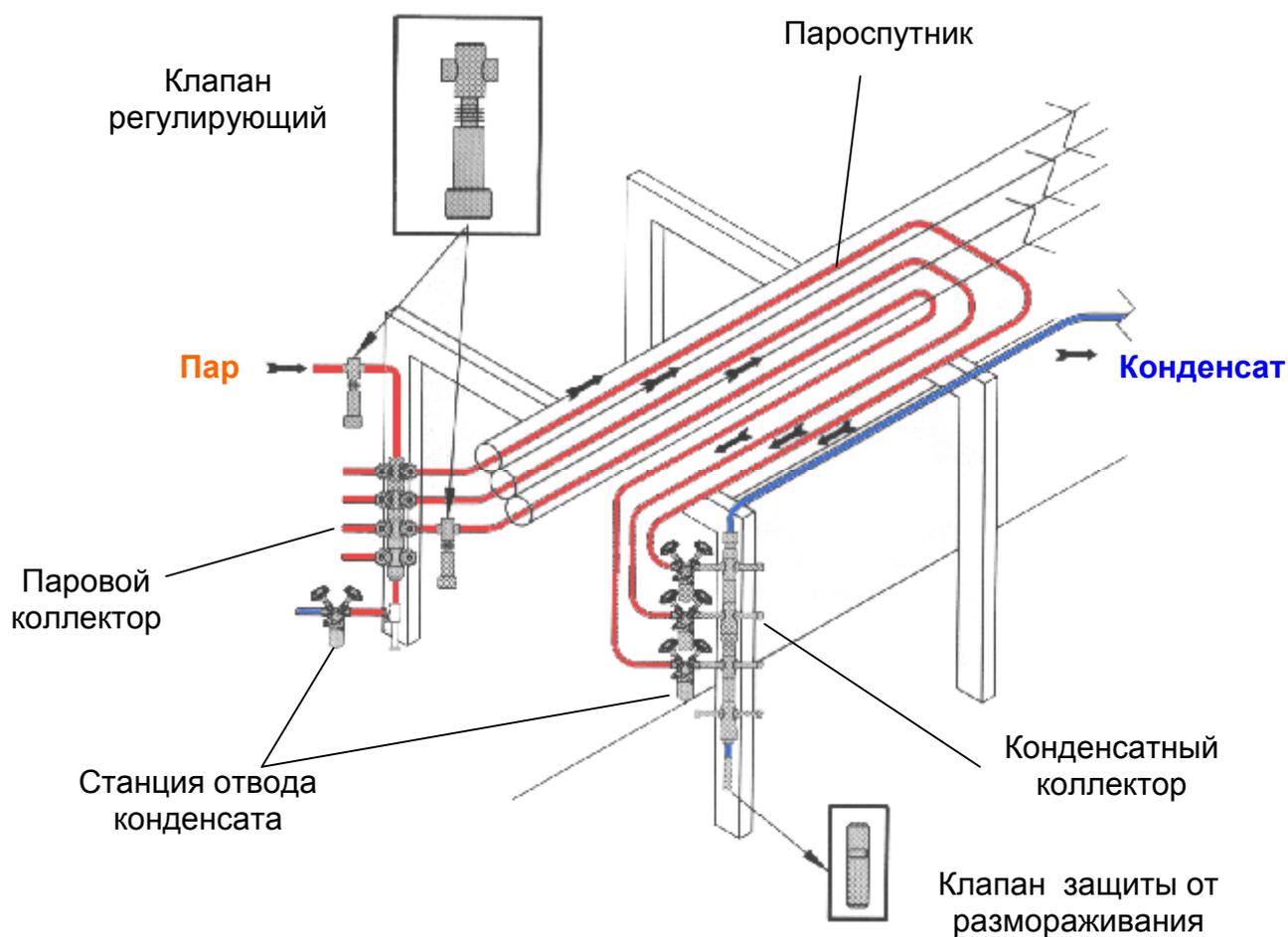


Паровые спутники



Санкт-Петербург



АППЭК® - Сервис



© ООО «АППЭК-Сервис», 2015.

*195265, Санкт-Петербург
Гражданский пр., 111
ИНН 7804098253*

АППЭК® - Сервис ООО
www.energycontrol.spb.ru

*Телефон: (812) 531-14-07
Факс: (812) 531-14-40
info@appec.spb.ru*

Оглавление

Введение.....	3
1. Дренаж пароспутника	4
1.1. Расход конденсата	4
1.2. Тип конденсатоотводчика.....	7
1.3. Ранжирование типов конденсатоотводчиков по предпочтению	8
1.4. Модели конденсатоотводчиков пароспутников.....	8
1.4.1. Конденсатоотводчики в цельносварном корпусе.....	9
1.4.2. Многофункциональные конденсатоотводчики.....	11
1.4.3. Конденсатоотводчики высоких параметров серии НР/НТ.....	12
1.4.4. Конденсатоотводчики большой пропускной способности.....	13
1.5. Выбор седла конденсатоотводчика	14
2. Монтаж пароспутника	15
2.1. Потери давления.....	15
2.2. Компенсация тепловых расширений.....	16
3. Коллекторы паровой и конденсатный	17
4. Дренаж парового коллектора	21
5. Пароспутники.....	22
5.1. Длина пароспутника.....	22
5.2. Типы пароспутников.....	22
6. Теплопроводящий компаунд.....	23
Литература.....	24
Приложения	
Приложение 1. Свойства насыщенного пара	25
Приложение 2. Свойства перегретого пара	26
Приложение 3. Конденсатоотводчики с перевернутым стаканом	27
Приложение 4. Воздушные вентили (воздухоотводчики) термостатические	31



