2,5	17,0	21,0	28,0	40,0	48,0	4,4	5,2	6,3	9,1	17,0	9,1	78	58	32,0
3,0	25,0	30,0	41,0	60,0	70,0	6,3	7,4	9,0	13,0	25,0	13,0	100	71	46,0
3,5	33,0	40,0	55,0	78,0	93,0	8,5	10,0	12,0	18,0	33,0	18,0	123	85	62,0
4,0	43,0	52,0	70,0	100,0	120,0	11,0	13,0	16,0	23,0	42,0	23,0	150	100	82,0
4,5	55,0	67,0	90,0	130,0	160,0	14,0	21,0	26,0	37,0	55,0	37,0	190	120	103,0
5,0	67,0	82,0	110,0	160,0	190,0	18,0	29,0	36,0	52,0	67,0	52,0	220	140	127,0

v = скорость воды в м/с

d = диаметр трубы в метрах

h = потери напора в см водяного столба на каждый метр длины трубы рассчитываются по формуле Ланга:

$$h = \lambda \times \frac{100}{d} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,0018}{\sqrt{v \times d}}$$

Потери напора в изгибах обусловлены сужением потока жидкости при изменении направления движения (поэтому кривые должны рассчитываться с учетом всей длины трубопровода); потери напора в задвижках определялись опытным путем.

