Свойства насыщенного пара

Что это такое и как ими пользоваться

Численные значения параметров теплоты, а также взаимосвязь между температурой и давлением, приведенные в настоящем Руководстве, взяты из Таблицы “Свойства насыщенного пара”.

Определение применяемых терминов

Насыщенный пар

Чистый пар, температура которого соответствует температуре кипения воды при данном давлении.

Абсолютное давление

Абсолютное давление пара в бар.

Зависимость между температурой и давлением

Каждому значению давления чистого пара соответствует определенная температура. Например: температура чистого пара при давлении 10 бар всегда ровна 180°C.

Удельный объём пара

Объём пара, приходящийся на единицу его массы в м^3/кг.

Теплота кипящей жидкости

Количество тепла, которое требуется, чтобы повысить температуру килограмма воды от 0°C до точки кипения при давлении и температуре, указанных в Таблице. Выражается в ккал/кг.

Скрытая теплота парообразования

Количество тепла в ккал/кг, необходимое для превращения одного килограмма воды при температуре кипения в килограмм пара. При конденсации одного килограмма пара в килограмм воды высвобождает такое же самое количество теплоты. Как видно из Таблицы, для каждого сочетания давления и температуры величина этой теплоты будет разной.

Полная теплота насыщенного пара

Сумма теплоты кипящей жидкости и скрытой теплоты парообразования в ккал/кг. Она соответствует полной теплоте, содержащейся в паре с температурой выше 0°C.

Как пользоваться таблицей

Кроме определения зависимости между давлением и температурой пара Вы, также, можете вычислить количество пара, которое превратится в конденсат в любом теплообменнике, если известно передаваемое им количество теплоты в ккал. И наоборот, Таблицу можно использовать для определения количества переданной теплообменником теплоты, если известен расход образующегося конденсата.

1 Абсолют. давление бар	2 Температ. пара °C	3 Уд.объем пара м^3/кг	4 Плотность пара кг/м^3	5 Теплота жидкости ккал/кг	6 Скрытая теплота парообразования ккал/кг	7 Полная теплота пара ккал/кг
P	t	V	γ	q	r	X=q+r
0,010	7,0	129,20	0,007739	7,0	593,5	600,5
0,020	17,5	67,01	0,01492	17,5	587,6	605,1
0,030	24,1	45,67	0,02190	24,1	583,9	608,0
0,040	29,0	34,80	0,02873	28,9	581,2	610,1
0,050	32,9	28,19	0,03547	32,9	578,9	611,8
0,060	36,2	23,47	0,04212	36,2	577,0	613,2
0,070	39,0	20,53	0,04871	39,0	575,5	614,5
0,080	41,5	18,10	0,05523	41,5	574,0	615,5
0,090	43,8	16,20	0,06171	43,7	572,8	616,5
0,10	45,8	14,67	0,06814	45,8	571,8	617,6
0,20	60,1	7,650	0,1307	60,1	563,3	623,4
0,30	69,1	5,229	0,1912	69,1	558,0	627.1
0,40	75,9	3,993	0,2504	75,8	554,0	629,8
0,50	81,3	3,240	0,3086	81,3	550,7	632,0
0,60	86,0	2,732	0,3661	85,9	547,9	633,8
0,70	90,0	2,365	0,4229	89,9	545,5	635,4
0,80	93,5	2,087	0,4792	93,5	543,2	636,7
0,90	96,7	1,869	0,5350	96,7	541,2	637,9
1,00	99,6	1,694	0,5904	99,7	539,3	639,0
1,5	111,4	1,159	0,8628	111,5	531,8	643,3
2,0	120,2	0,8854	1,129	120,5	525,9	646,4
2,5	127,4	0,7184	1,392	127,8	521,0	648,8
3,0	133,5	0,6056	1,651	134,1	516,7	650,8
3,5	138,9	0,5240	1,908	139,5	512,9	652,4
4,0	143,6	0,4622	2,163	144,4	509,5	653,9
4,5	147,9	0,4138	2,417	148,8	506,3	655,1
5,0	151,8	0,3747	2,669	152,8	503,4	656,2
6,0	158,8	0,3155	3,170	160,1	498,0	658,1
7,0	164,9	0,2727	3,667	166,4	493,3	659,7
8,0	170,4	0,2403	4,162	172,2	488,8	661,0
9,0	175,4	0,2148	4,655	177,3	484,8	662,1
10	179,9	0,1943	5,147	182,1	481,0	663,1
11	184,1	0,1774	5,637	186,5	477,4	663,9
12	188,0	0,1632	6,127	190,7	473,9	664,6
13	191,6	0,1511	6,617	194,5	470,8	665,3
14	195,0	0,1407	7,106	198,2	467,7	665,9
15	198,3	0,1317	7,596	201,7	464,7	666,4
16	201,4	0,1237	8,085	205,1	461,7	666,8
17	204,3	0,1166	8,575	208,2	459,0	667,2
18	207,1	0,1103	9,065	211,2	456,3	667,5
19	209,8	0,1047	9,555	214,2	453,6	667,8
20	212,4	0,09954	10,05	217,0	451,1	668,1
25	223,9	0,07991	12,51	229,7	439,3	669,0
30	233,8	0,06663	15,01	240,8	428,5	669,3
40	250,3	0,04975	20,10	259,7	409,1	668,8
50	263,9	0,03943	25,36	275,7	391,7	667,4
60	275,6	0,03244	30,83	289,8	375,4	665,2
70	285,8	0,02737	36,53	302,7	359,7	662,4
80	295,0	0,02353	42,51	314,6	344,6	659,2
90	303,3	0,02050	48,79	325,7	329,8	655,5
100	311,0	0,01804	55,43	336,3	315,2	651,5
110	318,1	0,01601	62,48	346,5	300,6	647,1
120	324,7	0,01428	70,01	356,3	286,0	642,3
130	330,8	0,01280	78,14	365,9	271,1	637,0
140	336,6	0,01150	86,99	375,4	255,7	631,1
150	342,1	0,01034	96,71	384,7	239,9	624,6
200	365,7	0,005877	170,2	436,2	141,4	577,6

1 ккал = 4,186 кдж
1 кдж = 0,24 ккал
1 бар = 0,102 МПа

ПАР ВТОРИЧНОГО ВСКИПАНИЯ

Что такое пар вторичного вскипания:

Когда горячий конденсат или воду из котла, находящиеся под определенным давлением, выпускают в пространство, где действует меньшее давление, часть жидкости вскипает и превращается в так называемый пар вторичного вскипания.

Почему он имеет важное значение :

Этот пар важен потому, что в нем содержится определенное количество теплоты, которая может быть использована для повышения экономичности работы предприятия, т.к. в противном случае она будет безвозвратно потеряна. Однако, чтобы получить пользу от пара вторичного вскипания, нужно знать, как и в каком количестве он образуется в конкретных условиях.

Как он образуется :

Если воду нагревать при атмосферном давлении, ее температура будет повышаться, пока не достигнет 100°C – самой высокой температуры, при которой вода может существовать при данном давлении в виде жидкости. Дальнейшее добавление теплоты не повышает температуру воды, а превращает ее в пар. Теплота, поглощенная водой в процессе повышения температуры до точки кипения, называется физической теплотой или теплосодержанием. Теплота, необходимая для превращения воды в пар при температуре точки кипения, называется скрытой теплотой парообразования. Единицей теплоты, в общем случае, является килокалория (ккал), которая равна количеству тепла, необходимому для повышения температуры одного килограмма воды на 1°C при атмосферном давлении.

Однако, если воду нагревать при давлении выше атмосферного, ее точка кипения будет выше 100°C, в силу чего увеличится также и количество требуемой физической теплоты. Чем выше давление, тем выше температура кипения воды и ее теплосодержание. Если давление понижается, то теплосодержание также уменьшается и температура кипения воды падает до температуры, соответствующей новому значению давления.

Это значит, что определенное количество физической теплоты высвобождается. Эта избыточная теплота будет поглощаться в форме скрытой теплоты парообразования, вызывая вскипание части воды и превращение ее в пар. Примером может служить выпуск конденсата из конденсатоотводчика или выпуск воды из котла при продувке. Количество образующегося при этом пара можно вычислить.

Конденсат при температуре пара и давлении 10 бар обладает теплотой в количестве 182,1 ккал/кг. См. Колонку 5 таблицы параметров пара. Если его выпускать в атмосферу, т.е. при абсолютном давлении 1 бар, теплосодержание конденсата сразу же упадет до 99,7 ккал/кг. Избыток теплоты в количестве 82,3 ккал/кг вызовет вторичное вскипание части конденсата. Величину части конденсата в %, которая превратится в пар вторичного вскипания, определяют следующим образом :

Разделите разницу между теплосодержанием конденсата при большем и при меньшем давлениях на величину скрытой теплоты парообразования при меньшем значении давления и умножьте результат на 100.

Выразив это в виде формулы, получим:

$$\%\text{пар вторичного вскипания} = \frac{q_1 - q_2}{r} \cdot 100$$

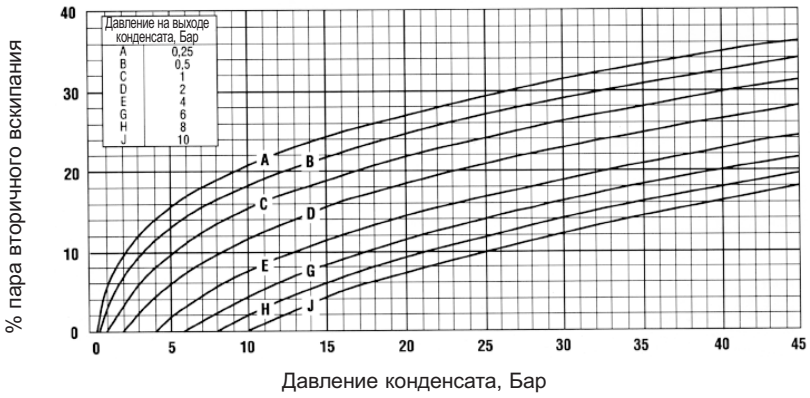
q_1 = теплота конденсата при большем значении давления до его выпуска

q_2 = теплота конденсата при меньшем значении давления, т.е. в пространстве, куда производится выпуск

r = скрытая теплота парообразования пара при меньшем значении давления, при котором производится выпуск конденсата.

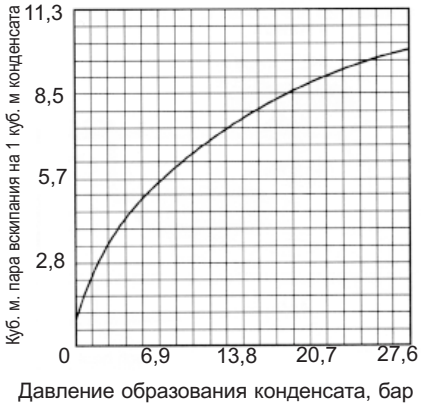
$$\text{\% пара вторичного вскипания} = \frac{182{,}1 - 99{,}7}{593{,}3} \cdot 100 = 15{,}3\%$$

График 5-1



Для упрощения расчетов, на графике показано количество пара вторичного вскипания, которое будет образовываться, если выпуск конденсата будет производиться при разных давлениях на выходе.

График 5-2 Объём пара вторичного вскипания при выпуске одного кубометра конденсата в систему с атмосферным давлением



Пар… основные понятия

Пар – это бесцветный газ, который вырабатывается путем добавления тепловой энергии воде, находящейся в котле. Чтобы повысить температуру воды до точки кипения, необходимо добавить достаточно большое количество энергии. Еще большее количество энергии требуется, чтобы вода превратилась в пар без дальнейшего повышения температуры.

Пар является весьма эффективным и легко управляемым теплоносителем и наиболее часто применяется для передачи энергии от теплоцентрали (котельной) к любому количеству паропотребителей.

Мы уже отмечали, что для превращения кипящей воды в пар, требуется дополнительное количество килокалорий. Эти килокалории не теряются напрасно. Они как бы хранятся внутри пара, готовые освободиться для последующего использования.

То количество тепла, которое необходимо для превращения кипящей воды в пар, называется теплотой парообразования или скрытой теплотой парообразования. Для каждого сочетания давления и температуры это количество тепла будет различным, что видно из Таблицы «Свойства насыщенного пара».

ПАР ЗА РАБОТОЙ. КАК ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ТЕПЛОТА ПАРА

Теплота всегда передается от более высокого уровня температуры к более низкому.

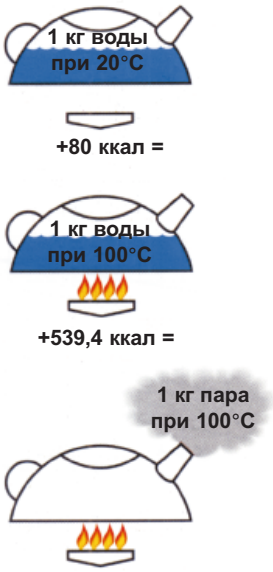


Рис. 6-1 На этих рис. показано, сколько тепла требуется, чтобы произвести один кг пара при атмосферном давлении. Обратите внимание, что для повышения температуры до точки кипения требуется 1 ккал на каждый 1°C, но для превращения воды при 100°C в пар с температурой 100°C требуется значительно большее количество ккал.

Начиная свой путь от топки, теплота через трубы котла передается воде. Когда более высокое давление в котле выдавит пар из котла в распределительную систему, пар в трубах будет иметь более высокую температуру, чем окружающий воздух. При этом теплота будет передаваться от пара через стенку трубы в окружающее пространство. Потеря этой теплоты заставит часть пара снова превратиться в воду, поэтому трубы распределительных паропроводов обычно изолируются, чтобы свести к минимуму эту расточительную и нежелательную теплопередачу.

Когда пар проходит до теплообменника, предназначенного для обогрева, картина меняется. В этом случае передача теплоты от пара к воздуху в калорифере, или к пище в варочном котле будет весьма желательной. Такой передаче ничто не должно мешать. См. Рис 6-1.

Определения ккал. Ккал это количество тепловой энергии, необходимое для повышения температуры 1 кг холодной воды на 1°C стоградусной скалы. Или, ккал – количество тепловой энергии, выделяемой 1 кг воды при ее охлаждении, скажем, с 20°C до 19°C.
Температура. Температура это степень нагрева, не связанная с количеством имеющейся тепловой энергии.
Теплота. Теплота-мера тепловой энергии не связанная с температурой. Для иллюстрации: одна ккал теплоты, повышающая температуру 1 кг воды от 10°C до 11°C, может быть получена от окружающего воздуха температурой 20°C или от пламени с температурой 500°C.

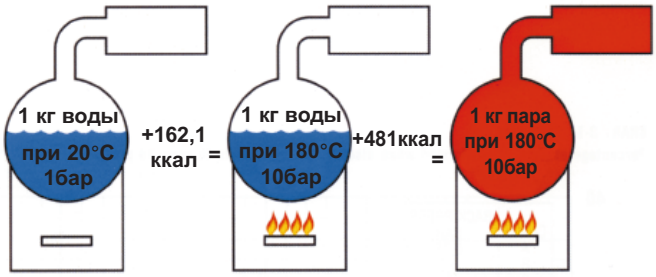


Рис. 6-2 На этих рис. показано, какое количество теплоты требуется, чтобы произвести один кг пара при давлении 10 бар. Обратите внимание, что для доведения воды до кипения при давлении 10 бар требуется дополнительное количество теплоты и более высокая температура, чем при атмосферном давлении. Также отметьте, что для превращения воды в пар при более высокой температуре требуется меньшее количество теплоты.

ДРЕНАЖ КОНДЕНСАТА. ПОЧЕМУ ОН НЕОБХОДИМ

Конденсат является побочным продуктом паровых систем. В распределительной системе он образуется из-за неизбежных теплопотерь, а в отопительном и технологическом оборудовании – из-за передачи тепла от пара к нагреваемому веществу. Как только пар сконденсируется, отдав скрытую теплоту парообразования, горячий конденсат должен быть немедленно выведен, т.к. теплота, содержащаяся в килограмме конденсата, существенно меньше теплоты, содержащейся в килограмме пара. Однако, этот конденсат все еще имеет определенную ценность и должен быть возвращен в котел.

Необходимость дренажа системы распределительных паропроводов.

Слой конденсата, покрывающий нижнюю часть паропровода, может послужить причиной одной из разновидностей гидравлического удара. Пар, движущийся по паропроводу над слоем конденсата со скоростью 160 км/час, формирует в нем волнообразные гребки. (Рис. 7-2) При наличии достаточного количества конденсата, пар с высокой скоростью гонит его по трубе, образуя опасный заряд жидкости, который увеличивается по мере захвата конденсата, имеющегося по ходу движения пара. Любое препятствие, изменяющее направление потока – фитинги, регулирующие клапаны, тройники, колена, заглушки, - находятся под угрозой разрушения этим зарядом жидкости. Кроме повреждений от ударного воздействия этого заряда, движущаяся с высокой скоростью жидкость может вызывать эрозию фитингов, выкрашивая частицы из металлических поверхностей.