Введение

Паровые спутники предназначены для компенсации потерь тепла при транспортировке или хранении остывающих жидкостей и защиты оборудования от размораживания. По сравнению с электрообогревом применение пара является технически более сложной технологией, однако в случае отсутствия необходимых мощностей электроэнергии или из-за требований безопасной эксплуатации объекта пароспутники остаются эффективным средством компенсации тепловых потерь.

Использование пара вторичного вскипания или пара, генерируемого в экзотермических процессах, является существенным фактором повышения энергоэффективности применения пароспутников.

В любом случае при проектировании системы парового подогрева решаются следующие задачи.

1. Расчет потерь тепла в зависимости от температуры окружающего воздуха, параметров и материалов продуктопровода, тепловой изоляции и температуры транспортируемой среды.
2. Выбор и расчет типа, числа и протяженности (длины) пароспутников
3. Выбор и расчет конденсатоотводчиков и запорной арматуры
4. Выбор и расчет парового и конденсатного коллекторов
5. Выбор и расчет оборудования пароснабжения и конденсатоотвода

В настоящее время выпускаются тонкостенные трубки, обеспечивающие высокий КПД теплопередачи с применением предизоляции трубок, что позволяет применять пароспутники для низкотемпературных и коррозионных сред. Тонкостенные трубки гибко размещаются на продуктопроводах, на поверхности трубопроводной арматуры, выпускаются в многотрубном исполнении для обогрева КИПиА.

В качестве пароспутников применяются трубки из меди и нержавеющей стали.

Теплопроводящий компаунд (цемент) компании Термон повышает в несколько раз теплопередачу, что позволяет снизить число трубок, узлов конденсатоотвода и расход пара в расчете на единицу длины продуктопровода (пароспутника). Применение компаунда значительно снижает капитальные затраты, трудоемкость монтажа, расход пара и риск утечек пара на присоединительных элементах.

Рациональная разработка системы пароспутников обеспечивает работоспособность и безопасность технологических процессов, снижает капитальные затраты на систему обогрева оборудования и затраты на монтаж и эксплуатацию пароспутников, а также является весомым вкладом в повышение энергоэффективности систем пароснабжения и снижения выбросов CO₂, образующихся при конденсации пара.

При проектировании пароспутников исходными данными являются:

- параметры продуктопровода (диаметр, протяженность, размещение арматуры по длине продуктопровода);
- требуемая температура поверхности продуктопровода;
- минимальная температура окружающего воздуха;
- размещение паропровода и конденсатопровода;
- давление в конденсатопроводе, в который следует отводить конденсат от пароспутников.

Результатом проектирования системы спутникового обогрева является:

- материал и толщина тепловой изоляции продуктопровода;
- параметры подающегося пара (давление и температура);
- число, тип, материал, длина и размещение пароспутник(а)ов;
- тип и седло конденсатоотводчик(а)ов;
- тип и параметры парового и конденсатного коллекторов и отсечной арматуры;
- схемы монтажа пароспутников, коллекторов и трубной обвязки.

1. Дренаж пароспутника

1.1. Расход конденсата

Как правило, максимальная протяженность пароспутников не превышает 100 м, диаметры применяемых трубок составляют 15, 20 и 25 мм, а пароспутники КИПиА имеют диаметр 3/8" (10мм). Применение паровых рубашек оправдано при высоком быстродействии температурного режима защищаемого объекта и риске затвердевания или кристаллизации продукта при падении температуры поверхности продуктопровода ниже заданной.

Пароспутники предназначены для компенсации потерь тепла продуктом, но не его подогрева. Отсюда расчет расхода пара, необходимого для поддержания температурного режима среды, основывается на сравнении расчетных потерь тепла на общей длине трубопровода, транспортирующего продукт, и соответствующего пароспутника.

Расход конденсата на пароспутниках чрезвычайно мал. Существуют различные способы расчета потерь, основанные на характеристиках теплопотерь продуктопровода и теплопередачи пароспутником.

Результаты расчетов и опыт эксплуатации пароспутников подтверждают, что расход конденсата на пароспутнике диаметром до 25 мм **не превышает 1 кг/ч на погонный метр спутника !**

Действительно [6], тепловые потери в продуктопроводах определяются как

$$Q_{\text{потерь}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_0 \cdot L \cdot \Delta t}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} \quad (1)$$

Здесь

- k_0 – коэффициент эффективности теплоизоляции Вт/м °С;
- L – длина трубопровода;
- Δt – разность температур продукта и окр.среды ($t_{\text{пр.}}$ – $t_{\text{окр.ср.}}$);
- d_1 – внутренний диаметр трубопровода;
- d_2 – наружный диаметр изоляции ($d_2 > d_1$).

