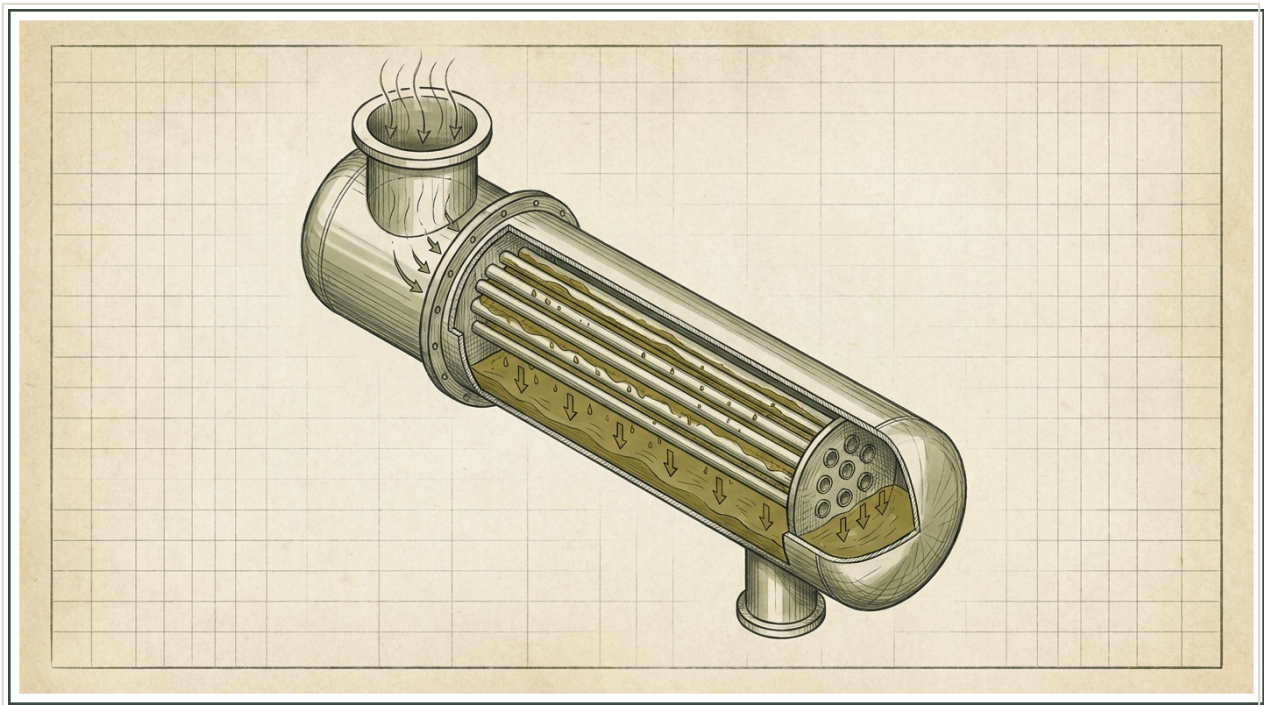


Свойства водяного пара: таблицы насыщения

справочные таблицы · теплофизика

Таблицы насыщенного водяного пара: давление, температура насыщения, энтальпии и скрытая теплота, расчёт расхода пара в теплообменнике и пересчёт избыточного давления.



Насыщенный пар: скрытая теплота конденсации — основа мощности парового аппарата

Пар считают не как воду, и в этом типовая ловушка. Главное тепло пар отдаёт не остыванием, а конденсацией: при переходе из пара в воду при одной и той же температуре высвобождается скрытая теплота парообразования — сотни килоджоулей на килограмм. Именно поэтому паровой подогреватель на порядок компактнее водяного той же мощности. Чтобы посчитать такой аппарат, нужны таблицы насыщенного пара: давление, температура насыщения, энтальпии и скрытая теплота. Они здесь, в рабочем диапазоне промышленных систем.

Коротко

В теплообменнике пар отдаёт в основном скрытую теплоту r : при 3 бар(абс) это ≈ 2164 кДж/кг против $\sim 4,19$ кДж/(кг·К) у воды. Мощность аппарата определяет расход пара и величина r , а не перепад температур.