Необходимость дренажа теплообменников

В случае, когда пар вступает в контакт с конденсатом, охлажденным ниже температуры пара, может возникнуть другая разновидность удара, известного под названием «термический удар». Пар занимает в трубе значительно больший объем, чем конденсат, и резкое уменьшение его объема из-за охлаждения, т.е. коллапс пара, создает ударную волну, распространяющуюся по всей системе. Такая разновидность гидравлического удара может вызвать повреждение оборудования, а ее возникновение сигнализирует, что конденсат не отводится из системы. Очевидно, что конденсат занимает часть объема теплообменника и физически уменьшает полезный объем и производительность оборудования. Быстрое удаление конденсата обеспечивает полное его заполнение паром. (Рис.7-3). По мере конденсации пар образует внутри теплообменника пленки воды. Неконденсируемые газы не превращаются в жидкость и не выводятся самотеком. Напротив, они накапливаются в виде тонкой прослойки на поверхности теплообменника также как загрязнения и окалина, совместно представляя потенциальное препятствие для теплопередачи (Рис. 7-1).

Необходимость удаления воздуха и CO_2

Присутствие воздуха неизбежно при пуске оборудования и в питательной воде для котлов.

В питательной воде могут также находиться растворенные соли угольной кислоты, выделяющие газообразную двуокись углерода. Скорость движения пара прижимает эти газы к стенкам теплообменника, где они могут блокировать теплопередачу. Это осложняет задачу вывода конденсата, т.к. эти газы должны выводиться вместе с конденсатом.

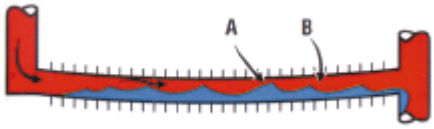


Рис.7-2. Если допустить, чтобы конденсат накапливался в трубопроводе или в трубных сборках, то в нем под действием пролетающего поверх него пара начнут образовываться волнообразные гребни, которые в дальнейшем перекроют поток пара в точке А. Конденсация на участке В создаст перепад давления, в результате чего давление пара вытолкнет этот заряд конденсата как гидравлический таран, что приведет к гидравлическому удару

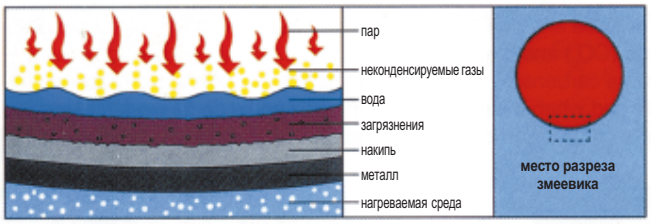


Рис. 7-1 Потенциальные препятствия для тепло-передачи: чтобы выполнять свою задачу, теплота пара и его температура должны проникнуть через все эти барьеры.

Рис. 7-3 Змеевик на половину заполненный конденсатом, не может функционировать с полной отдачей.

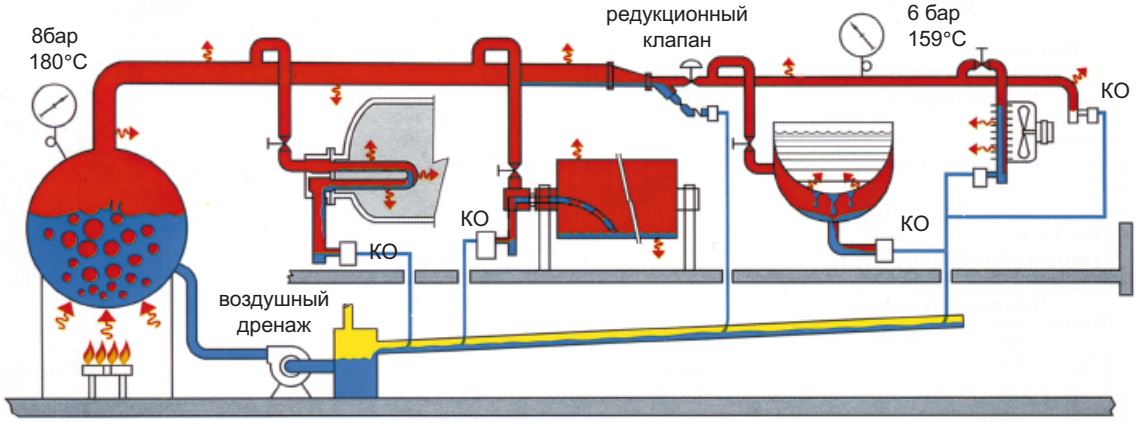


Рис.7-4. Обратите внимание, что теплопотери системы распределительных паропроводов вызывают образование в ней конденсата и, как следствие, необходимость установки конденсатоотводчиков в местах естественного понижения паропроводов, а также перед регулирующими клапанами.

В теплообменниках конденсатоотводчики выполняют жизненно важную функцию отвода конденсата до того, как его накопление начнет препятствовать процессу теплопередачи.

Пар… основные понятия

Влияние присутствия воздуха на температуру пара
Рис. 8-1поясняет, к чему приводит присутствие воздуха в паропроводах, а в Таблице 8-1 и на Графике 8-1 показана зависимость снижения температуры пара от процентного содержания в нем воздуха при различных давлениях.

Влияние присутствия воздуха на теплопередачу
Воздух, обладая отличными изоляционными свойствами, может образовать, по мере конденсации пара, своеобразное «покрытие» на поверхностях теплопередачи и значительно понизить ее эффективность.
При определенных условиях, даже такое незначительное количество воздуха в паре как 0,5% по объему может уменьшить эффективность теплопередачи на 50%. См. Рис.8-1.

Проблемы коррозии
CO_2 в газообразной форме, образовавшись в котле и перемещаясь вместе с паром, может раствориться в конденсате, охлажденном ниже температуры пара, и образовать угольную кислоту. Эта кислота весьма агрессивна и, в конечном итоге «проест» трубопроводы и теплообменное оборудование. См. Рис. 9-2. Если в систему попадает кислород, он может вызвать питтинговую коррозию чугунных и стальных поверхностей. См. Рис. 9-3.

Рис.8-1. Камера, в которой находится смесь пара и воздуха, передает только ту часть теплоты, которая соответствует парциальному давлению пара, а не полному давлению в ее полости.

Паровая камера со 100% содержанием пара.
Общее давление 10 бар. Давление пара 10 бар
температура пара 180°C

Паровая камера с содержанием пара 90%
и воздуха 10%. Полное давление 10 бар. Давление пара 9 бар, температура пара 175,4°C

Таблица 8-1

Снижение температуры паро-воздушной смеси в зависимости от содержания воздуха				
Давление	Температура насыщ. пара	Температура паровоздушной смеси в зависимости от к-ва воздуха по объему, °C		
бар	**°C**	**10%**	**20%**	**30%**
2	120.2	116.7	113.0	110.0
4	143.6	140.0	135.5	131.1
6	158.8	154.5	150.3	145.1
8	170.4	165.9	161.3	155.9
10	179.9	175.4	170.4	165.0

Устранение нежелательных примесей
Крайне важно, чтобы конденсат, воздух и CO_2 выводились как можно быстрей и с максимальной полнотой. Это осуществляется при помощи конденсатоотводчика, т.е. просто автоматического клапана, который открыт для конденсата, воздуха и CO_2 но закрыт для пара.
Из соображений экономичности, конденсатоотводчик должен сохранять работоспособность в течение длительного срока службы при минимальном обслуживании.

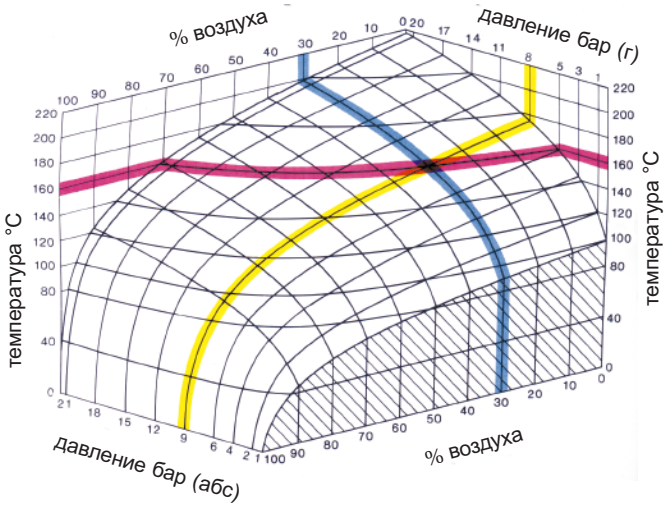


График 8-1. **Паровоздушная смесь**
Понижение температуры смеси в зависимости от процентного содержания воздуха при различном давлении. Этот график позволяет определить процентное содержание воздуха в смеси при известном давлении и температуре путем нахождения точки пересечения кривых давления, температуры и процентного содержания воздуха.
Например, принимаем, что абсолютное давление в системе равно 17 бар при температуре в теплообменнике 190°C. По графику находим, что в паре содержится 30% воздуха.

Конденсатоотводчик. Какие функции он должен выполнять

В обязанности конденсатоотводчика входит удаление конденсата, воздуха и CO_2 из обогреваемого паром агрегата по мере их накопления. Кроме того, для повышения эффективности и экономичности, конденсатоотводчик должен обеспечивать :

1. **Минимальные потери пара**. Таблица 9-1 показывает, как дорого могут обойтись незамеченные протечки пара.
2. **Длительный срок службы и надежность в эксплуатации**. Быстрый износ деталей незамедлительно приводит конденсатоотводчик к состоянию ненадежности. Конденсатоотводчик с высоким коэффициентом полезного действия экономит средства за счет минимизации затрат на испытания, проверки, ремонт, очистку, а также сокращает простой и связанные с ним затраты.
3. **Устойчивость против коррозии**. Детали конденсатоотводчика должны быть коррозионностойкими, чтобы противостоять разрушительным свойствам конденсата.
4. **Отвод воздуха**. Воздух может попадать в пар в любое время, но особенно – во время пуска. Чтобы обеспечить эффективную теплопередачу и предотвратить образование воздушных пробок в системе, необходимо своевременное удаление воздуха.
5. **Дренаж CO_2 при температуре пара**. Если CO_2 и конденсат выводить при температуре пара, то образование агрессивной угольной кислоты в теплообменниках становится невозможным.
6. **Работоспособность при наличии противодавления**. В линии возврата конденсата всегда возможно возникновение противодавления. Конденсатоотводчик должен сохранять работоспособность в условиях противодавления в линии возврата.
7. **Нечувствительность к посторонним примесям.** Загрязнение посторонними частицами является постоянно действующим фактором, т.к. конденсатоотводчики устанавливаются в нижних точках паровых систем. Конденсат подхватывает находящуюся в трубах грязь и накипь, а твердые частицы могут привноситься непосредственно из котла. Даже те частицы, которые проходят через сетку фильтра, могут вызывать эрозию и поэтому конденсатоотводчик должен сохранять работоспособность при наличии загрязнений. Конденсатоотводчик, который даже в незначительной мере не обладает всеми перечисленными функциональными и конструктивными свойствами, будет снижать эффективность системы и увеличивать эксплуатационные затраты. С другой стороны, конденсатоотводчик, обладающий всеми этими свойствами, служит важнейшим фактором, обеспечивающим :

1. Быстрый разогрев теплообменного оборудования.
2. Максимальную температуру оборудования.
3. Максимальную производительность оборудования.
4. Максимальную экономию топлива.
5. Снижение трудоемкости на единицу выпускаемой продукции.
6. Минимальное техобслуживание и длительный срок безотказной работы.

Иногда, для особых условий эксплуатации, могут понадобиться менее эффективные конденсатоотводчики, но для подавляющего большинства условий эксплуатации наилучшие результаты можно получить от тех конденсатоотводчиков, которые соответствуют всем перечисленным основным требованиям.

Рис. 9-1. Пар. Конденсируясь в теплообменнике, перемещает воздух к поверхности теплопередачи, где он конденсируется и образует своеобразное «покрытие», которое является эффективной теплоизоляцией.

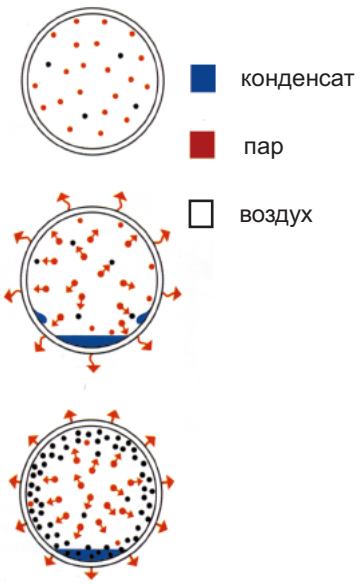
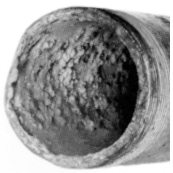


Таблица 9-1. Потери пара через отверстия различного сечения при давлении 7 бар

Диаметр проходного отверстия	К-во пара теряемого за месяц, кг
1/2"	379.500
7/16"	289.500
3/8"	213.600
5/16"	147.700
1/4"	95.400
3/16"	53.200
1/8"	23.800

Рис. 9-2. CO_2 в виде газа соединяется с конденсатом, охлажденным ниже температуры пара и образует угольную кислоту, вызывающую коррозию труб и теплообменников. Обратите внимание на раковины, которыми разъедена показанная по снимке труба.

Рис.9-3. Присутствие кислорода в системе ускоряет процесс коррозии (окисления) труб, вызывая точечную коррозию, показанную на этом снимке.



Конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком

Конденсатоотводчик с опрокинутым затопляемым поплавком “Армстронг” относится к механическим конденсатоотводчикам, принцип работы которых основан на разнице плотностей пара и воды.

См. Рис.10-1. Пар, попадая в опрокинутый затопленный поплавок, заставляет его всплыть и закрыть выпускной клапан. Конденсат, входящий в конденсатоотводчик, изменяет плавучесть поплавка в результате чего поплавок тонет под действием собственного веса и открывает выпускной клапан для выпуска конденсата. Однако, в отличие от других механических конденсатоотводчиков, этот конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком кроме того постоянно выводит воздух и двуокись углерода при температуре пара.

Этот простой принцип отвода конденсата был внедрён фирмой «Армстронг» ещё в 1911г. В результате многолетних работ по совершенствованию материалов и технологии производства современные конденсатоотводчики с опрокинутым поплавком Армстронг на самом деле не имеют себе равных по эффективности действия, надёжности и долговечности.

Энергосберегающий эффект в течение длительного срока службы

Ключевым звеном конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком «Армстронг» является уникальная рычажная система, повышающая создаваемое поплавком усилие, чтобы открыть выпускной клапан, преодолевая действие давления. В ней нет фиксированных шарниров, источников износа и трения а её конструкция рассчитана так, чтобы открыть выпускное отверстие с размерами, обеспечивающими максимальную пропускную способность. Так как поплавок открыт с нижней стороны, он не повреждается при гидравлическом ударе. Все пары трения максимально упрочнены, чтобы обеспечить долговечность.

Конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком «Армстронг» продолжает выполнять энергосберегающие функции даже при появлении износа. В результате постепенного износа незначительно увеличивается диаметр седла выпускного клапана и изменяется форма и диаметр сферического золотника. Но даже в этом случае сохраняется плотность затвора, т.к. сферический золотник просто глубже садится на седло.

Надёжность работы

Надёжность работы конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком «Армстронг» во многом обеспечивается за счёт конструкции, благодаря которой он не испытывает проблем, связанных с загрязнениями.

Обратите внимание, что выпускной клапан находится в верхней части конденсатоотводчика. Более крупные частицы загрязнений опускаются на дно, где они находятся во взвешенном состоянии из за постоянного движения поплавка вверх и вниз. Так как клапан этого конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком либо закрыт, либо полностью открыт, для вывода частиц имеется свободный проход. Кроме того, стремительный поток конденсата в месте его выхода из под нижней кромки поплавка обладает уникальным свойством само очистки, вынося загрязнения из конденсатоотводчика. Этот тип конденсатоотводчика имеет всего две подвижные детали – узел рычага золотника и поплавок. Это значит, что фиксированные пары трения и сложные соединения отсутствуют – нет ничего, что могло бы заклиниться, погнуться или засориться.

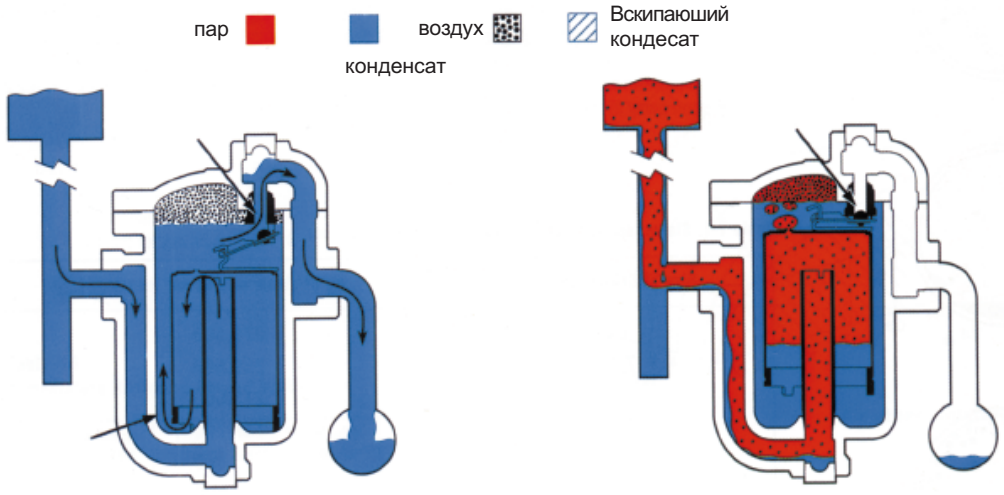
Коррозионно-стойкие детали

Седло и золотник конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком «Армстронг» изготавливаются из нержавеющей стали с высоким содержанием хрома, шлифуются и притираются. Все остальные рабочие детали изготавливаются из износостойкой нержавеющей стали.