Тепловые потери пароспутника определяются при поддержании температуры продукта $t_{\text{пр.}}$ как

$$Q_{\text{спутника}} = E \cdot U \cdot A \cdot (t_{\text{нас.п.}} - t_{\text{пр.}}), \quad (2)$$

где

- E – коэффициент теплопотерь, ≤ 1
(определяется как $E = [1 - \text{эффективность теплоизоляции}]$)
- U – коэффициент эффективности теплопроводности спутника Вт/м °С;
- A – приведенная площадь поверхности спутника, м²/м (табл.1б);
- $t_{\text{нас.п.}}$ – температура насыщенного пара;
- $t_{\text{пр.}}$ – температура продукта.

Теплоэффективность k_0 некоторых изоляционных материалов:

Минеральная вата из стекловолокна:	0,041 Вт/м°С
Пенопласт:	0,050 Вт/м°С
Пенополиуретан:	0,02-0,045 Вт/м°С
Базальтовая скорлупа:	0,06 Вт/м°С

**Пример.****1. Продуктопровод**

Изоляция: базальтовая скорлупа; толщина 40 мм; $k_o = 0,06$ Вт/м °С;

Длина трубопровода $L = 1$ м;

Разность температур продукта и окружающей среды $\Delta t = 170 - 20 = 150$ °С;

Внутренний диаметр трубопровода $d_1 = 100$ мм;

Наружный диаметр изоляции $d_2 = 300$ мм;

2. Пароспутник

Коэффициент теплопроводности: $U = 17$ Вт/м °С (без теплопроводной смеси)

Диаметр наружный спутника $d = 15$ мм;

Приведенная площадь $A = 0,07$ м²/м;

Давление пара $P = 12$ бар (температура насыщения пара в спутнике 191,6 °С);

Эффективность теплопередачи спутником $E = 1 - 0,25 = 0,75$.

Замечание 1. С теплопроводной смесью $U = 170$ Вт/м °С.

Отсюда, потери тепловой мощности в продуктопроводе

$$Q_{\text{потерь}} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.06 \cdot 1 \cdot 150}{\ln\left(\frac{0.3}{0.1}\right)} = \frac{56.52}{1.098} = 51,47 \text{ Вт}$$

Пароспутник отдает при указанных условиях на погонном метре

$$Q_{\text{сп. без смеси}} = 0.75 \cdot 17 \cdot 0.07 \cdot (191,6 - 170,0) = 19,28 \text{ Вт}$$

Таким образом, для компенсации потерь тепла в продуктопроводе необходимо провести как минимум 3 спутника диаметром 15 мм на 1 м длины продуктопровода.

Если использовать теплопроводный компаунд (см.замечание 1), то при тех же условиях один пароспутник передаст:

$$Q_{\text{сп. со смесью}} = 0.75 \cdot 170 \cdot 0.07 \cdot (191,6 - 170,0) = 192,78 \text{ Вт}$$

Следовательно, число спутников с теплопроводной смесью сократится до одного.

Обратим внимание, что расход конденсата на 1 погонный метр спутника в данном примере даже с коэффициентом запаса 2 составляет около 0,03 кг/ч.

Аналогичный результат получается, если использовать для расчета расхода пара потери тепла для заданной изоляции продуктопровода [1], [2]:

$$q = \frac{k \cdot L \cdot R}{r \cdot n} \quad (3)$$

где

q – расход пара (конденсата) на спутнике, кг/ч;

k - потери линейной тепловой мощности прогретого продуктопровода под заданной изоляцией при заданном перепаде температур, Вт/м, (Табл.1а);

L - длина пароспутника, м;

R - коэффициент перевода ккал/ Вт*ч (0,86) или кДж/ Вт*ч (3,6);

r - скрытая теплота парообразования (энтальпия), ккал/кг (или кДж/кг);

n - число пароспутников (шт).

НЕРАЗДЕЛЕННОЕ ЗНАНИЕ ЕСТЬ ЭНЕРГИЯ, ПОТРАЧЕННАЯ ЗРЯ !