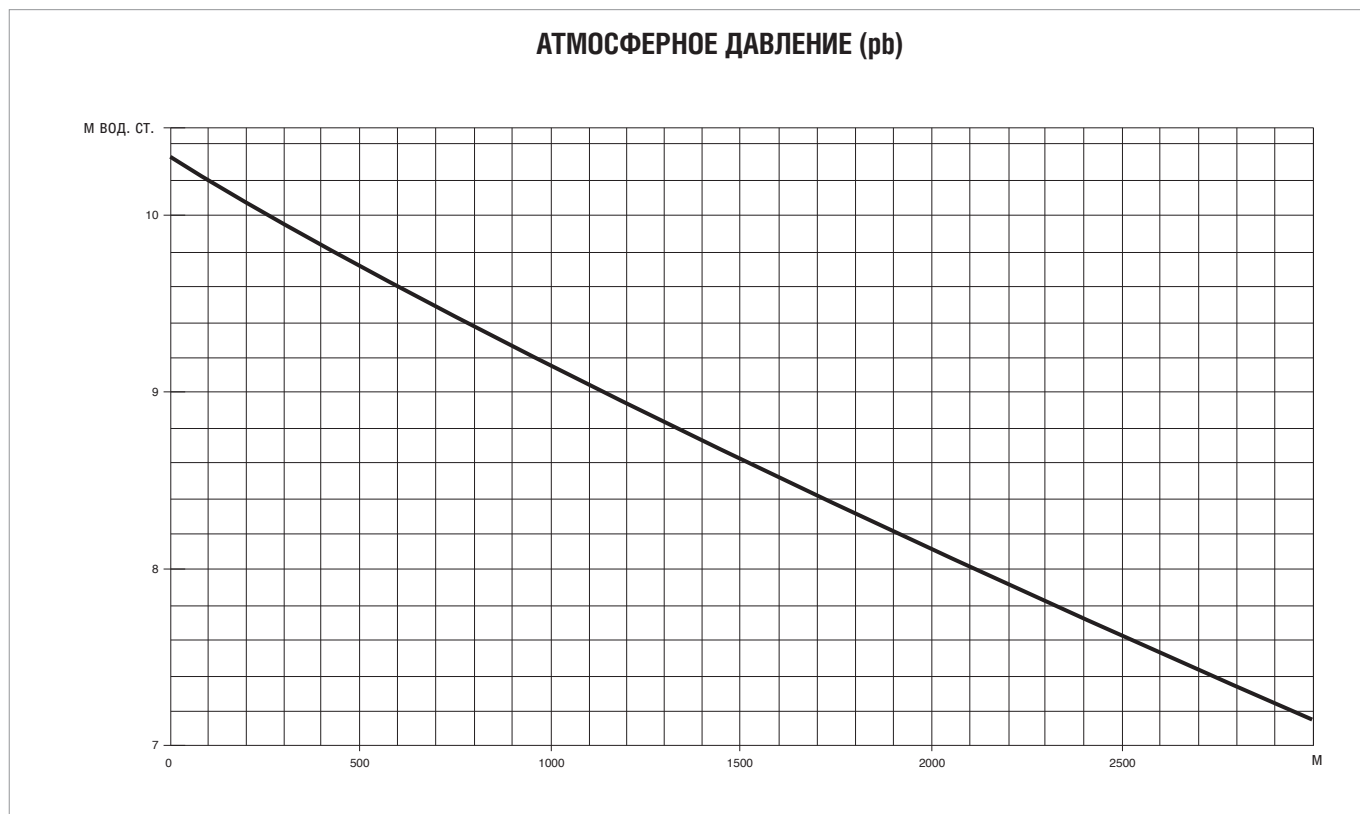
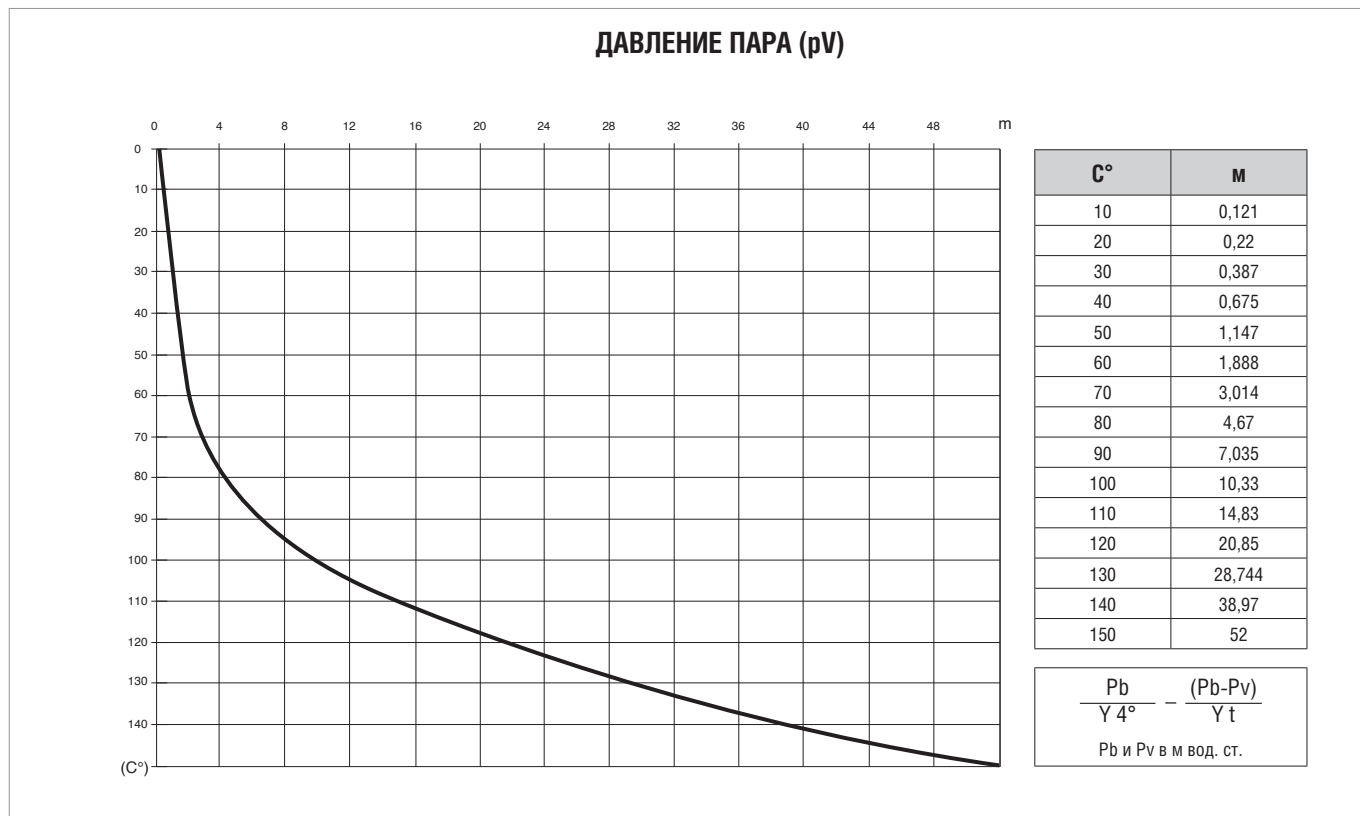
Потери напора в задвижках и прямоугольных изгибах эквивалентны потерям в прямом трубопроводе длиной 5 м, при этом потери в обратных клапанах эквивалентны потерям в 15-метровом трубопроводе.

Значения указаны для труб с совершенно гладкой внутренней поверхностью. В случае загрязненных или ржавых труб необходимо внести соответствующие поправки.