Работоспособность при противодавлении

Высокое давление в линии возврата конденсата ведёт лишь к уменьшению перепада давления на выпускном клапане. Как только противодавление

Рис. 10-1 Порядок работы конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком при давлении, близком к максимальному



1. Конденсатоотводчик устанавливается в линии дренажа между обогреваемым паром агрегатом и водосборником линии возврата конденсата. При пуске поплавок находится в нижнем положении и клапан выпуска полностью открыт. Как только первоначальный поток конденсата поступит в конденсатоотводчик и войдет под донышко поплавка, он заполнит полость корпуса и полностью заполнит поплавок. Затем конденсат выходит через полностью открытый клапан в водосборник линии возврата.

2. Пар поступает в конденсатоотводчик также под донышко поплавка, где он поднимается и накапливается в верхней части, придавая поплавку подъемную силу. Затем поплавок всплывает и подводит золотник клапана к седлу до тех пор, пока клапан не зафиксируется в плотно закрытом положении. Воздух и двуокись углерода постоянно выпускаются через вентиляционное отверстие в поплавке и собираются в верхней полости конденсатоотводчика. Та часть пара, которая пройдёт через это отверстие, конденсируется за счет теплопотерь конденсатоотводчика

достигнет величины входного давления, начнётся непрерывный выпуск конденсата точно так, как при очень низких перепадах давления.

Противодавление не оказывает вредного влияния на работоспособность конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком кроме того, что из-за уменьшения перепада давления понижается его пропускная способность. В этом случае поплавку просто требуется меньшее усилие, чтобы отвести золотник от седла для открытия клапана, обеспечивая цикличность работы конденсатоотводчика.

Имеющиеся типы конденсатоотводчиков “Армстронг” с опрокинутым поплавком для удовлетворения различных требований.

Наличие конденсатоотводчиков с опрокинутым поплавком из различных материалов, с разнообразными видами присоединения к трубопроводу, а также других исполнений позволяет обеспечить гибкость подбора нужного типа конденсатоотводчика к требованиям специфических условий эксплуатации. См. Таблицу 11-1.

1. Конденсатоотводчики полностью из нержавеющей стали

Цельносварная конструкция из нержавеющей стали, защищённая тем самым от неумелого обращения, позволяет этим конденсатоотводчикам выдерживать замораживание без повреждений. Они могут устанавливаться на паровых спутниках и другом оборудовании, расположенном вне помещений, которое подвергается воздействию отрицательных температур. Применяются для давлений до 45 бар и температур до 427°C.

2. Чугунные конденсатоотводчики

Стандартные конденсатоотводчики с опрокинутым поплавком для общепромышленных условий эксплуатации при давлениях до 17 бар и температур до 232°C.

Предлагаются конденсатоотводчики с боковым расположением присоединительных патрубков, с боковыми патрубками и встроенным фильтром, а также с нижним входом и верхним выходом.

3. Конденсатоотводчики и из кованой стали

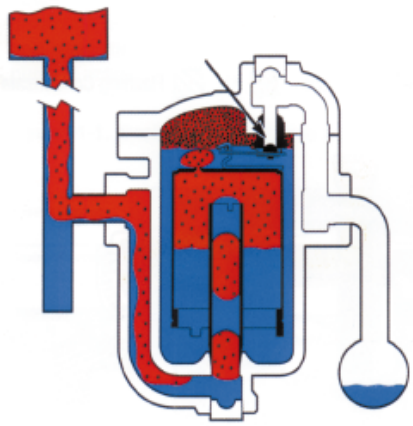
Стандартные конденсатоотводчики с опрокинутым поплавком для эксплуатации в условиях высоких давлений и температур (включая перегретый пар) до 187 бар и 550°C.

4. Конденсатоотводчики и из литой нержавеющей стали

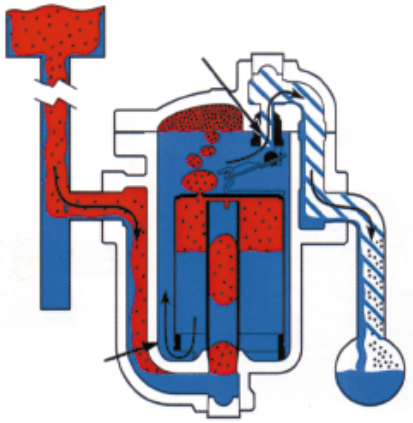
Стандартные конденсатоотводчики с опрокинутым поплавком для эксплуатации в условиях коррозионных сред, обладающие высокой пропускной способностью.

Таблица 11-1. Характерные расчетные параметры конденсатоотводчиков с опрокинутым поплавком

	Чугунные	Из нержав. стали	Литые из углерод. стали	Кованые из углерод. стали	Литые из нержав. стали
Номинальный диаметр, DN	1/2” – 2" 15 - 50	1/2” – 1" 15 - 25	1/2” – 1" 15 – 25	1/2” – 2" 15 – 50	1/2” – 2" 15 - 50
Тип присоединения	Резьбовое Фланцевое	Резьбовое Муфтовое под сварку Прижимное Фланцевое	Резьбовое Муфтовое под сварку Фланцевое	Резьбовое Муфтовое под сварку Фланцевое	Резьбовое Муфтовое под сварку Фланцевое
Рабочее давление, бар	0-17	0 - 45	0 - 42	0 - 187	0 - 47
Пропускная способность кг/час	До 9100	До 2000	До 2000	До 8600	До 9100



3. Когда поступающий конденсат начинает заполнять поплавок, он слегка потянет за рычаг золотника. По мере повышения уровня конденсата это усилие увеличивается до тех пор, пока не станет достаточным, чтобы открыть клапан, преодолевая перепад давления.

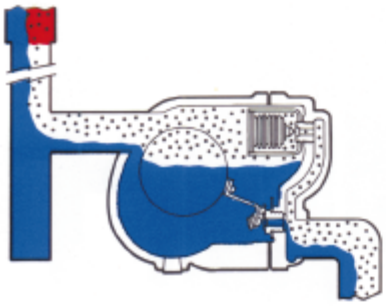


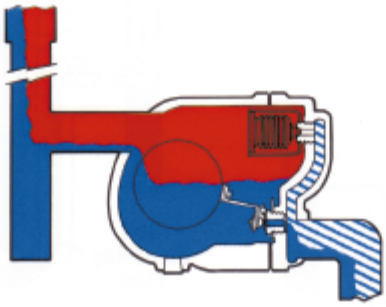
4. Когда клапан начнёт открываться, давление на золотник уменьшается. Поплавок быстро тонет и полностью открывает клапан. Первым выталкивается скопившийся воздух, а за ним конденсат. Поток, выходящий из-под нижней кромки поплавка, подхватывает частицы загрязнений и выносит их из конденсатоотводчика. Выпуск продолжается пока свежая порция пара не заставит поплавок всплыть, после чего цикл снова повторяется.

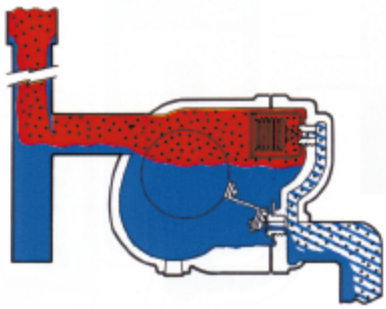
Принцип работы других типов конденсатоотводчиков

Конденсат Пар Воздух Вскипающий конденсат

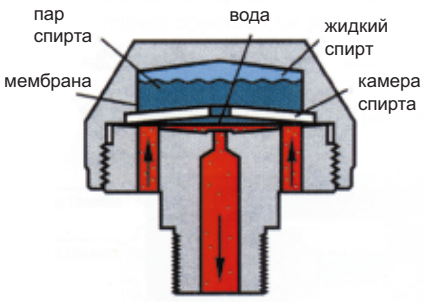
Поплавковые и термостатические

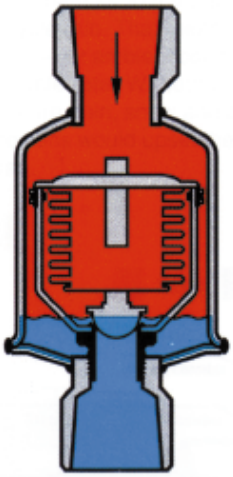




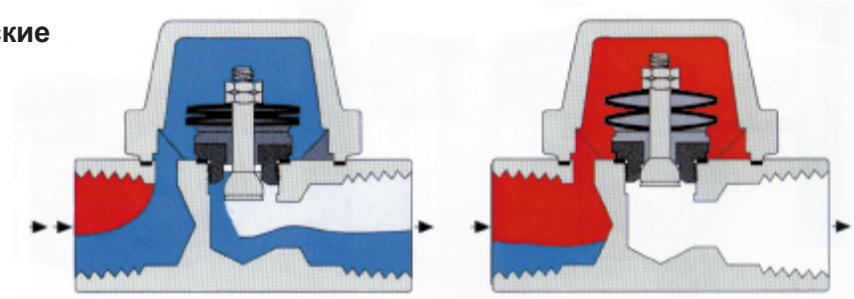


Термостатические

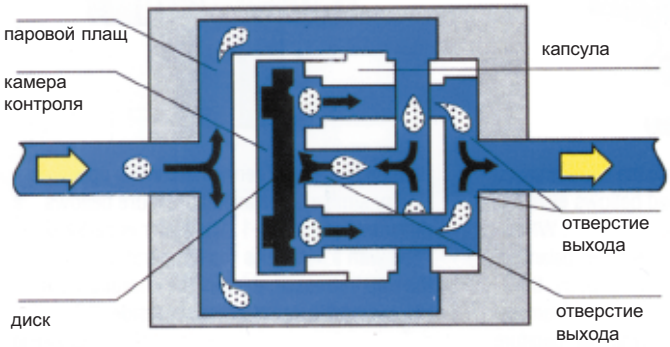




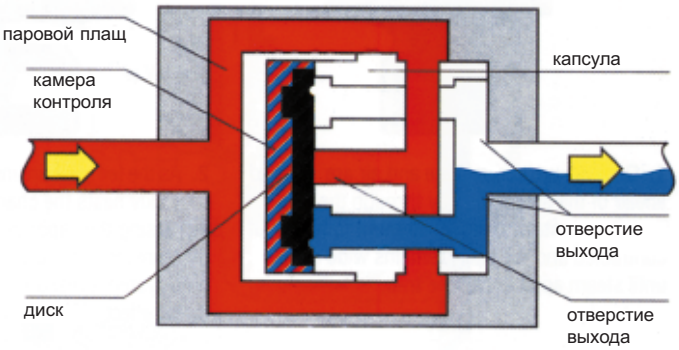
Биметаллические



Термодинамические



Конденсатоотводчик открытый



Конденсатоотводчик закрытый

Выбор конденсатоотводчика

Чтобы добиться от конденсатоотводчика полной отдачи его полезных свойств, описанных в предыдущем разделе, необходимо в каждом случае правильно подобрать его размер и давление для каждой работы, надлежащим образом установить а также организовать тех-обслуживание.

Основные положения.
Индивидуальный отвод конденсата – это применение отдельных конденсатоотводчиков для каждого агрегата, в котором происходит конденсация пара, включая, где это возможно, каждую паровою камеру или змеевик одиночного агрегата. На вопрос –"зачем это нужно?" – дается ответ в параграфе "Короткое замыкание".

Полагайтесь на опыт.
Большинство конденсатоотводчиков выбирается на основе имеющегося опыта. Это может быть :

- Ваш личный опыт.
- Опыт ближайшего к Вам регионального представителя или распространителя продукции фирмы "Армстронг"
- Опыт тысячей других людей, занимающихся проблемами отвода конденсата для аналогичного оборудования.

Умение самостоятельно выбрать нужный конденсатоотводчик тоже может иногда потребоваться. К счастью, процесс определения параметров требуемого конденсатоотводчика прост, если Вам известно или можно предположить:

1. Расход конденсата в кг/час.
2. Величину необходимого коэффициента запаса.
3. Перепад давления.
4. Максимальное допустимое давление.

1. **Расход конденсата.** В разделах этого Руководства, озаглавленых "Как отводить конденсат…", приводятся формулы и другие полезные сведения о процессе конденсации пара и правильном порядке определения параметров требуемого конденсатоотводчика.
2. **Коэффициент запаса или коэффициент опыта, который нужно использовать.**

Представьте себе обогреваемый паром агрегат, в котором конденсируется 300 кг/час. Также представьте, что владелец этого агрегата обнаружил, что конденсатоотводчик с пропускной способностью 900 кг/час позволяет этому агрегату работать более производительно и качественно, чем когда на нем был установлен конденденсатоотводчик на 600 кг/час. Для обеспечения наивысшей эффективности данного агрегата, коэффициент запаса при определении требуемого конденсатоотводчика будет равен 3:1.
На величину коэффициента запаса влияет тип теплообменного оборудования.

Значительно большее влияние, чем обычные колебания давления и расхода, оказывает сама конструкция теплообменника. Посмотрите Рис. 13-3, 13-4 и 13-5, где показаны три конденсирующих пар агрегата с одинаковым расходом конденсата, равным 300 кг/час, но для которых коэффициенты запаса должны быть разными, т.е. 2:1, 3:1 и 8:1.

«Короткое замыкание»
Если с одиночным конденсатоотводчиком соединить более чем один источник поступления конденсата, то конденсат и воздух от одного или большего количества агрегатов могут не попасть в конденсатоотводчик. Любое изменение расхода поступающего конденсата приведет к возникновению разницы уровней падения давления пара. Эта разница слишком мала, чтобы ее можно было зарегистрировать с помощью манометра, но ее достаточно, чтобы пар из агрегата с более высоким давлением заблокировал поток воздуха или конденсата, поступающего из агрегата с меньшим давлением. Это аналогично короткому замыканию в электрической цепи. Конечным результатом для теплообменного оборудования будет уменьшение нагрева и выходной мощности, а также перерасход топлива. См. Рис. 13-1 и 13-2.

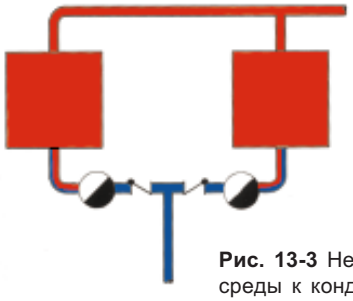


Рис. 13-2. "Короткое замыкание" не возможно, если дренаж каждого агрегата осуществляется через свой собственный конденсатоотводчик

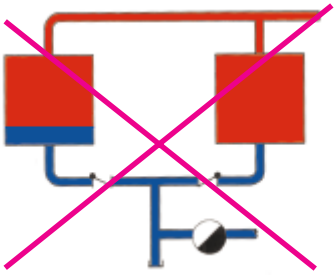


Рис. 13-1. Дренаж паропотребляющих агрегатов через один конденсатоотводчик может привести к "короткому замыканию"

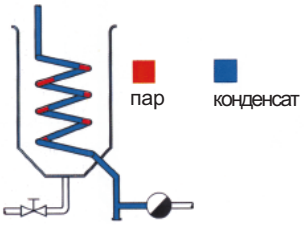


Рис. 13-3

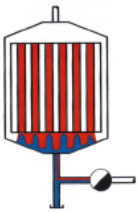


Рис. 13-4

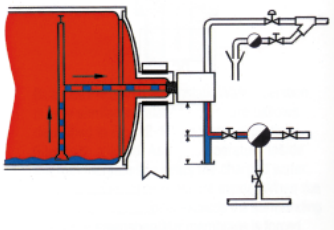


Рис. 13-5

Рис. 13-3 Непрерывный змеевик, подача среды к конденсатоотводчику самотёком при постоянном давлении. Расход конденсата 300 кг/час из одиночного медного змеевика при давлении 3 Бар. Дренаж к конденсатоотводчику осуществляется самотёком. Объем полости с паром очень мал. Коэффициент запаса 2:1.
Рис. 13-4 Трубчатый теплообменник. Подача среды к конденсатоотводчику самотёком при переменном давлении. Расход конденсата 300 кг/час из нагревателя агрегата при давлении 3 бар. Множественные трубки не представляют значительной опасности возникновения «короткого замыкания» Применяйте коэффициент запаса 3:1 при давлении 0,16 Бар.
Рис. 13-5 Крупный цилиндр с с сифонным дренажом. Расход конденсата 300 кг/час из сушильного барабана диаметром 1200мм, длиной 2500мм при давлении 2 Бар. Коэффициент запаса для конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком 8:1, а для дифференциального регулятора 3:1.

3. Перепад давления. Максимальный перепад – это разница между давлением в котле, или главном паропроводе, или выходным давлением после дроссельно-регулирующего клапана и давлением в линии возврата конденсата. См. Рис. 14-1. Конденсатоотводчик должен открываться, преодолевая этот перепад давления.