1. Таблица насыщенного пара по давлению

Абсолютное давление, соответствующая ему температура насыщения (кипения) и теплосодержание. h' — энтальпия кипящей воды, h'' — энтальпия сухого насыщенного пара, $r = h'' - h'$ — скрытая теплота парообразования, ради которой пар и применяют.

Р абс., бар	t насыщ., °C	h' воды, кДж/кг	h'' пара, кДж/кг	r , кДж/кг	ρ'' пара, кг/м³
0,5	81,3	340	2645	2305	0,309

Р абс., бар	t насыщ., °C	h' воды, кДж/кг	h'' пара, кДж/кг	r, кДж/кг	ρ'' пара, кг/м³
1,0	99,6	417	2675	2258	0,590
1,5	111,4	467	2693	2226	0,863
2,0	120,2	505	2707	2202	1,129
3,0	133,5	561	2725	2164	1,651
4,0	143,6	605	2738	2133	2,163
5,0	151,8	640	2749	2109	2,669
6,0	158,8	670	2757	2087	3,170
8,0	170,4	721	2769	2048	4,162
10,0	179,9	763	2778	2015	5,145

2. Как считают паровой теплообменник

Расход пара находят из тепловой нагрузки и того, что именно пар отдаёт. Если конденсат отводится при температуре насыщения (без переохлаждения), считают только по скрытой теплоте:

$$D = Q / r = 3000000 / 2164000 \approx 0,139 \text{ кг/с} \approx 500 \text{ кг/ч}$$

$Q = 300 \text{ кВт}$; $r = 2164 \text{ кДж/кг}$ — скрытая теплота при 3 бар(абс)

Если конденсат дополнительно переохлаждают в том же аппарате, к скрытой теплоте добавляют тепло охлаждения конденсата $c \cdot \Delta t$, и расход пара немного снижается.

Температурный напор для пара считают от постоянной t насыщения — греющая сторона изотермична.

Частая ошибка

Считать паровой подогреватель по перепаду температур пара, как для воды. Пар конденсируется при постоянной температуре — движущая сила есть, а «остывания пара» как основного механизма нет. Мощность даёт скрытая теплота, а не Δt пара.

3. Температура насыщения по избыточному давлению

На манометрах котельной обычно избыточное давление (изб. = абс. – 1 бар). Пересчёт под рукой:

Р изб., бар	Р абс., бар	t насыщ., °C
0	1,0	99,6
1	2,0	120,2
2	3,0	133,5
3	4,0	143,6
4	5,0	151,8
5	6,0	158,8
7	8,0	170,4

4. Частые вопросы

Что такое скрытая теплота парообразования?

Энергия, которую пар отдаёт при конденсации без изменения температуры. При 1 бар(абс) это ≈ 2258 кДж/кг — в разы больше, чем можно снять остыванием воды, поэтому пар так эффективен как теплоноситель.

Почему паровой теплообменник компактнее водяного?

За счёт скрытой теплоты один килограмм пара переносит энергии как несколько десятков килограммов остывающей на 25 °С воды. Плюс при конденсации коэффициент теплоотдачи очень высок — площадь мала.

Какое давление пара выбрать?

От нужной температуры нагрева: t насыщения должна быть выше целевой на температурный напор 10–30 °С. Для нагрева до 90–110 °С обычно берут пар 2–4 бар(абс).

5. Глоссарий

Термин	Определение
Температура насыщения	Температура кипения/конденсации при данном давлении; на ней пар конденсируется, отдавая скрытую теплоту.
Скрытая теплота (r)	Теплота фазового перехода пар→вода при постоянной температуре, кДж/кг; основной источник мощности парового аппарата.
Энтальпия	Теплосодержание среды, кДж/кг; h' — для кипящей воды, h'' — для сухого насыщенного пара.



Не уверены в расчёте — спросите инженера

Онлайн-подбор, методики и таблицы: msmteplo.ru

Инженер-консультант онлайн: [задать вопрос](#)

Телефон: 8 (800) 302-58-75 · E-mail: zakaz@msmteplo.ru

МСМ-ТЕПЛО — устройство, расчёт и подбор теплообменного оборудования.

Наведите камеру телефона на QR — откроется онлайн-консультант.

Темы документа: водяной пар свойства, таблица насыщения, энтальпия, скрытая теплота, давление, температура