Табл. 1а. Теплотери Ватт/м через теплоизолированные трубы

Диаметр трубопр.	Толщина изоляции	Разность темп. (труба - окружающий воздух), °C					
		25	50	75	100	125	150
DN50	40	10,9	21,8	32,7	43,6	54,5	65,4
	60	8,5	16,9	25,4	33,8	42,3	50,7
	80	7,2	14,3	21,5	28,7	35,8	43,0
DN80	60	10,8	21,6	32,3	43,1	53,9	64,7
	80	9,0	18,0	26,9	35,9	44,9	53,9
	100	7,9	15,7	23,6	31,5	39,3	47,2
DN100	60	12,8	25,6	38,3	51,1	63,9	76,7
	80	10,5	21,1	31,6	42,1	52,6	63,2
	100	9,1	18,3	27,4	36,5	45,7	54,8
DN150	120	8,2	16,4	24,6	32,7	40,9	49,1
	80	18,9	37,8	56,6	75,5	94,4	113,3
	80	13,7	27,4	41,1	54,8	68,5	82,2
DN200	100	11,7	23,5	35,2	46,9	58,7	70,4
	120	10,4	20,8	31,2	41,6	52,0	62,4
	80	16,6	33,2	49,8	66,3	82,9	99,5
DN250	100	14,1	28,2	42,3	56,4	70,5	84,6
	120	12,4	24,8	37,2	49,6	62,0	74,4
	140	11,2	22,4	33,5	44,7	55,9	67,1
DN300	80	19,6	39,2	58,7	78,3	97,9	117,5
	100	16,5	33,1	49,6	66,2	82,7	99,3
	140	13,0	26,0	39,0	51,9	64,9	77,8
DN350	80	22,4	44,7	67,1	89,5	111,9	134,2
	100	18,8	37,6	56,5	75,3	94,1	112,9
	120	16,4	32,8	49,2	65,6	82,0	98,4
	140	14,7	29,3	44,0	58,6	73,3	87,9
DN400	150	13,3	26,7	40,0	53,3	66,6	80,0
	80	24,1	48,1	72,2	96,3	120,4	144,4
	100	20,2	40,4	60,6	80,9	101,1	121,3
	120	17,6	35,2	52,8	70,4	88,0	105,6
DN450	140	15,7	31,4	47,1	62,8	78,4	94,1
	160	14,2	28,5	42,7	57,0	71,2	85,4
	100	22,4	44,9	67,3	89,7	112,1	134,6
	120	19,5	38,9	58,4	77,9	97,3	116,8
DN500	140	17,3	34,6	52,0	69,3	86,6	103,9
	160	15,7	31,4	47,1	62,8	78,4	94,1

Табл. 1б. Характеристики труб для расчета потерь в окружающую среду

Размер трубопровода		Наружный диаметр	Наружная поверхность	Вес
Дюймы	DN	мм	м ² /м	кг/м
1/8"	6	10,2	0,03	0,49
1/4"	8	13,5	0,04	0,77
3/8"	10	17,2	0,05	1,02
1/2"	15	21,3	0,07	1,45
3/4"	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	0,16	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	17,60
6"	150	165,1	0,52	21,20
8"	200	219,0	0,69	31,00
10"	250	273,0	0,96	41,60
12"	300	324,0	1,02	55,60
14"	350	356,0	1,12	68,30
16"	400	406,0	1,28	85,90
20"	500	508,0	1,60	135,00

Для практических целей можно считать расход конденсата на спутнике равным

$$Q < (1 \text{ кг/ч*м}) \times L, \quad (4)$$

где $L < 100$.

С учетом возможных потерь на прогрев пароспутника коэффициент запаса по расходу конденсата следует принимать равным 2.

Отсюда следует, что конденсатоотводчики минимальной производительности являются адекватными приборами для данных применений.



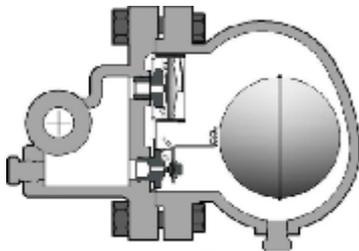
1.2. Тип конденсатоотводчика

К конденсатоотводчикам на пароспутниках предъявляются специальные требования. В частности, конденсатоотводчик должен:

- отводить конденсат при температуре насыщения (не допускать подтопления пароспутника);
- поддерживать компенсацию тепловых потерь при возможных поломках механизма регулирования отвода конденсата (не должен закрывать седло при поломке);
- быть нечувствителен к загрязнениям в паре и устойчивым к переменным нагрузкам;
- быть устойчивым к возможному замерзанию конденсата (к размораживанию);
- допускать периодическую продувку следов конденсата в пароспутнике;
- обеспечивать присоединение пароспутника, подводимого к конденсатоотводчику под любым углом.

При подаче на пароспутник перегретого пара следует учитывать, что эффективная теплопередача выполняется при конденсации пара, находящегося в состоянии насыщения. Иначе говоря, наилучшие условия при подогреве пароспутником достигаются при отборе в пароспутник сухого насыщенного пара. При этом пароспутник должен иметь ограниченную длину, свободную от конденсата.

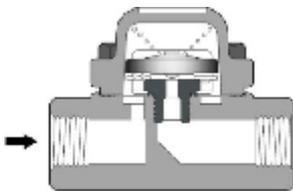
Исходя из этих требований, следует избегать применения на пароспутниках поплавковых конденсатоотводчиков с закрытым поплавком и термостатических конденсатоотводчиков.



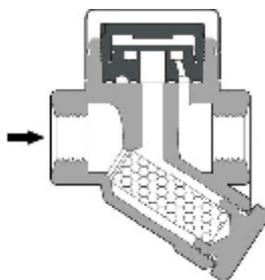
Конденсатоотводчики с закрытым поплавком (свободно плавающим или на фиксированном рычаге) страдают общими недостатками, присущими данному типу:

- «заиливанием» седла;
- перекрытием седла при возможной поломке (потере герметичности поплавка и/или геометрии направляющих поплавка) и/или потерей герметичности в затворе при смене режимов отвода конденсата.

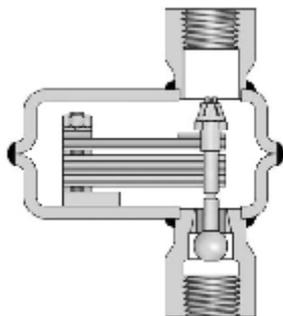
При продувке газ уходит через термостатический воздушный вентиль, оставляя конденсат в корпусе поплавкового конденсатоотводчика.