ПРИМЕЧАНИЕ : вследствие наличия вскипающего конденсата в линии возврата, не принимайте во внимание уменьшение перепада давления в результате гидростатического напора или подъема конденсата.
Рабочий перепад давления. Когда установка работает в режиме полной мощности, давление пара на входе конденсатоотводчика может быть ниже давления в главном паропроводе, а давление в коллекторе возврата конденсата может превысить атмосферное.
Если рабочий перепад давления не меньше 80% от максимального перепада давления, то при выборе конденсатоотводчика вполне допустимо пользоваться значением максимального перепада давления.

Модулированное регулирование подачи пара вызывает широкие колебания перепада давления. Давление в дренируемом агрегате может упасть до атмосферного или даже ниже.

ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ: внимательно ознакомьтесь со сведениями, приведенными в соседней колонке справа, где рассматриваются менее известные, но очень важные моменты, влияющие на снижение перепада давления.

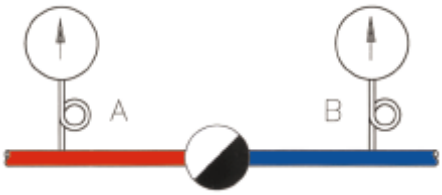
4. Максимальное допустимое давление
Конденсатоотводчик должен выдерживать максимальное допустимое давление системы или расчетное давление. Он может никогда не подвергаться воздействию этого давления, но должен его выдерживать.
Например, максимальное входное давление равно 26 бар, а давление в линии возврата равно 11 Бар. В результате, перепад давления составляет 15 Бар, однако конденсатоотводчик должен быть рассчитан на максимальное давление 26 Бар. См. Рис. 14-1.

Факторы влияющие на величину перепада давления.
За исключением случая отказа регулирующего клапана, перепад давления обычно изменяется в сторону понижения по сравнению с нормальным или расчетным значением. Это является следствием колебаний либо входного давления, либо давления выпуска конденсата.

Падение входного давления ниже нормального уровня может быть вызвано :

1. Регулирующим клапаном или регулятором температуры, модулирующим заданный режим работы.
Повышение давления выпуска конденсата выше его нормального уровня может быть вызвано :
1. Трением в трубопроводе.
2. Другими конденсатоотводчиками, выпускающими конденсат в линию возврата с ограниченной пропускной способностью.
3. Подъемом конденсата. Подъем на каждый 1м уменьшает перепад на 0,1 Бар, если на выходе имеется чистый конденсат. Однако, при наличии вскипания гидравлический напор может понизиться до нуля. См. Рис. 14-2.

Сифонный дренаж
См. Рис. 14-3. Каждый 1 м подъема в сифоне уменьшает перепад давления на 0,1 бар.

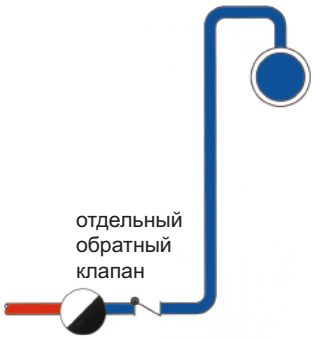


Давление на входе или максимальное допустимое давление (МДД)

Перепад давления или максимальное рабочее давление (МРД)

Противодавление или вакуум

Рис. 14-1
Перепад давления = A-B, если B выше атмосферного
= A+B, если B – вакуум



отдельный обратный клапан

Рис. 14-2
Когда клапан конденсатоотводчика открыт, давление пара будет поднимать конденсат. Каждый 1м подъема уменьшает перепад давления на 0,1 бар

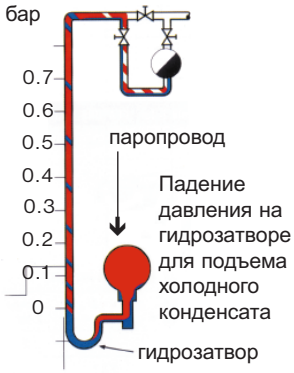


Рис. 14-3
Конденсат от места дренажа, происходящего самотеком, поднимается к конденсатоотводчику с помощью сифона. Каждый 1 м подъема понижает перепад давления на 0,1 бар. Обратите внимание на затвор, находящийся в нижней точке, и на наличие встроенного в конденсатоотводчик обратного клапана, предотвращающего обратный поток.

Как отводить конденсат из систем распределения пара

Системы распределения пара образуют жизненно важную связь между котлами и большим количеством паропотребляющего оборудования. Они представляют собой системы, при помощи которых пар реально подается ко всем участкам производства для выполнения свойственных ему функций. Тремя главными компонентами систем распределения пара являются : паровые коллекторы котлов, главные паропроводы и трубопроводы разводки пара. Каждый из них выполняет определенные функции, присущие этой системе, и совместно с сепараторами пара и конденсатоотводчиками вносят свою ленту в эффективность использования пара.

Колена-отстойники. Общим для всех систем распределения пара является необходимость устройства через различные интервалы колен-отстойников. См. Рис.15-1. Они предназначаются для :

1. Стекания конденсата самотеком из пара, движущегося с высокой скоростью.
2. Накапливания конденсата до тех пор, пока перепад давления не протолкнет его через конденсатоотводчик.

Паровые коллекторы

Паровой коллектор котла представляет собой особый вид паропровода, который может принимать пар от одного или большего количества котлов. Чаще всего он представляет собой горизонтальную трубу, которая напитывается паром сверху и, в свою очередь, питает паром главные паропроводы. Важно, чтобы этот коллектор надлежащим образом освобождался от конденсата для вывода из пара выносимых им из котла скоплений (котловой воды и твердых частиц) перед распределением пара по системе. Конденсатоотводчики, предназначенные для коллектора, должны обладать способностью выводить крупные порции выносимых паром скоплений сразу же после их образования. При выборе конденсатоотводчиков нужно принимать во внимание также и устойчивость к гидравлическому удару.

Выбор конденсатоотводчика и коэффициента запаса для коллекторов котла.

Для конденсатоотводчиков, устанавливаемых на коллекторах котлов практически всегда рекомендуется применять коэффициент запаса 1,5:1. Требуемую пропускную способность конденсатоотводчика можно определить по формуле:

Требуемая пропускная способность = Коэффициент запаса . Присоединенная к котлу (-ам) нагрузка . ожидаемый вынос (обычно 10%)

Пример: какую пропускную способность должен иметь конденсатоотводчик для присоединенной нагрузки 20000 кг/час и ожидаемого выноса 10%?

Применив приведенную формулу, получим:

Требуемая пропускная способность конденсатоотводчика = 1,5 . 20000 . 0,10 = 3000кг/час.

Рис.15-1. Колено отстойник с правильно подобранными размерами будет улавливать конденсат. Колено отстойник слишком малого размера может привести к эффекту “флейты”, при котором падение давления вытянет конденсат из конденсатоотводчика. См. Табл.16-1.

Способность немедленно срабатывать при залповых поступлениях зарядов конденсата, отличная устойчивость к гидравлическому удару, способность справляться с загрязнениями и экономическое функционирование при очень малых нагрузках, являются теми свойствами, из за которых конденсатоотводчики с опрокинутым поплавком будут наиболее подходящими для этих условий.

Способ установки

Если поток пара через коллектор идет только в одном направлении то достаточно установить один конденсатоотводчик вблизи выхода.

При питании паром через среднюю точку (см. Рис.15-2) или при схожей организации двухстороннего потока пара, конденсатоотводчики должны устанавливаться на каждом конце коллектора.

Главные паропроводы

Одной из самых распространенных областей применения конденсатоотводчиков является дренаж главных паропроводов. Чтобы обеспечить нормальную работу оборудования, питаемого через эти паропроводы, в них не должно быть ни воздуха, ни конденсата.

Недостаточно полный отвод конденсата из паропроводов часто приводит к гидравлическому удару и образованию зарядов конденсата, которые могут повредить регулирующие клапаны и другое оборудования.

Таблица 14-1. Рекомендуемые размеры колен-отстойни-ков для паропроводов и трубопроводов разводки пара

D	S	Минимальная длина колена-отстойника, мм	
Паропровода **DN**	Колена отстойника **DN**	Разогрев под наблюдением **L**	Разогрев автоматический **L**
15	15	250	710
20	20	250	710
25	25	250	710
50	50	250	710
80	80	250	710
100	100	250	710
150	100	250	710
200	100	300	710
250	150	380	710
300	150	460	710
350	200	535	710
400	200	610	710
450	250	685	710
500	250	760	760
600	300	915	915

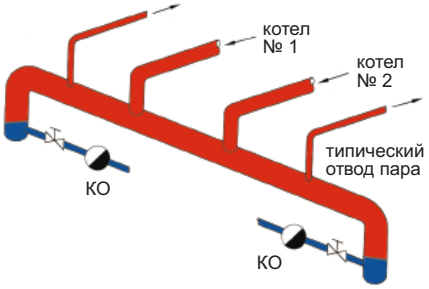


Рис. 15-2. При диаметре коллектора до 100 мм диаметр колена отстойника должен быть одинаковым с ним. При диаметре коллектора более 100 мм диаметр колена отстойника должен быть равен 0,5 диаметра коллектора, но не менее 100мм.

Имеется два общепринятых способа разогрева главных паропроводов: под наблюдением и автоматический. Разогрев под наблюдением широко применяется для первичного нагрева паропроводов большого диаметра и/или протяженности. Этот способ заключается в том, что спускные клапаны полностью открывают для свободной продувки в атмосферу до тех пор, пока в паропровод не начнет поступать пар. Клапаны не закрывают пока весь конденсат, образующийся при разогреве, или большая его часть не будет выпущена. Затем всю работу по удалению конденсата, образующегося при рабочих условиях, берут на себя конденсатоотводчики.

Разогрев главных трубопроводов на тепловых станциях во многом следует такой же технологии.

При автоматическом разогреве котел растапливается таким образом, что паропроводы и все оборудование, или отдельные его виды, постепенно набирают давление и температуру без помощи ручного управления или дополнительного наблюдения.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: **Независимо от способа разогрева, он должен длиться определенное время, достаточное для минимизации тепловых напряжений и предотвращения всяких повреждений системы.**

Выбор конденсатоотводчика и коэффициента запаса для главных паропроводов

Величину расхода конденсата в изолированных или неизолированных трубопроводах при контролируемом или автоматическом разогреве можно вычислить по следующей формуле:

Таблица 16-1. Размеры труб для определения потерь за счет теплоизлучения

Диаметр трубы		Наружный диаметр	Площадь наружной поверхности	Масса
Дюймы	мм	мм	м²/м	Кг/м
1/8"	6	10,2	0,03	0,493
j»	8	13,5	0,04	0,769
3/8"	10	17,2	0,05	1,02
S»	15	21,3	0,07	1,45
s»	20	26,9	0,09	1,90
1"	25	33,7	0,11	2,97
1-1/4"	32	42,4	0,13	3,84
1-1/2"	40	48,3	0,15	4,43
2"	50	60,3	0,19	6,17
2-1/2"	65	76,1	0,24	7,90
3"	80	88,9	0,28	10,10
4"	100	114,3	0,36	14,40
5"	125	139,7	0,44	17,80
6"	150	165,1	0,52	21,20
8"	200	219,0	0,69	31,00
10"	250	273,0	0,86	41,60
12"	300	324,0	1,02	55,60
14"	350	335,0	1,12	68,30
16"	400	406,0	1,28	85,90
20"	500	508,0	1,60	135,00

$$Q_c = \frac{W_p \cdot T_1 \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{r}$$

Q_c = количество конденсата, кг
W_p = масса трубы, кг/м см. Табл.16-1
T_1 = общая длина паропровода, м
c = удельная теплоемкость материала трубы ккал/кг/°С. Для стальных труб С = 0,125, для медных – С = 0,095
t_2 = конечная температура, °С
t_1 = начальная температура, °С
r = скрытая теплота парообразования, ккал/кг См. Таблицу «Свойства насыщенного пара»

ПРИМЕЧАНИЕ : для быстрого прикидочного расчета t_2 можно принять равным 0°С, а r = 500 ккал/кг.

Рис. 16-3 также можно использовать для быстрого определения расхода конденсата во время разогрева главного паропровода. Определив величину расхода, умножьте ее на коэффициент запаса 2 – рекомендуемый коэффициент запаса для всех конденсатоотводчиков, расположенных между котлом и концом паропровода.

Рис. 16-3 Количество конденсата на 20 м трубы, нагреваемой от 0 °С до температуры насыщения пара

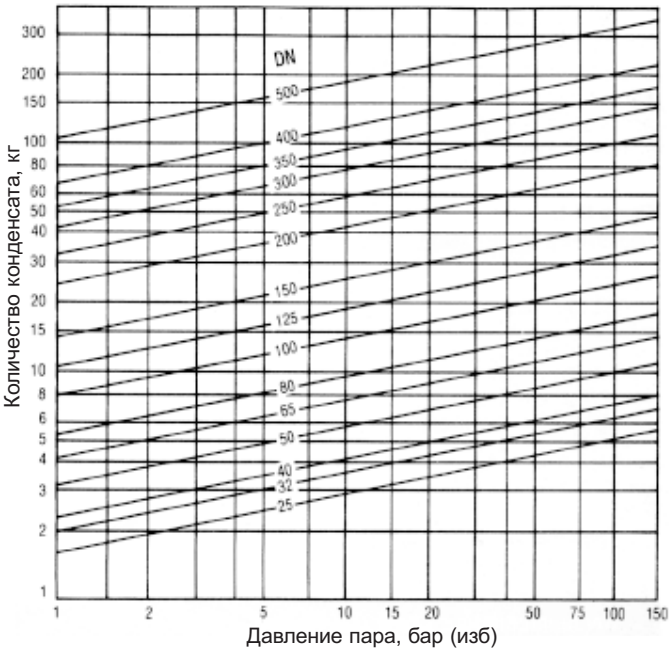


Таблица 16-2. Скорость образования конденсата в паропроводах кг/час/м²

Давление пара, бар	1	2	4	8	12	16	21
Изолированная труба	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3
Неизолированная труба	4	5	6	7	8	9	10

Для конденсатоотводчиков, устанавливаемых между котлом и концом паропровода применяется коэффициент запаса 2:1. Для конденденсатоотводчиков, установленных у конца паропровода или перед регулирующими и запорными клапанами, которые часть времени находятся в закрытом положении, применяется коэффициент 3:1.

Способность выводить загрязнения, залповые заряды конденсата и противостоять гидравлическим ударам являются теми особенностями, из-за которых конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком рекомендуется для применения в данных условиях эксплуатации.
Кроме того, если этот конденсатоотводчик случайно откажет, то, скорее всего, он останется в открытом положении.

Способ установки

Колена-отстойники и конденсатоотводчики применяются независимо от способа разогрева и устанавливаются в самых низких точках или в местах естественного дренажа, таких как:

- перед восходящими стояками
- в конце главных паропроводов
- перед клапанами и регуляторами.

Там, где не имеется мест естественного дренажа, должны быть обязательно установлены колена-отстойники и дренажные конденсатоотводчики.
См. Рис.17-1, 17-2, 17-3. Они обычно устанавливаются с интервалами около 50 м но не больше 75м.

Главные паропроводы

Для коллектора DN<100, DN колена-отстойника должен быть равен DN коллектора. Для коллектора DN более 100, DN колена-отстойника должен быть 1/2 DN коллектора, но не менее 100 мм.

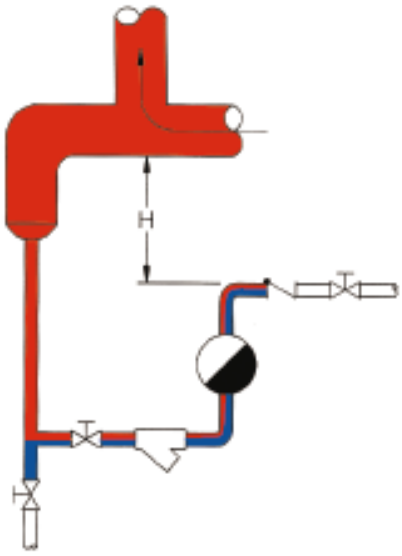


Рис 17-2. Установка конденсатоотводчика для дренажа колена-отстойника перед восходящим стояком.
Расстояние «Н» в м должно соответствовать гидростатическому напору 1,1 бар, чтобы заставить воду проходить через конденсатоотводчик.

При разогреве под наблюдением, длина колена-отстойника должна быть не менее 1,5 диаметра паропровода, но не менее 250 мм. Колено-отстойник для систем с автоматическим разогревом должен иметь длину не менее 700 мм. И в том, и в другом случае, как это доказано на практике, диаметр колена-отстойника должен быть равен диаметру самого паропровода, если он не более 100 мм, и быть не менее 0,5 диаметра главного паропровода, но ни в коем случае менее 100 мм.

Трубопроводы разводки

Трубопроводы разводки – это ответвления главного паропровода, подводящие пар к паропотребляющему оборудованию или к группам такого оборудования. Система этих трубопроводов должна быть спроектирована и обвязана таким образом, чтобы предотвратить скопления конденсата в любой ее точке.

Выбор конденсатоотводчика и коэффициент запаса для трубопроводов разводки

Величина расхода конденсата вычисляется по той же формуле, что и для главных паропроводов. Для трубопроводов разводки рекомендуется коэффициент запаса, равный 3:1.