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

## ЗАВИСИМОСТЬ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ И ПЛОТНОСТИ ВОДЫ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ



# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

### ТАБЛИЦА ПЕРЕВОДА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА	СИСТЕМА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ПЕРЕВОД		
				СИСТЕМА	МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА (СИ)	АНГЛИЙСКАЯ СИСТЕМА
ДЛИНА	Техническая и международная	метр дециметр сантиметр миллиметр	м дм см мм	1 дм = 0,1 м 1 см = 0,01 м 1 мм = 0,001 м		1 м = 3,28 фута 1 дм = 3,937 дюйма 1 см = 0,3937 дюйма
	Английская	дюйм фут ярд	1", дюйм 1', фут ярд	1" = 25,4 мм 1' фут = 0,3048 м 1 ярд = 0,9144 м		1 фут = 12" 1 ярд = 3 фута = 36"
ПЛОЩАДЬ	Техническая и международная	метры квадратные сантиметры квадратные миллиметры квадратные	м <sup>2</sup> см <sup>2</sup> мм <sup>2</sup>	1 см <sup>2</sup> = 0,0001 м <sup>2</sup> 1 мм <sup>2</sup> = 0,01 см <sup>2</sup>		1 м <sup>2</sup> = 1,196 кв. ярда 1 м <sup>2</sup> = 10,764 кв. фута 1 см <sup>2</sup> = 0,155 кв. дюйма
	Английская	квадратные дюймы квадратные футы квадратные ярды	кв. дюйм кв. фут кв. ярд	1 кв. дюйм = 6,45 см <sup>2</sup> 1 кв. фут = 0,0929 м <sup>2</sup> 1 кв. ярд = 0,836 м <sup>2</sup>		1 кв. фут = 144 кв. дюйма 1 кв. ярд = 1 296 кв. дюймов 1 кв. ярд = 9 кв. футов
ОБЪЕМ	Техническая и международная	метры кубические сантиметры кубические миллиметры кубические литры	м <sup>3</sup> см <sup>3</sup> мм <sup>3</sup> л	1 м <sup>3</sup> = 1000 дм <sup>3</sup> 1 см <sup>3</sup> = 0,001 м = 1,000 см <sup>3</sup> 1 мм <sup>3</sup> = 0,001 дм <sup>3</sup> 1 л = дм <sup>3</sup>		1 дм <sup>3</sup> = 0,22 брит. галлона 1 дм <sup>3</sup> = 0,264 амер. галлона 1 дм <sup>3</sup> = 61,0 куб. дюйм
	Английская	кубический дюйм кубический фут британские галлоны американские галлоны	куб. дюйм куб. фут брит. галлон амер. галлон	1 куб. дюйм = 16,39 см <sup>3</sup> 1 куб. фут = 28,34 м <sup>3</sup> 1 брит. галлон = 4,546 м <sup>3</sup> 1 амер. галлон = 3,785 дм <sup>3</sup>		1 брит. галлон = 1,201 амер. галлона 1 амер. галлон = 0,833 брит. галлона
ТЕМПЕРАТУРА	Техническая и международная	градусы Цельсия градусы Кельвина	°C °K	°C = °K - 273 °K = °C + 273		°C = 5/9 x (°F - 32) °K = 5/9 x (°F - 32) + 273
	Английская	градусы Фаренгейта	°F	°F = 9/5 x °C + 32		-
температура замерзания воды при атмосферном давлении:				000 °C = 273 °K = 032 °F		
температура кипения воды при атмосферном давлении:				100 °C = 373 °K = 212 °F		
ВЕС И СИЛА	Техническая	килограмм	кг	-	1 кг = 9,81 Н	1 кг = 2,203 фунта
	Международная	ньютон	Н	1 Н = 0,102 кг	-	1 Н = 0,22546 фунта
	Английская	фунт	фунт	1 фунт = 0,454 кг	1 фунт = 4,452 Н	-
УДЕЛЬНЫЙ ВЕС	Техническая	килограмм на дециметр кубический	кг/дм <sup>3</sup>	-	1 кг/дм <sup>3</sup> = 9,807 Н/дм <sup>3</sup>	1 кг/дм <sup>3</sup> = 62,46 фунта/куб. фут
	Международная	ньютон на дециметр кубический	Н/дм <sup>3</sup>	1 Н/дм <sup>3</sup> = 0,102 кг/дм <sup>3</sup>	-	1 Н/дм <sup>3</sup> = 6,36 фунта/куб. фут