Термостатические конденсатоотводчики, сбалансированные по давлению, имеют ограниченный срок службы термостатического элемента, расширяющегося при температуре насыщения и перекрывающего проходное сечение седла, при его поломке перекрывают седло, чувствительны к загрязнениям в паре. Находятся в подтопленном (подохлажденном) состоянии в соответствии с гистерезисной характеристикой работы термостатического элемента. Отводят охлажденный конденсат при температуре ниже температуры насыщения.



Термодинамические конденсатоотводчики отводят конденсат при температуре насыщения, но чувствительны к загрязнениям в паре, устойчиво работают при давлении на входе конденсатоотводчика, превышающим противодавление с стороны конденсатопровода не менее, чем в 2 раза.



Биметаллические конденсатоотводчики относятся к классу термостатических приборов, отводят конденсат в подтопленном состоянии. Однако биметаллические пластины не подвержены разрыву при переменных нагрузках, эффективны при работе на перегретом паре, автоматически подстраиваются к изменяемой нагрузке, т.к. изгиб пластин и перепад давления действуют на клапан конденсатоотводчика в противофазе.

Биметаллические конденсатоотводчики, как все типы конденсатоотводчиков, исключая конденсатоотводчики с перевернутым стаканом, чувствительны к загрязнениям в паре, что требует установки фильтров грубой очистки на линии подвода пароспутника.

Недостатком биметаллических конденсатоотводчиков является возможность сдвига оси штока золотника относительно центра седла, что может быть причиной потери герметичности в затворе, при неравномерном охлаждении биметаллических пластин. Применение механизмов самоцентрирования золотника на седле снижает этот риск.

Недостатком также является подтопление парового пространства до конденсатоотводчика, что может привести к потере продукта и/или размораживанию оборудования и провоцирует гидроудары. Поэтому применение биметаллических конденсатоотводчиков, **имеющих наиболее близкую температуру конденсата к температуре насыщения**, отвечает требованиям эффективного дренажа пароспутников.



Конденсатоотводчики с свободно плавающим перевернутым стаканом отводят конденсат при температуре насыщения. Из-за расположения седла в верхней части корпуса не чувствительны к загрязнениям в паре. Золотник самоцентрируется по отношению к седлу. При открытом поплавке (перевернутый стакан) не чувствительны к гидроударам. При поломке остаются открытыми, не допуская подтопления пароспутника. В отличие от конденсатоотводчиков с закрытым поплавком допускают продувку пароспутников. При исполнении из нержавеющей листовой стали не размораживаются даже при наличии конденсата в корпусе прибора, эксплуатируются при падении температуры окружающего воздуха до (минус) 60°C.

1.3. Ранжирование типов конденсатоотводчиков по предпочтению

Исходя из приведенных особенностей конденсатоотводчиков, предпочтение при выборе типа прибора для дренажа пароспутников следует ранжировать следующим образом (1>2):

1. Конденсатоотводчик с перевернутым стаканом
2. Биметаллический

1.4. Модели конденсатоотводчиков пароспутников

Пропускная способность конденсатоотводчиков должна покрывать потери тепла продуктопроводом или защищать оборудование от размораживания.

Как известно, расход конденсата на большинстве пароспутников чрезвычайно мал и не превышает

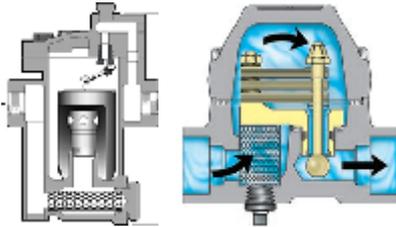
$$Q < (1 \text{ кг/ч*м}) \times L$$

Конденсатоотводчики названных выше двух предпочтительных типов минимальной производительности выпускаются в двух исполнениях:

- в цельносварном корпусе из нержавеющей стали;
- в многофункциональном разборном корпусе из стали (марки сталей могут выбираться в соответствии с рабочими условиями).



В цельносварном корпусе из нержавеющей стали конденсатоотводчики имеют малый вес, в целях обеспечения безопасности и минимизации риска утечек могут оснащаться интегрированными присоединительными узлами, включающими отсечные вентили и продувочный клапан в моноблочном исполнении. При наличии остатков конденсата в корпусе сохраняют живучесть при низких температурах.



В литом или ковном стальном корпусе оба типа конденсатоотводчиков выпускаются в **многофункциональном** исполнении, включая встроенные фильтр и обратный клапан. Корпус может быть из углеродистой, нержавеющей и жаропрочной стали, в то время как все выемные части изготавливаются из нержавеющей стали, а седла и золотник – из упрочненных сталей.

1.4.1. Конденсатоотводчики в цельносварном корпусе

➤ Конденсатоотводчики с перевернутым стаканом Армкон, серия 700

Проверенная временем конструкция с седлом в верхней части и с открытым поплавком (перевернутым стаканом), устойчивая к гидроударам, к загрязнениям в паре и к переменным нагрузкам. Для подключения пароспутников под любым углом конденсатоотводчики оснащаются вращающейся присоединительной головкой. Присоединения – резьбовые, фланцевые, под приварку. Изготавливаются полностью из нержавеющей стали в герметичном корпусе без применения уплотнений.