Способ установки

Рекомендуемая схема обвязки ответвления от главного паропровода до управляющего клапана при длине ответвления до 3 м – на Рис.18-1, а при длине ответвления более 3 м – на Рис.18-2. В случае, когда управляющий клапан расположен ниже уровня главного паропровода, применяйте схему по Рис.18-3.

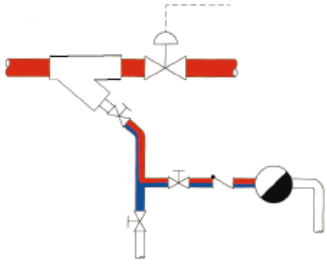


Рис.17-1. Установка конденсатоотводчика для дренажа фильтра перед клапаном регулирования давления

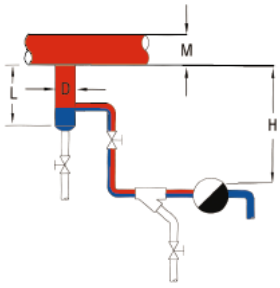


Рис.17-3. Установка конденсатоотводчика для дренажа колена-отстойника главного паропровода

Перед каждым управляющим клапаном, а также перед клапаном регулирования давления, если он имеется, должен устанавливаться полнопроходный фильтр-грязевик. Установите на нем продувочный клапан, а также, что предпочтительней, конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком. Через несколько дней после пуска системы проверьте сетку фильтра, чтобы решить, нужна ли в этом месте очистка от загрязнений.

Сепараторы

Сепараторы пара предназначены для отделения конденсата, образовавшегося в системе распределения пара. Чаще всего они применяются перед оборудованием, для которого требуется особо сухой пар, а также на линиях вторичного пара, в которых по самой их природе находится большое количество конденсата.

Главное значение при выборе конденсатоотводчика имеет его способность справляться с залповыми выбросами конденсата, хорошо работать на малых расходах конденсата, а также иметь хорошую устойчивость к гидравлическим ударам.

Выбор конденсатоотводчика и коэффициента запаса для сепараторов

В зависимости от величины расхода и давления конденсата рекомендуются различные типы конденсатоотводчиков, однако во всех случаях следует применять коэффициент запаса 3:1.

Требуемая пропускная способность конденсатоотводчика определяется по формуле:

Требуемая пропускная способность, кг/час = коэффициент запаса . расход пара, кг/час . ожидаемый вынос конденсата (от 1 до 20%).

Пример:

Какой типоразмер конденсатоотводчика потребуется для расхода пара 500 кг/час?

Используя формулу, получим:

Требуемая пропускная способность

= 3 . 500 . 0,10 = 150 кг/час.

Для применения на сепараторах рекомендуется конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком и большим вентиляционным отверстием. В случае, если загрязнения и гидравлический удар не характерны для работы данного оборудования, приемлемой заменой может быть конденсатоотводчик типа F+T (с закрытым поплавком и термостатическим выпускным клапаном)

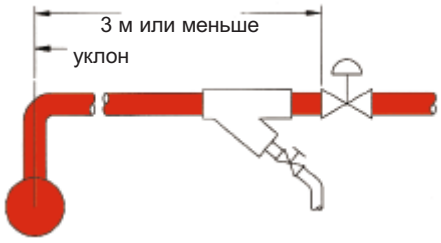
Третьим видом устройств, рекомендуемых для применения во многих подобных случаях, являются дифференциальные регуляторы кондесата. В них сочетаются лучшие свойства обоих вышеуказанных типов конденсатоотводчиков, благодаря чему они рекомендуются для больших нагрузок по конденсату, превышающих сепарационные возможности данного сепаратора.

Способ установки

Конденсатоотводчики должны подсоединяться к дренажному патрубку сепаратора на 250-300 мм ниже его уровня, причем этот патрубок вплоть до отвода к конденсатоотводчику должен иметь постоянное сечение, равное полному сечению дренажного соединения.

См. Рис. 18-4

Трубопроводы разводки пара



Диаметр отвода увеличить на одну ступень

Рис.18-1. Обвязка отвода длиной менее 3м. Если обратный уклон в сторону коллектора питания не менее 25мм на 1м, то установка конденсатоотводчика не обязательна.

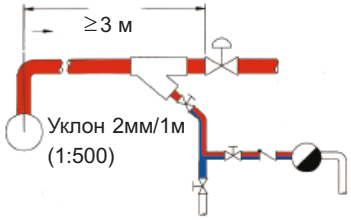


Рис.18-2. Обвязка отвода длиной более 3м. Перед упра-вляющим клапаном нужно установить колено-отстойник и конденсатоотводчик. Отстойником может служить фильтр, установленнный перед управляющим клапаном, если его продувочную трубку замкнуть на конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком. Такая схема также позволит облегчить очистку фильтра. Конденсатоотводчик должен быть снабжен встроенным обратным клапаном, либо перед ним установить отдельный обратный клапан.

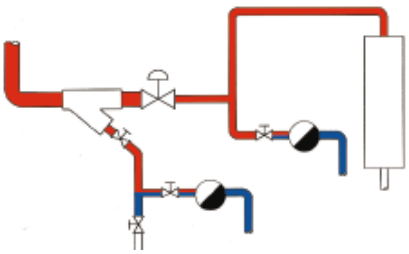
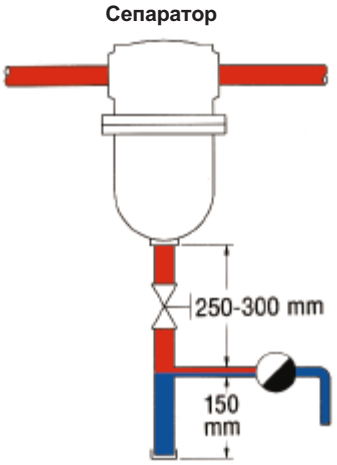


Рис.18-3. Независимо от длины отвода, колено-отстойник и конденсатоотводчик следует устанавливать перед управляющим клапаном, расположенным ниже питающего паропровода. Если змеевик находится выше управляющего клапана, то конденсатоотводчик следует установить также и со стороны выхода управляющего клапана.



Конденсатоотводчик типа IBLV или дифференц. регулятор

Рис.18-4. Дренаж выхода из сепаратора, обеспечивающий принудительную и быструю подачу жидкости из сепаратора к конденсатоотводчику

Как отводить конденсат из паровых спутников

Паровые спутники предназначаются для поддержания определенной постоянной температуры среды, транспортируемой по основному трубопроводу. Во многих случаях, паровые спутники находятся вне помещений, что требует обратить особое внимание на климатические условия их эксплуатации.

Основной задачей конденсатоотводчиков на паровых спутниках является сохранение пара до тех пор, пока его скрытая теплота не будет полностью использована, а затем вывести конденсат и неконденсируемые газы. Так как это правило действительно для всех видов теплообменного оборудования, каждая магистраль паровых спутников должна иметь собственный индивидуальный конденсатоотводчик даже и в том случае, если один и тот же основной трубопровод оснащен несколькими линиями паровых спутников.

При выборе типа конденсатоотводчика и определении его параметров особенно важно учитывать совместимость конденсатоотводчика с назначением системы, т.к. такой конденсатоотводчик должен :

1. Сберегать энергию в течение всего срока службы.
2. Обеспечивать скачкообразное периодическое срабатывание для выпуска конденсата и воздуха из магистрали.
3. Работать при малых расходах конденсата.
4. Не повреждаться при замораживании в случае прекращения подачи пара.

Если системы паровых спутников не будут экономичными, то стоимость пара превратит их в источник таких непомерных накладных расходов, которые не сможет выдержать ни одна отрасль промышленности.

Выбор конденсатоотводчика для паровых спутников

Расход конденсата, образующегося в магистралях паровых спутников определяется исходя из теплопотерь трубопровода с обогреваемым продуктом по следующей формуле :

$$Q_c = \frac{S \cdot k \cdot \Delta t}{r}$$, где

Q_c = расход конденсата, кг/час

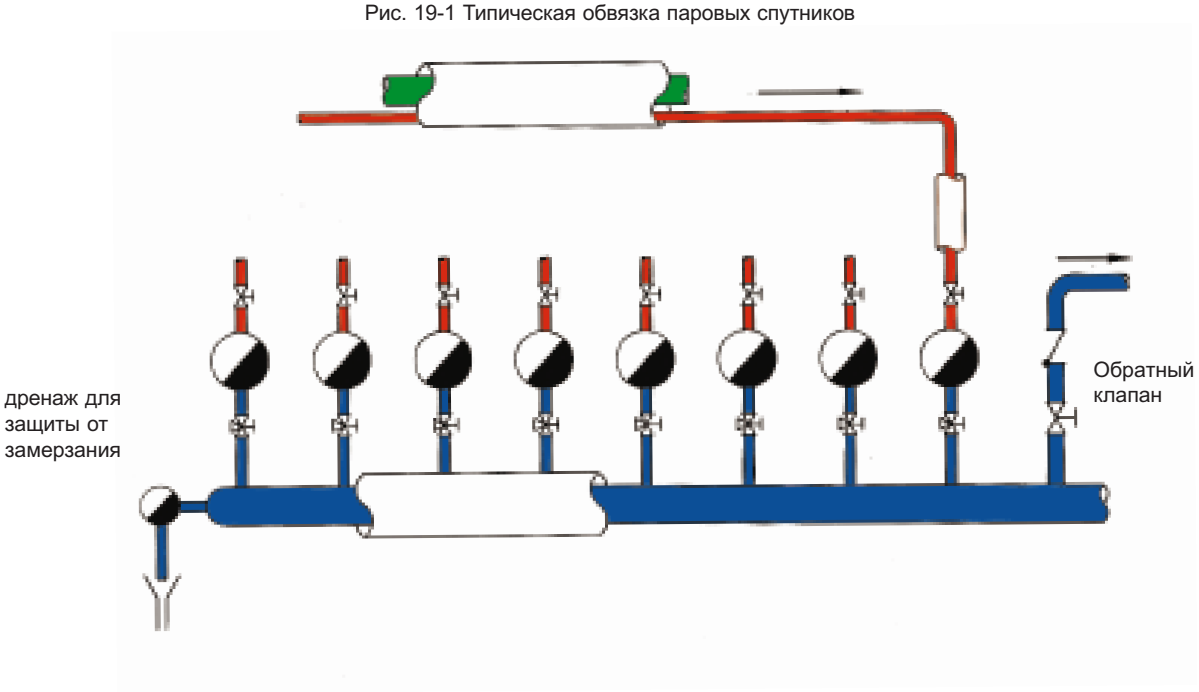
S = площадь наружной поверхности трубопровода с обогреваемым продуктом между конденсатоотводчиками парового спутника, м^2. См. Табл. 16-1.

k = коэффициент теплопередачи, ккал/м^2/час/°С. См. Табл. 20-1 и 20-2

Δt = разность температур между температурой окружающей среды и температурой обогреваемого продукта, °С

r = скрытая теплота парообразования, ккал/кг

Рис. 19-1 Типическая обвязка паровых спутников



Пример :
Одиночный паровой спутник с паром под давлением 11 бар обогревает продуктовый трубопровод Ду100, длиной 30м. Продуктопровод изолирован, чтобы температура продукта сохранялась равной 90°C при расчетной наружной температуре окружающей среды равной минус 25. Учтем, что эффективность изоляции равна 75%. Чему равен расход конденсата?

Применяя формулу, получим :

$$Q_c = \frac{30\ м\ .\ 0{,}36м^2\ .\ 11\ ккал/м^2/час/°C\ .\ 115°C\ .\ 0{,}25}{481} = 7{,}1\ кг/час$$

Таблица 20-1. Коэффициент теплопередачи **k** Ккал/м²/час/°C, при теплообмене между стальным паровым спутником и продуктопроводом в зависимости от вязкости продукта

Вязкость при норм. температ.		Плотность жидкости			
SSU*	Сантистокс.	1	0,934	0,876	0,825
35	3	100	112	148	172
70	13	74	100	112	148
350	75	59	74	100	-
700	150	49	64	83	-
2000	475	35	49	-	-
3500	750	25	39	-	-

*SSS: стандартная единица вязкости Сейболта

Рис. 20-1 Типическая обвязка паровых спутников

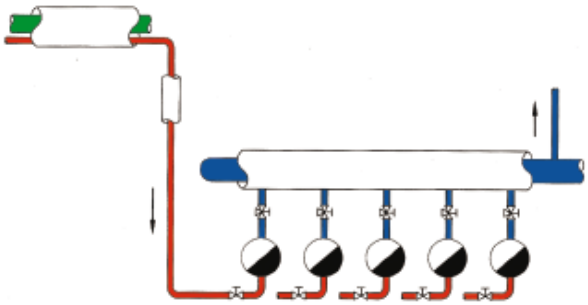
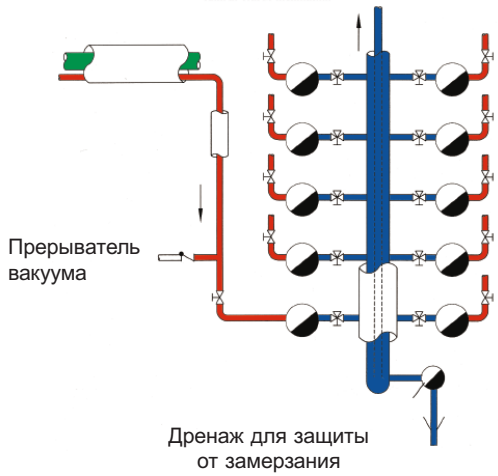


Рис. 20-2 Типическая обвязка паровых спутников



Важное примечание:
В большинстве случаев применения конденсатоотводчиков на паровых спутниках, расход конденсата оказывается удивительно низким, следовательно, для этой цели подходит самый маленький конденсатоотводчик. Исходя из способности сберегать энергию, работать при малых расходах, выдерживать замерзание и продувать систему, для эксплуатации на паровых спутниках рекомендуется конденсатооводчик с опрокинутым поплавком.

Способ установки
Распределительные или питающие паропроводы должны прокладываться выше продуктопроводов, которым необходимы паровые спутники.
Для эффективного дренирования конденсата и продувки неконденсируемых газов рекомендуется монтировать паровые спутники с уклоном для обеспечения самотека и устанавливать на всех их нижних точках конденсатоотводчики. Это также поможет избежать замерзания спутников.
См. Рис. 19-1, 20-1, 20–2.
Чтобы сберечь энергию, конденсат должен возвращаться в котел. Для обеспечения беспрерывного дренажа рекомендуется непосредственно перед конденсатоотводчиками устанавливать прерыватель вакуума, чтобы избегать запирания системы при дренаже самотеком. Устройство специального дренажа для защиты от замерзания выпускного коллектора конденсатоотводчиков рекомендуется в случаях преобладания холодных климатических условий.

Таблица 20-2. Коэффициент к для медленно текущих сред

Теплоноситель	Материал стенки	Обогреваемая среда	k Ккал/м2/час/°C
Воздух	Чугун	Воздух(газ)	5
Воздух	Сталь	Воздух(газ)	7
Вода	Чугун	Воздух(газ)	7
Вода	Сталь	Воздух(газ)	10
Вода	Медь	Воздух(газ)	11
Пар	Чугун	Вода (газ)	10
Пар	Сталь	Вода (газ)	11
Пар	Медь	Вода (газ)	15
Пар	Чугун	Вода	750
Пар	Сталь	Вода	900
Пар	Медь	Вода	1000
Вода	Чугун	Вода	200-250
Вода	Сталь	Вода	300-350
Вода	Медь	Вода	300-400

Как отводить конденсат из оборудования для обогрева помещений

Оборудование для обогрева помещений, такое как калориферы, агрегаты для кондиционирования воздуха и трубчатые змеевики имеется практически на всех промышленных предприятиях. Этот тип оборудования относится к основному и требует минимального техобслуживания. В результате, конденсатоотводчики в течение длительного времени остаются без внимания. Одной из проблем, возникающих из такого пренебрежения, является остающийся в змеевике конденсат, который может привести к повреждению змеевика в результате замерзания, коррозии и гидравлического удара.

Выбор конденсатоотводчика и коэффициента запаса

Тип и размер подходящего конденсатоотводчика определяются условиями его эксплуатации, в т. ч. зависят от того, под каким давлением пар поступает в теплообменник – под постоянным или переменным.

1. Постоянное давление пара

Используйте конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком или конденсатоотводчик типа F & T (с закрытым поплавком и термостатическим клапаном для выпуска воздуха). Выбирайте коэффициент запаса 3:1 при перепаде давления, равном рабочему.

2. Переменное (регулируемое) давление пара

Применяйте конденсатоотводчики типа F & T или конденсатоотводчики с опрокинутым поплавком, снабженным термостатическим клапаном выпуска воздуха.

- При давлении от 0 до 1 бар принимайте коэффициент запаса 2:1 при перепаде давления 0,1 бар.
- При давлении от 1 до 2 бар принимайте коэффициент запаса 2:1 при перепаде давления 0,2 бар.
- При давлении свыше 2 бар принимайте коэффициент запаса 3:1 при перепаде давления 0,5 от максимального рабочего перепада.

  В случае применения конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком, не снабженным термостатическим клапаном:
- Только при давлении свыше 2 бар – применяйте коэффициент 3:1 при перепаде давления 0,5 от максимального рабочего перепада.