	Британская	фунт на кубический фут	фунт/куб. фут	1 фунт/куб. фут = 0,01600 кг/дм <sup>3</sup>	1 фунт/куб. фут = 0,160 Н/дм <sup>3</sup>	-
ДАВЛЕНИЕ	Техническая	атмосферы	кг/см <sup>2</sup>	-	1 кг/см <sup>2</sup> = 98,067 кПа 1 кг/см <sup>2</sup> = 0,9807 бар	1 кг/см <sup>2</sup> = 14,22 фунт/кв.дюйм
	Международная	паскаль килопаскаль бар	Па кПа бар	1 кПа = 0,0102 кг/см <sup>2</sup> 1 бар = 1,02 кг/см <sup>2</sup>	1 кПа = 1 000 Па 1 бар = 100 000 Па	1 кПа = 0,145 фунт/кв.дюйм 1 бар = 14,50 фунт/кв.дюйм
	Английская	фунты на квадратный дюйм	фунт/кв.дюйм	1 фунт/кв.дюйм = 0,0703 кг/см <sup>2</sup>	1 фунт/кв.дюйм = 0,06895 бар 1 фунт/кв.дюйм = 6,894 кПа	-
РАСХОД	Техническая	литры в минуту литры в секунду метры кубические в час	л/мин л/с м <sup>3</sup> /ч	1 л/мин = 0,0167 л/с 1 л/с = 3,6 м <sup>3</sup> /ч 1 м <sup>3</sup> /ч = 16,667 л/мин	1 л/с = 0,001 м <sup>3</sup> /с	1 л/мин = 0,22 брит. галлона в мин 1 л/мин = 0,264 амер. галлона в мин 1 м <sup>3</sup> /ч = 3,666 брит. галлона в мин 1 м <sup>3</sup> /ч = 4,403 амер. галлона в мин
	Международная	метры кубические в секунду	м <sup>3</sup> /с	1 м <sup>3</sup> /с = 1 000 л/с 1 м <sup>3</sup> /с = 3 600 м <sup>3</sup> /ч	-	1 м <sup>3</sup> /с = 13,198 брит. галлона в мин 1 м <sup>3</sup> /с = 15,852 амер. галлона в мин
	Английская	британские галлоны в минуту американские галлоны в минуту	брит. галл./мин амер. галл./мин	1 брит. галл./мин = 4,546 л/мин 1 брит. галл./мин = 0,273 м <sup>3</sup> /ч 1 амер. галл./мин = 3,785 л/мин 1 амер. галл./мин = 0,227 м <sup>3</sup> /ч	-	1 брит. галл./мин = 1,201 амер. галл./мин 1 амер. галл./мин = 0,833 брит. галл./мин
КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	Техническая	килограмм метр	кгм	-	1 кгм = 9,807 Нм	1 кгм = 7,233 футо-фунта
	Международная	ньютон метр	Нм	1 Нм = 0,102 кгм	-	1 Нм = 0,7376 футо-фунта
	Английская	футо-фунт	футо-фунт	1 футо-фунт = 0,138 кгм	1 футо-фунт = 1,358 Нм	-
РАБОТА И ЭНЕРГИЯ	Техническая	килограмм метр паровая лошадиная сила в час	кгм пар. л.с.-ч	-	1 кгм = 9,807 Дж 1 пар. л.с.-ч = 0,736 кВт-ч	1 кгм = 7,233 футо-фунта 1 Нм = 0,986 л.с.-ч
	Международная	джоуль киловатт в час	Дж кВт-ч	1 Дж = 0,102 кгм кВт-ч = 1,36 пар. л.с.-ч	-	1 Нм = 0,7376 футо-фунта 1 Нм = 0,7376 футо-фунта
	Английская	футо-фунт лошадиная сила в час	футо-фунт л.с.-ч	1 футо-фунт = 0,138 кгм 1 л.с.-ч = 1,014 пар. л.с.-ч	1 футо-фунт = 0,358 Нм 1 л.с.-ч = 0,746 кВт-ч	-
МОЩНОСТЬ	Техническая	лошадиная сила	л.с.	1 л.с. = 0,736 кВт	1 л.с. = 736 Вт	-
	Международная	ватт киловатт	Вт кВт	1 Вт = 0,00136 л.с. 1 кВт = 1,36 л.с.	1 кВт = 1 000 Вт	-
КИНЕТИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ	Техническая	стокс сантисктокс	1 Ст 1 сСт	1 Ст = 1 см <sup>2</sup> /с 1 сСт = 0,01 Ст	1 Ст = 0,0001 м <sup>2</sup> /с	1 Ст = 0,0001 фут <sup>2</sup> /с
	Международная	м <sup>2</sup> /с	м <sup>2</sup> /с	1 м <sup>2</sup> /с = 10 000 Ст	1 м <sup>2</sup> /с = 10 000 см <sup>2</sup> /с	1 м <sup>2</sup> /с = 10,764 фут <sup>2</sup> /с
	Английская	квадратные футы в секунду	фут <sup>2</sup> /с	1 фут <sup>2</sup> /с = 929 Ст	1 фут <sup>2</sup> /с = 0,0929 м <sup>2</sup> /с	-