Максимальный расход до 8900 кг/ч, рабочее давление до 41 бар, температура до + 415°C.



Рис.1. Конденсатоотводчики с перевернутым стаканом

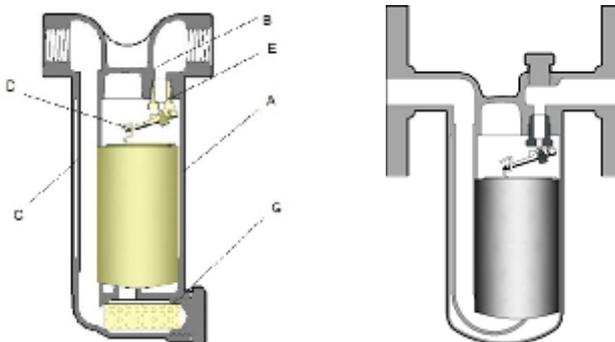


Рис.2а. Конденсатоотводчик 700S



Рис. 2б. Расходная номограмма модели 702

На рис. 2а приведены элементы конденсатоотводчика 700S:

- A – цельносварной корпус из нержавеющей стали 304
- B – литая головка из нержавеющей стали 316 с входным и выходным штуцерами
- C – входная трубка, нержавеющая сталь 304
- D – свободно плавающий перевернутый стакан, нержавеющая сталь 304
- E – седло, упрочненная нержавеющая сталь 440C
- G – встроенный сетчатый фильтр, нержавеющая сталь 304

Присоединения: 15, 20, 25 мм (под приварку, резьбовые, фланцевые). На пробку фильтра возможна установка продувочного клапана для периодической прочистки сетки фильтра (стандартный диаметр сетки 0,8 мм).

➤ Конденсатоотводчик биметаллический Q250

Конденсатоотводчик биметаллический Q250 отводит конденсат при температуре ниже температуры насыщения на 4,4 °С, что обеспечивает отсутствие конденсата в пароспутнике. Выпускается в цельносварном корпусе из нержавеющей стали 304SS, может подключаться под любым углом к горизонту. При вертикальном подключении сверху вниз дренаж конденсата из корпуса прибора исключает размораживание корпуса при низких температурах окружающего воздуха.

Свободно плавающий шаровый золотник самоцентрируется, обеспечивая герметичность затвора при любом уровне заполнения биметаллического привода паро-конденсатной смесью, а также выполняет функцию встроенного обратного клапана.

Расход максимальный до 1227 кг/ч при перепаде давления в 17 бар. Рабочее давление до 49 бар, температура: до + 260°C.

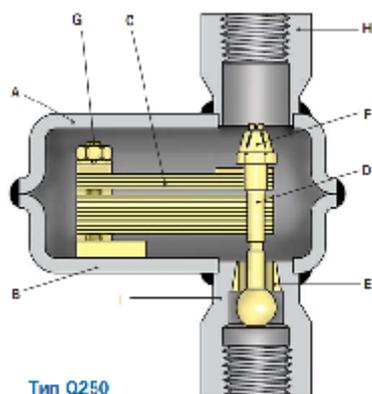


Рис. 3. Биметаллический конденсатоотводчик

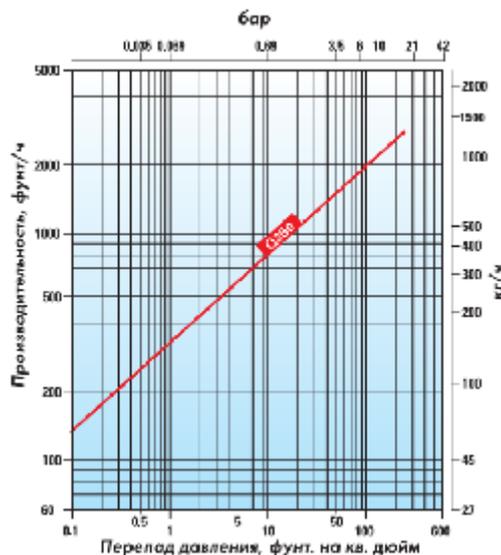
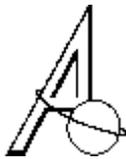


Рис.4. Расходная номограмма Q250

На рис.3 приведены элементы конденсатоотводчика Q250:

- A, B, I, H – цельносварной герметичный корпус с резьбовыми входным и выходным штуцерами
- C – биметаллический элемент
- D – шток и шаровый золотник (клапан), нержавеющая сталь 304, 316
- E – седло (покрыто стеллитом)
- F – самоблокирующаяся регулировочная гайка
- G – винт, фиксирующий настройку биметаллического элемента



Присоединения: 15, 20 мм, под сварку, резьбовые.
Опция: встроенный фильтр с продувочной пробкой.

1.4.2. Многофункциональные конденсатоотводчики

➤ Многофункциональный конденсатоотводчик с перевернутым стаканом Армкон 780



Конденсатоотводчик из литой нержавеющей стали (304, 304L, 316) с встроенным фильтром и обратным клапаном.

Седло и золотник: упрочненная нержавеющая сталь 440С.