Выбор конденсатоотводчиков для калориферных установок и установок кондиционирования воздуха.

Чтобы рассчитать количество конденсата, которое потребуется отводить, можно использовать три метода. Выбор конкретного метода зависит от имеющихся данных об условиях эксплуатации.

1. Метод расчета по номинальной тепловой мощности в Ккал

Стандартной номинальной характеристикой для калориферных установок и других змеевиковых нагревателей воздуха является тепловая мощность в Ккал при давлении пара в установке, равном 1,15 бар абс и температуре входящего воздуха 15°С. Чтобы перевести стандартную тепловую мощность в тепловую мощность при реальных условиях, используйте коэффициенты из Табл. 24-1. Определив количество конденсата, образующегося в реальных условиях, умножьте его на соответствующий коэффициент запаса.

2. Метод расчета по объему нагреваемого воздуха в м³ /мин и повышению его температуры

Когда известна только производительность вентилятора в м³/мин и величина, на которую повышается температура воздуха, фактическую мощность теплообменника в Ккал можно определить по следующей простой формуле:

Ккал/час = м³/мин . 18 . повышение температуры в ⁰С

Пример: Какой конденсатоотводчик подойдет для дренажа конденсата из калорифера, нагревающего 100 м³/мин воздуха на 30⁰С? Давление пара 5 бар абс.

Используя приведенную формулу, получим:

100 . 18 . 30 = 54 000 Ккал/час

Разделим 54 000 Ккал/час на 503,4 Ккал/кг (скрытая теплота парообразования при абсолютном давлении пара 5 бар), чтобы вычислить количество конденсата, и помножим на коэффициент запаса 3:1. Отсюда получим, что потребуется конденсатоотводчик с пропускной способностью 322 кг/час.

Коэффициент 18 в приведенной формуле выводится следующим образом:

1 м³/мин . 60 = 60 м³/час

60 м³/час . 1,25 (плотность воздуха в кг/м³ при 15⁰С) = 75 кг/час

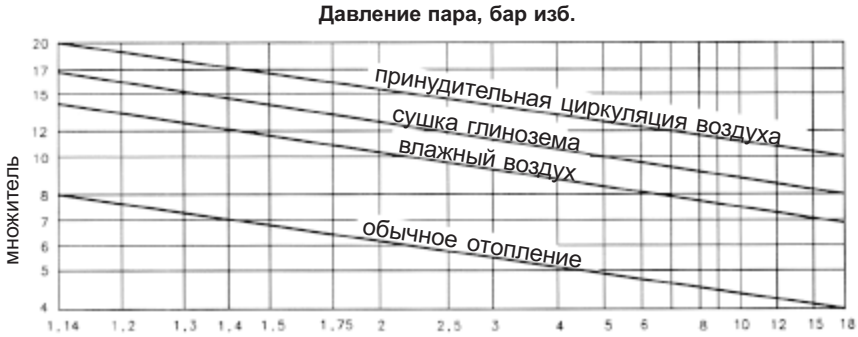
75 кг/ч . 0,24 (удельная теплоемкость воздуха в Ккал/кг/⁰С) = 18 Ккал/ч/⁰С.

3. Расчет по количеству конденсата

Определив тепловую мощность в Ккал:

1. Разделите тепловую мощность в Ккал на величину скрытой теплоты парообразования при давлении используемого пара. См. колонку 2 Табл. 24-1 или Таблицу «Свойства насыщенного пара» на стр. 4. Результатом будет фактическая масса конденсирующегося пара. Для приблизительной оценки количества конденсата, на практике можно поделить мощность в Ккал на 500.
2. Умножьте фактическую массу конденсирующегося пара на коэффициент запаса 3, чтобы получить требуемую пропускную способность при непрерывном выпуске конденсата.

График 22-1. Повышающие коэффициенты для выбора конденсатоотводчиков для многорядных трубчатых змеевиков



Выбор конденсатоотводчиков для трубчатых змеевиков

Трубчатые змеевики. По мере возможности, устанавливайте индивидуальные конденсатоотводчики для каждого змеевика во избежание «короткого замыкания».

Одиночные трубчатые змеевики. Чтобы выбрать конденсатоотводчики для одиночных трубчатых змеевиков или для змеевиков с индивидуальными конденсатоотводчиками, найдите количество конденсата, образующегося на *м*^{2} трубы по Табл. 24-2. Помножьте это количество на длину трубы в *м* и на площадь поверхности трубы в *м*^{2} на *м* длины по Табл. 24-3, чтобы получить количество образующегося в змеевике конденсата.
Для быстрого разогрева следует применить коэффициент запаса 3:1 и выбрать конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком, снабженным термоклапаном выпуска воздуха. Там, где быстрый разогрев не требуется, применяйте коэффициент запаса 2:1 и стандартный конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком.

Многорядные трубчатые змеевики. Чтобы выбрать конденсатоотводчики для нагревателей, состоящих из нескольких рядов труб, поступайте следующим образом:

1. Определите площадь поверхности труб в *м*^{2}, умножив длину труб на удельную площадь наружной поверхности в *м*^{2}/*м* (См. Табл. 24-3).
2. Умножьте площадь труб в *м*^{2} на интенсивность образования конденсата из Табл. 24-2. Результатом будет нормальный расход конденсата.
3. По графику 1 найдите повышающий коэффициент для конкретных условий.
4. Помножьте нормальный расход конденсата на повышающий коэффициент, чтобы получить требуемую пропускную способность конденсатоотводчика в режиме непрерывного выпуска конденсата.

Коэффициент запаса учтен в величине коэффициента.

Рекомендации по выбору коэффициентов запаса предусматривают:
1. Предотвращение «короткого замыкания» между рядами труб нагревателя.
2. Обеспечение соответствующей пропускной способности при самых тяжелых условиях работы конденсатоотводчика.
В условиях очень холодной погоды температура входящего воздуха может быть ниже расчетной, а повышенный расход пара на всех участках предприятия может привести к падению его давления и к повышению давления в конденсатопроводах. Эти факторы понижают пропускную способность конденсатоотводчика.
3. Обеспечение вывода воздуха и других неконденсирующихся газов.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Для отопления на низком давлении пара применяйте коэффициент запаса при фактическом перепаде давления, а не обязательно при давлении питающего пара, имея ввиду, что конденсатоотводчик должен также быть работоспособным и при максимально возможном перепаде давления.

УСТАНОВКА КОНДЕНСАТООТВОДЧИКОВ

В общем случае придерживайтесь рекомендаций конкретных изготовителей. Рис. 23-1, 23-2, 23-3 и 23-4 представляют согласованную точку зрения изготовителей оборудования для обогрева помещений.

Предохранительный (дублирующий) конденсатоотводчик. Такой конденсатоотводчик следует применять, когда имеется вероятность, что давление на входе основного конденсатоотводчика упадет ниже давления на его выходе, особенно, при работе калорифера на морозном воздухе. Одним из таких случаев может быть работа калорифера при автоматическом регулировании давления греющего пара и возврате конденсата в конденсатный коллектор, расположенный выше теплообменника. Когда основной конденсатоотводчик не справляется с выводом конденсата, его уровень в колене-отстойнике повышается, конденсат поступает в предохранительный конденсатоотводчик и выводится из него, предохраняя теплообменник от затопления. Конденсатоотводчик типа F&T (с закрытым поплавком и термоклапаном выпуска воздуха) обеспечивает хороший дренаж благодаря способности выводить большие количества воздуха и простоте действия. Предохранительный конденсатоотводчик должен иметь такую же пропускную способность, как и основной.

Схема правильного применения предохранительного дренажа показана на рис. 23-5. Предохранительный конденсатоотводчик должен присоединяться к колену-отстойнику теплообменника выше основного, а конденсат из него следует сбрасывать в открытый дренаж. Отверстие сливной пробки предохранительного конденсатоотводчика соединяется с входом основного конденсатоотводчика. Это предотвратит потерю конденсата, образующегося в предохранительном конденсатоотводчике, в результате излучения тепла его корпусом при работающем основном конденсатоотводчике. Предохранительный конденсатоотводчик должен иметь встроенный клапан срыва вакуума для обеспечения работоспособности при падении давления в теплообменнике ниже атмосферного. Входной патрубок клапана срыва вакуума следует выполнять в форме «гусака», чтобы препятствовать всасыванию загрязнений при срабатывании. Этот патрубок должен подниматься выше нижней точки теплообменника, чтобы предотвратить утечку воды при срабатывании клапана срыва вакуума, когда колено-отстойник и корпус конденсатоотводчика заполнены конденсатом.

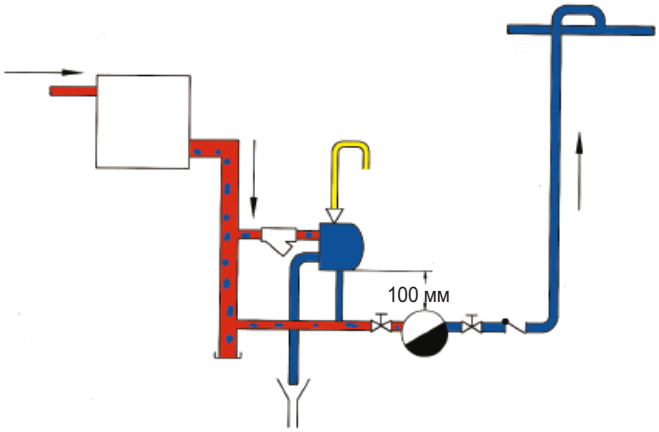


Рис. 23-5 Применение предохранительного дренажа

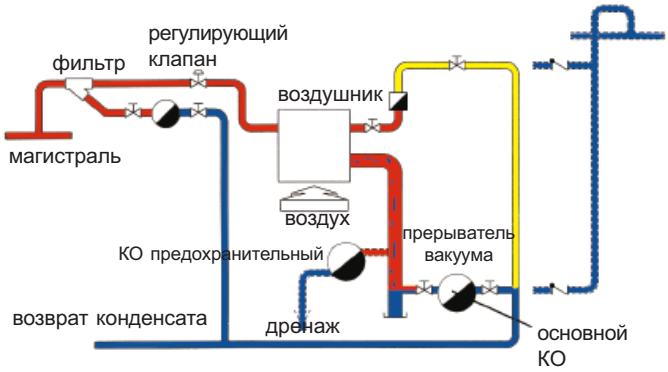


Рис.23-1. Схема обвязки паровоздушного калорифера

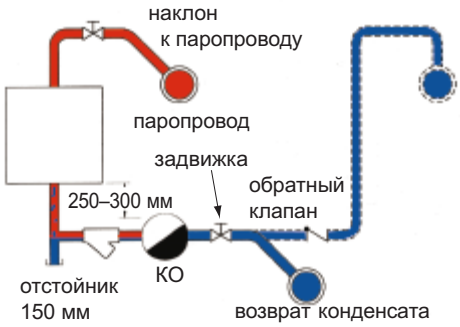


Рис.23-3. Общепринятая схема обвязки и дренажа калориферов для горизонтальной подачи воздуха, работающих на паре высокого давления (выше 1,0 бар). Длина колен-отстойников на рис.3 и 4 должна быть не менее 250-300 мм.

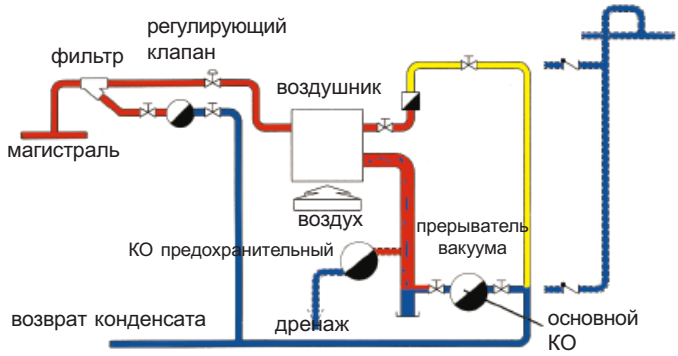


Рис. 23-2. Схема обвязки паровоздушного калорифера

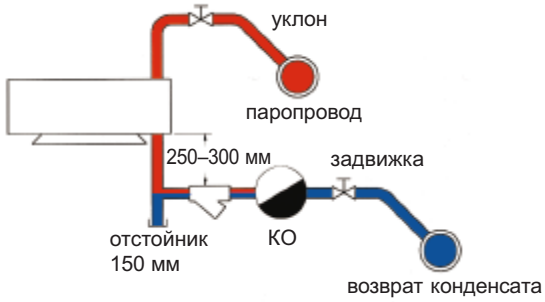


Рис. 23-4. Общепринятая схема обвязки и дренажа калориферов для вертикальной подачи воздуха, работающих на паре низкого давления (менее 1,0 бар).

Таблица 23-1. Таблица коэффициентов для определения теплопроизводительности калориферной установки, работающей в нестандартных условиях (стандартными являются – давление пара 1,15 бар и температура входящего воздуха 15^{0}C). Умножьте стандартную теплопроизводительность калорифера на соответствующий коэффициент.

vlepiť zo str 24
maketa

Таблица 23-2. Интенсивность образования конденсата в паропроводах, кг/час/м^2

vlepiť zo str 24 maketa

Таблица 23-3. Размеры труб для расчета потерь тепла от излучения

vlepiť zo str 24
maketa

Примечание: Для труб по ГОСТ величины наружных диаметров, площади и массы могут отличаться от указанных в Таблице. Указанные в Таблице данные можно использовать для ориентировочной оценки теплопотерь отечественных труб.

Как отводить конденсат из технологических воздухонагревателей

Технологические воздухонагреватели применяются для сушки бумаги, древесины, молока, крахмала и другой продукции, а также для подогрева воздуха, подаваемого в топки котлов.

Распространенными представителями этого оборудования являются технологические сушилки, тоннельные сушилки, подогреватели воздуха для топок котлов. В отличие от воздухонагревателей для обогрева помещений, технологические воздухонагреватели работают при очень высоких температурах, при этом температура 260^{0}C не является редкостью. Для работы при таких экстремально высоких температурах необходим пар высокого давления (а иногда и перегретый пар).

Выбор конденсатоотводчика и коэффициента запаса

Определите количество конденсата, образующегося в воздухонагревателе, по следующей формуле:

$$G_К = \frac{V \cdot c \cdot q \cdot 60\text{min} \cdot \Delta t}{R}$$

$G_К$ – расход конденсата, кг/ч
V – расход воздуха, м^3/мин
c – удельная теплоемкость воздуха, ккал/кг/^{0}C
q – плотность воздуха – 1,2 кг/м^3 при 15^{0}C (температура входящего воздуха)
Δt – нагрев воздуха, ^{0}C
R – скрытая теплота парообразования, Ккал/кг

Пример: Сколько конденсата образуется в тоннельной сушилке, нагревающей 60 м^3/мин воздуха на 35^{0}C? Давление пара 5,0 бар абс. Применяя формулу, получим:

$$G_К = \frac{60 \cdot 0{,}24 \cdot 1{,}2 \cdot 60\text{min} \cdot 35}{503{,}4} = 72 \text{ кг/ч}$$

Помножив на коэффициент запаса, равный 2, рекомендуемый для всех технологических воздухонагревателей, работающих при постоянном давлении пара, получим, что нужен конденсатоотводчик с пропускной способностью 144 кг/ч. Это справедливо для установки, имеющей одну секцию. Для более высокого нагрева воздуха могут потребоваться дополнительные секции, установленные последовательно.

Коэффициенты запаса

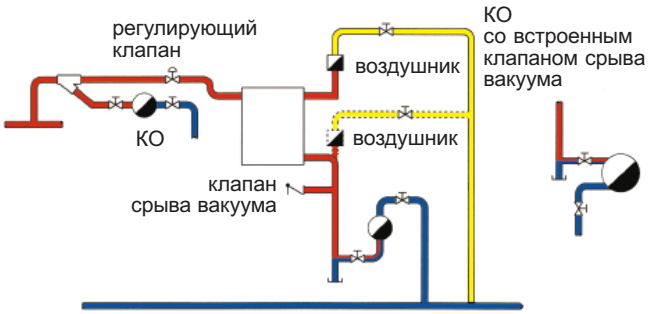
Если нагреватель работает на паре постоянного давления, применяйте коэффициент запаса 2:1 при рабочем перепаде давления. Когда давление пара регулируется автоматически, применяйте коэффициент 3:1 при перепаде давления 0,5 от максимального перепада давления на конденсатоотводчике.

Установка конденсатоотводчиков

Предусмотрите, чтобы трубопроводы всего воздухонагревателя в целом, включая все соединения конденсатоотводчиков, имели достаточную возможность воспринимать температурное расширение, вызываемое большими колебаниями температур. Устанавливайте конденсатоотводчики с отстойниками длиной не менее 150 мм на 250-300 мм ниже теплообменников. Между теплообменником и конденсатоотводчиком устанавливайте клапан срыва вакуума, независимо от того, на каком давлении работает теплообменник – постоянном или регулируемом. На каждой секции устанавливайте автоматический воздушник для удаления воздуха и других неконденсирующихся газов, которые могут вызвать ускоренную коррозию.
См. Рис. 25-1.

Если конденсат должен отводиться вверх, или если в конденсатопроводе имеется противодавление, предусматривайте установку предохранительного (дублирующего) конденсатоотводчика.

Рис. 25-1



Как отводить конденсат из трубчатых теплообменников и погружных змеевиков

Погружные змеевики – это теплопередающие элементы которые полностью находятся внутри среды, подлежащей нагреву, выпариванию или концентрированию. Такой тип змеевиков имеется практически на всех установках и производствах, где применяется пар. Наиболее характерными примерами являются водонагреватели, кипятильники, обогреватели, испарители и выпаривающие установки. Они используются для нагрева воды, идущей на технологические цели или на бытовые нужды: для испарения промышленных газов, таких как пропан и кислород; для повышения концентрации перерабатываемых веществ, таких как сахар, черный щелок и нефтепродукты; для нагрева вязких видов жидкого топлива с целью облегчения его подачи и распыления в форсунках. Разнообразные условия эксплуатации вызывают необходимость использования постоянного или переменного давления пара, что также влияет на выбор подходящего вида конденсатоотводчика. К числу факторов, чаще всего принимаемых во внимание при выборе конденсатоотводчика, относятся: пригодность для вывода воздуха при низких перепадах давления, энергосберегающие свойства, работоспособность на загрязненных средах и пригодность для вывода залповых поступлений конденсата. Чтобы помочь определить подходящий тип и типоразмер конденсатоотводчика, было разработано три стандартных метода выбора.

Коэффициент запаса

1. Постоянное давление пара:
   Для конденсатоотводчиков с опрокинутым поплавком и конденсатоотводчик с закрытым поплавком и выпускным термоклапаном П+Т коэффициент запаса принимается 2:1 при рабочем перепаде давления.
2. Регулируемое переменное давление пара:
   Рекомендуются конденсатоотводчики типа П+Т или с опрокинутым поплавком.
   А. Для давления пара 0 – 2 бар коэффициент запаса 2 : 1 при перепаде давления 0,1 бар
   Б. Для давления пара 2 – 3 бар коэффициент запаса 2 : 1 при перепаде давления 0,2 бар.
   В. для давления пара свыше 3 бар коэффициент запаса 3 : 1 при перепаде давления равном 1/2 от максимального перепада давления на конденсатоотводчике.
3. Постоянное или регулируемое переменное давление пара в сочетании с сифонным дренажом:
   Рекомендуется дифференциальный регулятор конденсата и коэффициент запаса 3 : 1 при перепаде давления 1/2 от максимального перепада давления на конденсатоотводчике. Другим вариантом решения может быть конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком и увеличенным вентиляционным отверстием (IBLV) для которого коэффициент запаса принимается равным 5:1.

Примечание:

При наличии большого количества загрязнений и воздуха эффективно применение конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком в сочетании с отдельно стоящим термостатическим клапаном для сбора воздуха.

Трубчатые теплообменники

Трубчатые теплообменники являются одной из разновидностей погружных змеевиков, см. Рис. 26-1.Такие теплообменники состоят из множества трубок, установленных внутри корпуса или оболочки с ограниченным свободным объемом. Это обеспечивает постоянный контакт между трубками и нагреваемой средой, проходящей внутри оболочки. Хотя термин «погруженный змеевик» предполагает, что пар находится внутри трубок, а сами трубки погружены в нагреваемую среду, все приведенное будет справедливо и для противоположных условий, т.е. когда пар заполняет оболочку, а нагреваемая среда пропускается по трубкам.

Выбор конденсатоотводчика для трубчатых теплообменников

Чтобы определить расход конденсата для трубчатых нагревателей при известном расходе нагреваемой среды, используйте нижеприведенную формулу. (Если известны только размеры нагревающего змеевика, используйте формулу для штампованных змеевиков. Проверьте, чтобы коэффициент «к» был выбран правильно):

$$Q_c = \frac{m \cdot \Delta t \cdot c \cdot 60 \cdot g}{r}, \text{ где}$$

Q_c = расход конденсата, кг/час
m = расход нагреваемой жидкости, л/мин
Δt = разность температур, °C
c = удельная теплоемкость нагреваемой жидкости, ккал/кг/°C
60 = 60 мин = 1 час
γ = плотность нагреваемой жидкости
r = скрытая теплота парообразования, ккал/кг см. Табл. «Свойства насыщенного пара» (Страница 4)

Пример

Представим, что расход нагреваемой воды равен 30л/мин при начальной температуре поступающей воды 20°C и температуре воды на выходе 120°C. Нагрев паром при давлении 1 бар.

Определим нагрузку по конденсату, т.е. расход конденсата. Применив формулу, получим :

$$Q_c = \frac{30 \cdot 100°C \cdot 1 \text{ккал/кг/°C} \cdot 60 \cdot 1}{539 \text{ ккал/кг}} = 335 \text{кг/ч}$$

Рис.26-1 Типичная схема обвязки трубчатого теплообменника

Штампованные змеевики

Открытые емкости с водой или химикатами часто нагревают при помощи штампованных змеевиков. См. Рис.27-1. Каналы для пара в них сформированы путем выдавливания канавок в полупанелях из металлического листа. Каждая из полупанелей является зеркальным отображением другой и, после приварки друг к другу, образуют конструкцию, обеспечивающую проход пара, теплопередачу и отвод конденсата.

Выбор конденсатоотводчика для штампованных змеевиков

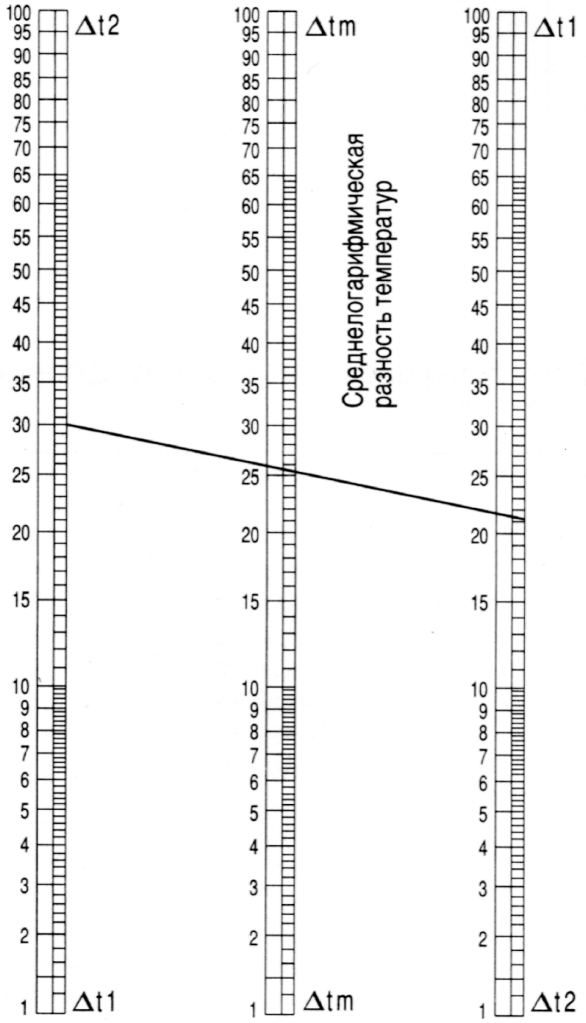
Если две рабочих среды проходят вдоль разделяющей их стенки и имеют разную температуру, то температура одной из них повышается, а другой – понижается, причем средняя разность температур этих сред. Δtm, как например пара и нагреваемой жидкости (или между входом и выходом теплообменника) определяется логарифмической зависимостью по формуле :

$$\Delta tm = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{l_n \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$, где

Δt_1 = наибольшая разность температур

Δt_2 = наименьшая разность температур

Среднелогарифмическую разность температур можно определить с несколько меньшей точностью по номограмме График 27-1.

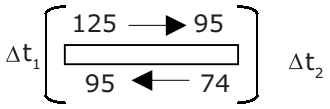


Номограмма 27-1. Средние значения разности температур для теплообменного оборудования.

Пример

Какова величина среднелогарифмической разности температур между жидкостью, нагреваемой от 74°C до 95°C, и теплоностителем, температура которого понижается от 125°C до 95°C?

Применив формулу, получим :



Δt_1 = 125 – 95 = 30°C

Δt_2 = 95 – 74 = 21°C

$$\Delta t_m = \frac{30 - 21}{l_n \frac{30}{21}} = \frac{9}{0.36} = 25°C$$

Величина теплого потока, передаваемого через панели штампованного змеевика, определяется по формуле :

$H = A \cdot k \cdot \Delta t_m$, где:

H = величина передаваемого теплового потока, ккал/м²/час

A = площадь теплопередачи, м²

k = коэффициент теплопередачи, ккал/м²/час/°C. См. Табл. 28-2

Δt_m = среднелогарифмическая разность температур, °C

Пример:

Какова величина теплового потока через панели штампованного змеевика площадью 8 м², нагревающего жидкость при помощи пара до температуры, указанной в предыдущем примере?

Коэффициент теплопередачи принимаем равным 900 ккал/м²/час/°C

H = 8 . 900 . 25 = 180 000 ккал/час

Для определения расхода конденсата разделите величину полученного теплого потока на величину скрытой теплоты парообразования, имеющего температуру 125°C.

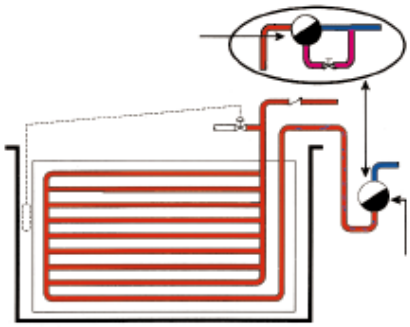
Температура 125°C ориентировочно соответствует пару под давлением 2,5 бар, который имеет скрытую теплоту парообразования 521 ккал/кг. См. «Свойства насыщенного пара» стр. 4.

Определим расход конденсата:

$$Q_c = \frac{H}{r} = \frac{180000 \text{ ккал/час}}{521 \text{ ккал/кг}} = 345{,}5 \text{ кг/час}$$

Чтобы правильно выбрать конденсатоотводчик для данных условий, умножьте расход конденсата на соответствующий коэффициент запаса.

Рис. 27-1. Штампованный змеевик с термостатическим регулированием и сифонным дренажом



Трубчатые змеевики

Трубчатые змеевики – это теплопередающие трубчатые конструкции, погруженные в емкость, объем которой значительно больше объема самых змеевиков. См. Рис. 27-1, Рис. 28-1. Это является их основным отличием от трубчатых теплообменников. Как и в случае погружных змеевиков, их дренаж может производиться либо самотеком, либо с помощью сифона в зависимости от условий установки. В отличие от штампованных змеевиков, трубчатые змеевики устанавливаются, большей частью, в закрытых емкостях.

Выбор конденсатоотводчика для трубчатых змеевиков

Определите расход конденсата в змеевике по одной из формул, приведенных ранее, в зависимости от имеющихся данных. Если известна производительность, т.е. расход нагреваемой среды, применяйте формулу для трубчатых теплообменников: если известны рамеры змеевика, применяйте формулу для штампованных змеевиков.

Способ установки

При дренировании самотеком, на трубчатых теплообменниках, штампованных и трубчатых змеевиках конденсатоотводчик устанавливается ниже уровня змеевика. Если пар подается под регулируемым переменным давлением, установите прерыватель вакуума. Он может быть встроенным в конденсатоотводчик с закрытым поплавком и термоклапаном или устанавливаться отдельно на входном патрубке конденсатоотводчика с опрокинутым поплавком. Перед конденсатоотводчиком установите колено-отстойник достаточно большого размера, чтобы он работал как накопитель. Это обеспечит надежную работу конденсатоотводчика в том случае, когда максимальный расход конденсата совпадет с минимальным перепадом давления пара.

Избегайте подъема конденсата от трубчатых теплообменников, штампованных и трубчатых змеевиков, работающих при регулируемом переменном давлении. Однако, в случае такой необходимости, рекомендуется следующее :

1. Не пытайтесь поднять конденсат как перед конденсатоотводчиком, так и после него, выше чем 1 м на каждую 0,1 бара нормального перепада давления.
2. Если подъем конденсата производится после конденсатоотводчика, предусмотрите установку дублирующего дренажа низкого давления.
3. Если подъем конденсата производится перед конденсатоотводчиком (с помощью сифона), устанавливайте автоматический дифференциальный регулятор конденсата, чтобы эффективно выводить весь пар вскипания.

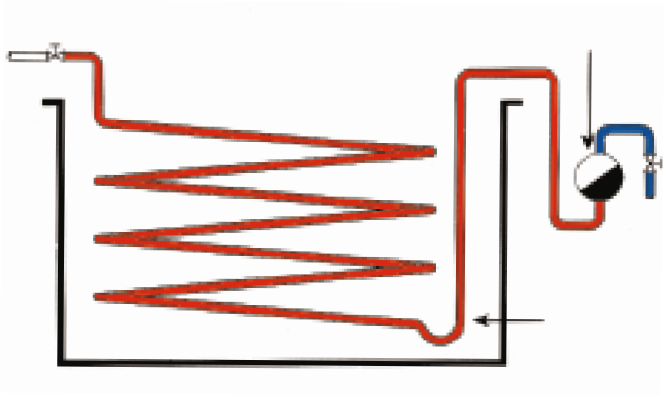
Таблица 28-1. Величина коэффициента k для трубчатых змеевиков, ккал/м^2/час/°C

Вид теплопередачи	Вид циркуляции	
	Естественная	Принудительная
От пара к воде	245-975	730-5800
Трубчатый нагреватель Ду40	875	2200
Трубчатый нагреватель Ду20	975	2450
От пара к маслу	50-150	245-730
От пара к кипящей жидкости	1450-3900	-
От пара к кипящему маслу	245-730	-

Таблица 28-2. Величина коэффициента k для штампованных змеевиков, ккал/м^2/час/°C

Вид теплопередачи	Вид циркуляции	
	Естественная	Принудительная
От пара к водным растворам	500-975	730-1350
От пара к легким маслам	200-220	300-540
От пара к средним маслам	100-200	245-490
От пара к бункерному топливу	80-120	200-400
От пара к битуму	80-120	90-300
От пара к расплаву серы	120-170	170-220
От пара к расплаву парафина	120-170	200-250
От пара к мелассе или сиропу	100-200	345-440
От теплоносителя “Даутерм” к битуму	80-150	245-300

Рис. 28-1. Непрерывный трубчатый змеевик с сифонным дренажом



Как отводить конденсат из котлов с паровой рубашкой

Котлы с паровой рубашкой являются по существу варочными или выпарными котлами с паровой рубашкой. Их можно встретить во всех частях света, где они используются для всевозможных целей. Производство мясных консервов, бумаги, сахара, вытапливание жиров, обработка фруктов и овощей, производство продуктов питания – только некоторые из них.

В основном, имеется два типа котлов с паровой рубашкой – с неподвижным гравитационным дренажом и с шарнирным сифонным дренажом. Для каждого типа нужен свой особый способ удаления конденсата, при этом основные проблемы являются общими для обоих типов.

Наиболее важная из присущих им проблем – воздух, попадающий в паровую рубашку, который сильно влияет на рабочую температуру. В котлах продукт обычно обрабатывается определенными порциями и поддержание одинаковой температуры или температуры варки имеет принципиальное значение. При повышенном содержании воздуха в паровой рубашке возникают большие колебания температуры, из-за которых продукт может подгореть и/или процесс его обработки будет происходить медленней. Более конкретно, воздух, содержащийся в паре в количестве всего лишь 0,5% объемных, может при определенных условиях образовать на поверхности теплообмена изолирующую пленку и понизить эффективность теплообмена на 50%. См. стр. 8.

Другая важная проблема эксплуатации котлов с паровой рубашкой – необходимость постоянного и полного удаления конденсата. Накопление конденсата в паровой рубашке приводит к нестабильному регулированию температуры, понижает производительность котла и вызывает гидроудары.

Выбор конденсатоотводчика для котлов с паровой рубашкой

Требуемую пропускную способность конденсатоотводчиков для котлов с паровой рубашкой можно определить по следующей формуле:

$$G_K = \frac{F \cdot K \cdot \Delta t}{R}$$, где

G_K – расход конденсата, кг/ч;
F – площадь поверхности паровой рубашки, м^2;
K – коэффициент теплопередачи, ккал/ч/м^2/^{0}C;
Δt – нагрев продукта, ^{0}C;
R – скрытая теплота парообразования, ккал/кг.

Пример: Какая пропускная способность должна быть у конденсатоотводчика, рекомендуемого для варочного котла с неподвижным дренажом и внутренним диаметром 800 мм? Котел работает на паре давлением 6,0 бар абс. и нагревает жидкость от 20 до 143^{0}C. Используя эту формулу, получим:

$$G_K = \frac{1{,}18 \cdot 850 \cdot 123}{498} = \mathbf{248\ кг/ч}$$

F = 1,18 м^2 (по паспортным данным)
K = 850 ккал/ч/м^2/^{0}C – принятое значение K для нержавеющей стали

Теперь, чтобы выбрать подходящий по типу и пропускной способности конденсатоотводчик, достаточно умножить полученный расход конденсата на коэффициент запаса 3.

Для другого метода определения расхода конденсата используется формула:

$$G_K = \frac{V \cdot \gamma \cdot c \cdot \Delta t}{R \cdot h}$$, где

G_K – расход конденсата, кг/ч;
V – объем нагреваемой жидкости, л;
γ – плотность жидкости, кг/м^3;
c – удельная теплоемкость жидкости, ккал/кг/^{0}C;
Δt – нагрев жидкости, ^{0}C;
R – скрытая теплота парообразования, ккал/кг;
h – продолжительность нагрева, час.