Расходные характеристики по конденсату при температуре насыщения приведены на рис. 5.

Ремонтно-пригодная конструкция.

Рабочее давление до 30 бар, температура до + 315°C.

Температура окружающей среды: до минус 60°C.

Присоединения: 15, 20, 25 мм, под приварку, резьбовые, фланцевые (ГОСТ, ANSI).

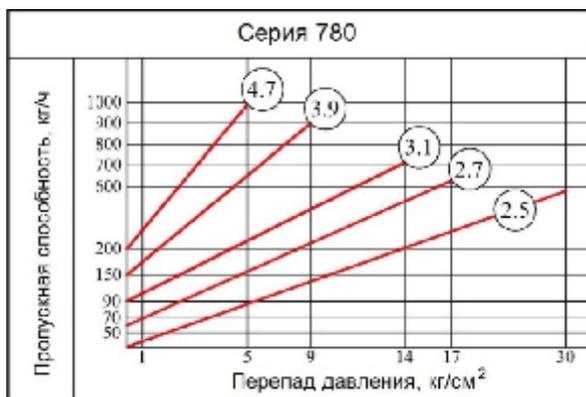


Рис.5. Расходная номограмма модели 780

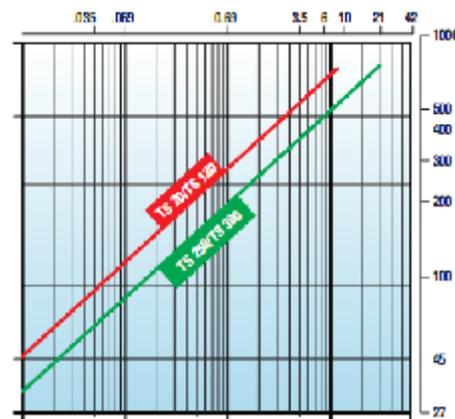
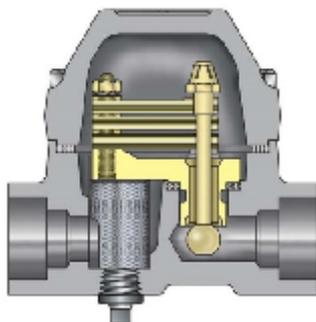


Рис. 6. Расходная номограмма модели TS

➤ Многофункциональный биметаллический конденсатоотводчик серии TS



Конденсатоотводчик из кованой стали А105 (LF2 для низких температур окружающей среды) с встроенным фильтром и обратным клапаном.

Седло из нержавеющей стали, покрытой стеллитом (CoCr).

Золотник: свободно плавающий, минимальная твердость 58 HRc.

Ремонтно-пригодная конструкция.

Расходные характеристики по конденсату при температуре, близкой температуре насыщения, приведены на рис. 6. Пропускная способность по холодному конденсату выше в 3 раза.

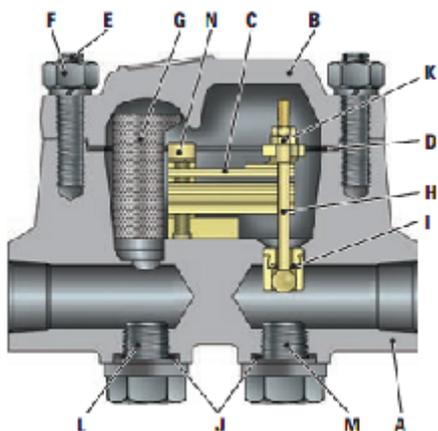
Рабочее давление до 42 бар, температура до + 425°C.

Температура окружающей среды: до минус 60°C (при применении LF2).

Присоединения: 15, 20, 25 мм, под приварку, резьбовые, фланцевые (ГОСТ, ANSI).

1.4.3. Конденсатоотводчики высоких параметров серии НР/НТ (до 179 бар / + 593 °С)

При утилизации на пароспутнике свободного пара высокого давления и температуры применение биметаллических конденсатоотводчиков серии НР/НТ из кованной жаропрочной стали А182 F22 и аналогичных марок является и технически, и экономически оправданным решением (рис.7).



Биметаллический конденсатоотводчик серии НР/НТ эксплуатируется до + 593°С & 179 бар при расходах до 2 200 кг/ч.

Кованый разборный корпус из жаропрочной стали с встроенным сменяемым фильтром G, продувочной L и тестовой M заглушками, седлом I, покрытым стеллитом, шаровым золотником из упрочненной нержавеющей стали, выполняющим также функции встроенного обратного клапана, биметаллическим приводом C штока H, самоцентрирующимся шаром на седле независимо от угла наклона конденсатоотводчика при произвольном подводе пароспутника, - детали, которые отличают универсальную многофункциональную ремонтно-пригодную конструкцию прибора, обладающую длительным ресурсом и отсутствием утечек (проскоков) пара на седле.