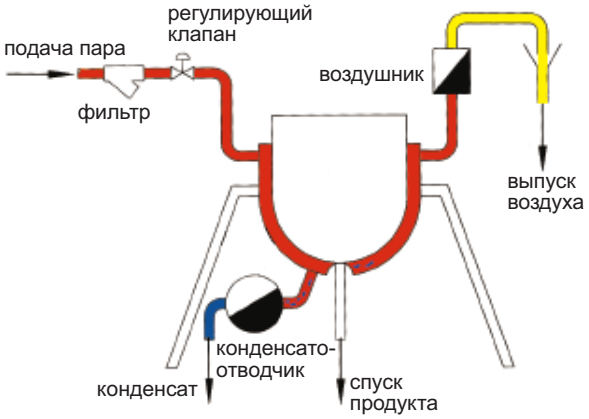


Рис. 29-1. Схема обвязки варочного котла с неподвижным гравитационным дренажом

Пример: Подберите конденсатоотводчик для варочного котла объемом 1000 л, работающего на паре давлением 1,5 бар абс и нагревающего продукт, имеющий плотность 1,03 кг/м^3 и удельную теплоемкость 0,90 (молоко). Нагрев производится от комнатной температуры 20^{0}C до 80^{0}C за 0,5 часа. Используя вторую формулу, получим:

$$G_K = \frac{1000 \cdot 1{,}03 \cdot 0{,}9 \cdot 60}{531{,}8 \cdot 0{,}5} = \mathbf{209{,}1\ кг/ч}$$

Теперь достаточно умножить результат на коэффициент запаса 3, чтобы получить требуемую пропускную способность и подобрать подходящий по типу и пропускной способности конденсатоотводчик.

Исходя из обычных требований и проблем, связанных с эксплуатацией варочных котлов с неподвижным дренажом, наиболее эффективным конденсатоотводчиком будет конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком.
Конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком выводит воздух и CO_2 при температуре пара и эффективно работает при противодавлении. Для выпуска конденсата из варочных котлов с качающимся шарнирным дренажом, наиболее подходящим будет автоматический дифференциальный регулятор выпуска конденсата. Выполняя те же функции что и конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком, дифференциальный регулятор конденсата (DC) имеет более высокую способность выводить газы при низком давлении и превосходно справляется с паром вторичного вскипания. Если для сифонного дренажа выбран конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком, то применяйте конденсатоотводчик на один типоразмер больше.

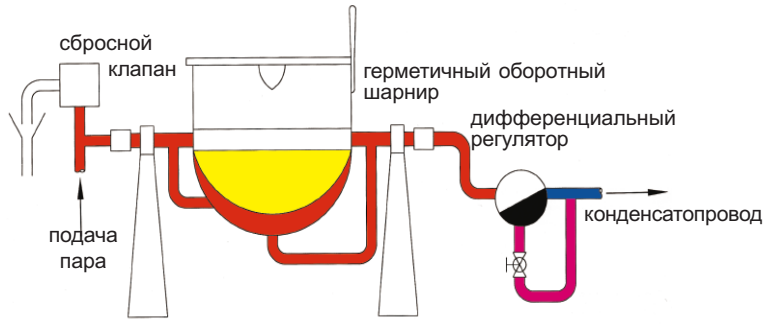


Рис. 30-1. Схема обвязки варочного котла с сифонным качающимся дренажом

Общие рекомендации для достижения максимальной эффективности

Желательная скорость варки
Т.к. род обрабатываемого продукта оказывает большое влияние на выбор подходящего конденсатоотводчика, то на предприятии, имеющем значительное количество котлов с паровой рубашкой, следует экспериментально опробовать разные размеры конденсатоотводчиков, чтобы выбрать тот, который дает наилучшие результаты.

Подача пара
Паропроводы, подающие пар к котлам, должны иметь увеличенное сечение. Входной паровой штуцер размещайте в самой верхней части паровой рубашки. Он должен иметь распределительные отверстия, чтобы поток пара охватывал всю площадь паровой рубашки.

Установка конденсатоотводчиков

Устанавливайте конденсатоотводчики как можно ближе к котлу. Повысить надежность и полноту вывода воздуха можно при помощи автоматического термостатического воздушника, который устанавливается на верхней части паровой рубашки. См. Рис. 29-1 и 30-1.
Никогда не отводите конденсат из двух и более котлов при помощи общего конденсатоотводчика. Групповой дренаж неизбежно приведет к «короткому замыканию».

Как выводить конденсат из оборудования со стационарными закрытыми паровыми камерами

К оборудованию со стационарными закрытыми паровыми камерами относятся прессы для изготовления фанеры и других листовых материалов, пресс-формы для резинотехнических и пластмассовых деталей, автоклавы для вулканизации и стерилизации и паровые камеры для приготовления пищевых продуктов.

1. Продукция находится внутри пресса с паровой рубашкой

В оборудовании этого типа формуются и вулканизируются пластмассовые и резиновые изделия, такие как корпуса аккумуляторов, игрушки, фитинги и шины, а фанерные изделия прессуются и пропитываются клеем. Гладильные прессы прачечных представляют собой специфический вид таких прессов, у которых паровая камера находится только с одной стороны обрабатываемого предмета.

Выбор конденсатоотводчика и коэффициента запаса

Количество конденсата, образующегося в оборудовании со стационарными закрытыми паровыми камерами, определяется по следующей формуле:

$\mathbf{G_K = A \cdot q}$, где:

G_K – расход конденсата, кг/ч;

A – суммарная площадь плит, находящихся в контакте с продукцией, $м^2$;

q – интенсивность образования конденсата, $кг/м^2/ч$; (для определения пропускной способности конденсатоотводчиков можно принимать q = **35 $кг/м^2/ч$).**

Для оконечных плит расход конденсата составляет 0,5 G_K одной средней плиты.

Пример: Сколько конденсата образуется в средней плите пресса с размерами 600 x 900 мм? Используя формулу, получим:

$G_K = 0.54\ м^2 \cdot 35\ кг/м^2/ч = 18.9\ кг/ч$

В оконечных плитах будет образовываться 0,5 этого количества.

Коэффициент запаса, рекомендуемый для всех типов такого оборудования, равен 3:1.

Требуемая пропускная способность конденсатоотводчика для одной плиты – 18,9 . 3 = 56,7 кг/ч.

В качестве наиболее подходящего конденсатоотводчика для камер с паровой рубашкой, сушилок и гладильных прессов рекомендуется конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком. Он может продувать воздух из системы, противостоять гидравлическим ударам и экономить энергию. Приемлемой альтернативой могут быть термодинамические и термостатические конденсатоотводчики.

Установка конденсатоотводчиков

Несмотря на то, что в каждой плите образуется небольшое количество конденсата, установка индивидуального конденсатоотводчика на каждой из плит весьма существенна для предотвращения «короткого замыкания».

См.Рис. 31-1. Индивидуальные конденсатоотводчики обеспечивают максимальную и одинаковую температуру при данном давлении пара за счет эффективного вывода конденсата и выпуска неконденсирующихся газов.

2. Оборудование с прямой подачей пара в камеру с продукцией

В этом типе оборудования продукция находится в прямом контакте с паром для вулканизации, стерилизации или варки. Характерными примерами являются автоклавы для производства резиновых и пластмассовых изделий, стерилизаторы для одежды хирургов и паровые камеры для варки пищевых продуктов, предназначенных для консервации.

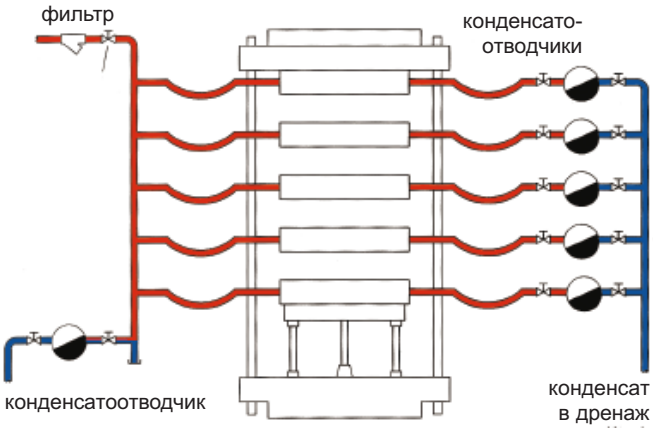


Рис.31-1. Схема обвязки пресса, в котором изделия размещены в плитах с паровой рубашкой

Выбор конденсатоотводчика и коэффициента запаса

Рассчитайте количество образующегося конденсата по следующей формуле:

$$G_K = \frac{M \cdot c \cdot \Delta t}{R \cdot h}$$, где

G_K – расход конденсата, кг/ч;

M – масса обрабатываемого материала, кг;

c – удельная теплоемкость материала, ккал/кг/^{0}C;

Δt – нагрев материала, ^{0}C;

R – скрытая теплота парообразования, ккал/кг;

h – время обработки, ч

Пример: Сколько конденсата будет образовываться в автоклаве, в котором находится 100 кг резиновых изделий, которые нужно нагреть от 20 до 150^{0}С? Автоклав работает на паре давлением 8 бар абс, а процесс обработки занимает 20 мин. Применив формулу, получим:

$$G_к = \frac{1000 \cdot 0{,}50 \cdot 130 \cdot 60}{488{,}8 \cdot 20} = \mathbf{39{,}9\ кг/ч}$$

Помножьте результат на рекомендуемый коэффициент запаса 3:1, чтобы получить требуемую пропускную способность конденсатоотводчика 119,7 кг/ч.

Т.к. пар находится в контакте с продукцией, можно ожидать, что конденсат будет загрязнен. Кроме того, сам сосуд является камерой достаточно большого объема, что требует особых мер для выпуска конденсата и неконденсирующихся газов. Поэтому рекомендуется устанавливать конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком и вспомогательный термостатический воздушник, который должен быть на верхней части камеры.

Там, где нельзя установить отдельный термостатический воздушник, следует дополнить сам конденсатоотводчик свойством выпускать большие объемы газов. Поэтому, в качестве возможного решения следует рассмотреть применение для крупных камер дифференциального регулятора конденсата. Альтернативой может быть конденсатоотводчик с закрытым поплавком и термоклапаном для выпуска воздуха либо термостатический конденсатоотводчик, перед которым нужно устанавливать фильтр, который необходимо регулярно проверять во избежание засорения.

Установка конденсатоотводчиков

Т.к. пар и конденсат находятся в контакте с продукцией, то конденсат после конденсатоотводчика почти всегда следует использовать каким либо иным способом, а не возвращать в котел. Практически во всех случаях, в оборудовании этого типа применяется гравитационный дренаж через конденсатоотводчик. Но очень часто конденсат после конденсатоотводчика нужно подавать вверх. Это не вызывает проблем, поскольку пар обычно находится под постоянным давлением. Чтобы обеспечить полноту выпуска воздуха и быстрый разогрев, установите на верхней части сосуда термостатический воздушник. См. Рис. 32-1.

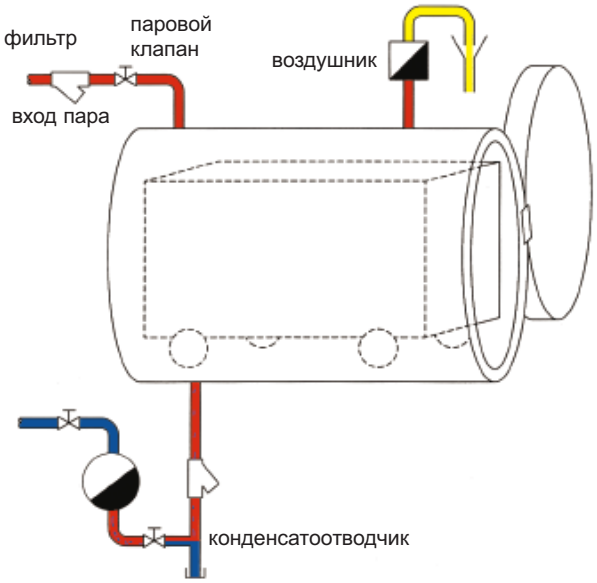


Рис.32-1. Схема обвязки оборудования с прямой подачей пара в камеру с продукцией

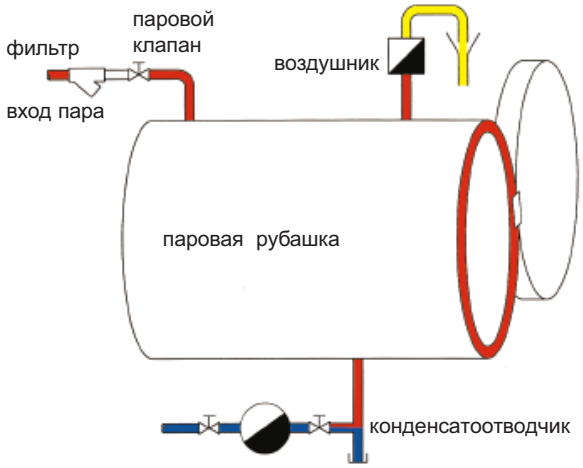


Рис.32-2. Схема обвязки оборудования с продукцией в камере и паром в паровой рубашке

Сводная таблица

расходных характеристик конденсатоотводчиков с опрокинутым поплавком

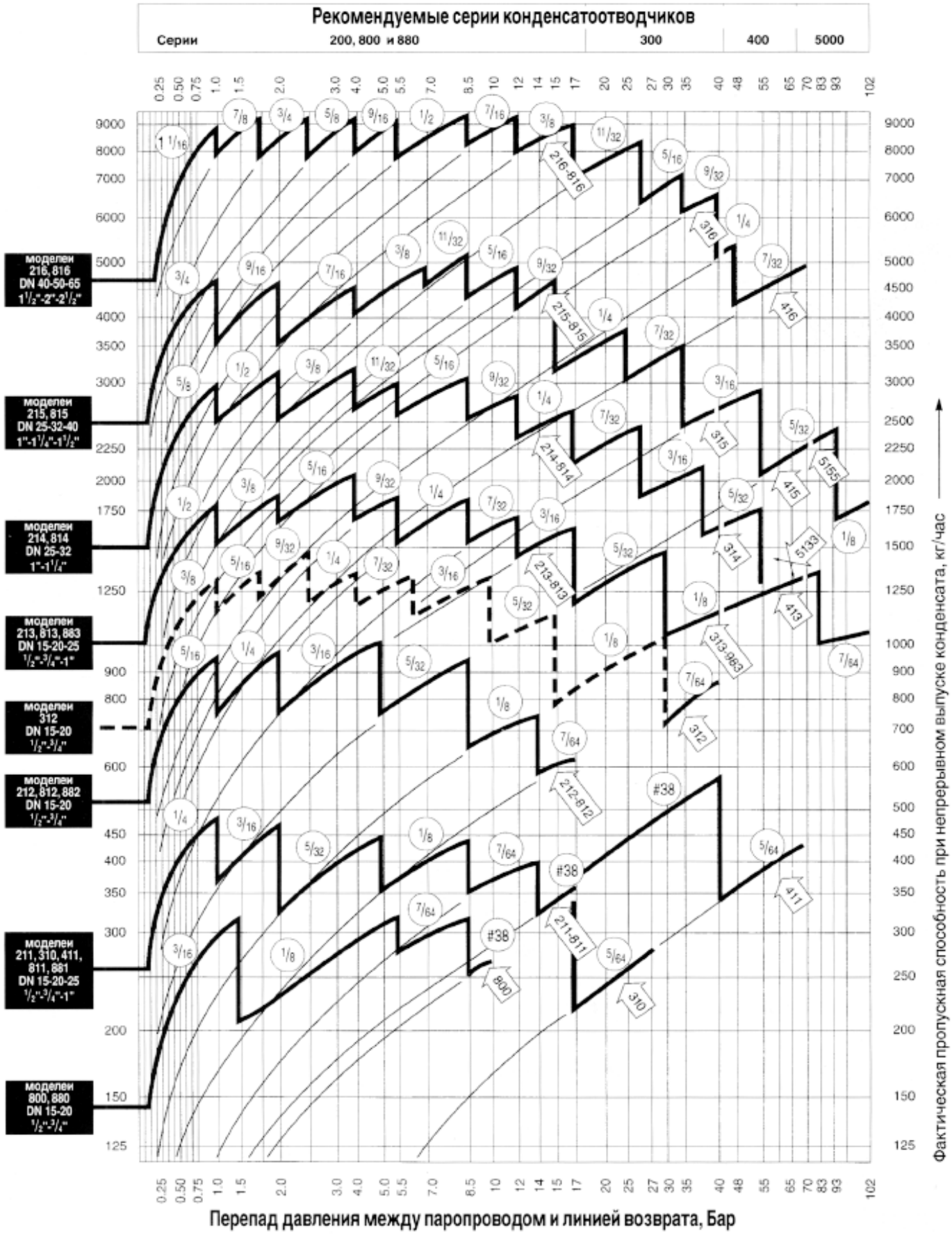


Таблица охватывает не все имеющиеся модели. Пропускную способность отсутствующих типов конденсатоотводчиков смотрите на соответствующих страницах.