Рис.7. Биметаллический конденсатоотводчик из жаропрочной стали

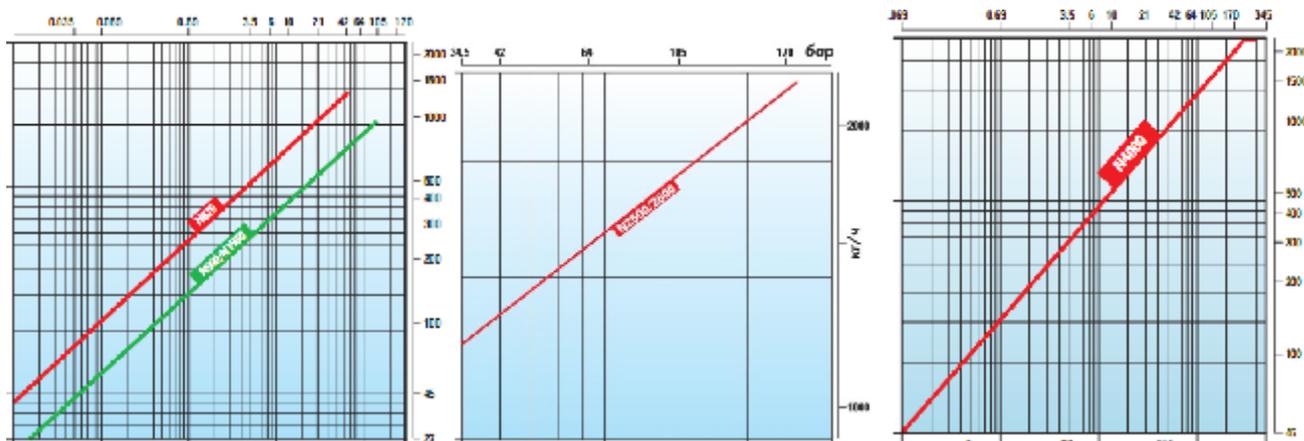


Рис.8. Расходные номограммы биметаллических конденсатоотводчиков серии НР/НТ

Расходные характеристики на рис.8 приведены при отводе конденсата при температуре, близкой температуре насыщения. По холодному конденсату производительность конденсатоотводчика выше в 3 раза.



1.4.4. Конденсатоотводчики большой пропускной способности

Конденсатоотводчики с перевернутым стаканом в герметичном корпусе полностью из нержавеющей стали Армкон 700 выпускаются производительностью до 8 900,0 кг/ч (рис.9).

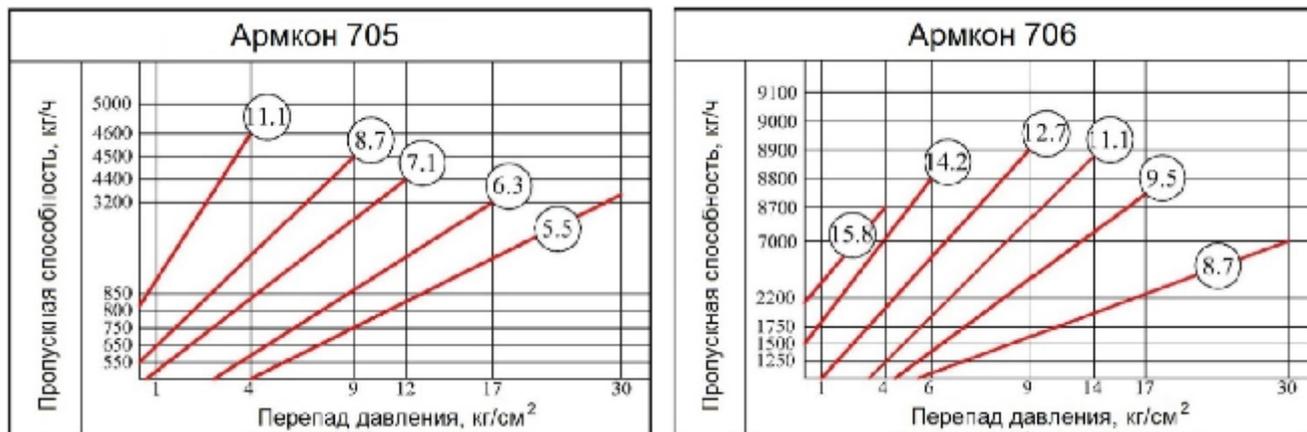


Рис.9. Расходные номограммы моделей Армкон 705/706

Эти модели могут применяться на паровых коллекторах пароспутников, а также для отвода конденсата из паровых рубашек больших продуктопроводов, ресиверов и сопутствующей арматуры.

1.5. Выбор седла конденсатоотводчика

Выбор седла конденсатоотводчика (его диаметра) определяется рабочими условиями отвода конденсата, которые характеризуются следующими параметрами:

- требуемым максимальным расходом по конденсату (с учетом коэффициентов запаса),
- давлением на входе P_1 ,
- противодействием на выходе конденсатоотводчика P_2 .

При выборе седла следует иметь в виду, что **перепад давления** на конденсатоотводчике формируется как разность между давлением пароконденсатной смеси на входе P_1 и противодействием конденсата на выходе P_2 :

$$\Delta P = P_1 - P_2 = P_1 - (P_{\text{кп}} + H) \quad (5)$$

Здесь P_2 (противодействие) соответствует давлению в конденсатопроводе $P_{\text{кп}}$ плюс потери статического давления до входа конденсата в конденсатопровод H (рис.10). Если давление в конденсатопроводе атмосферное (конденсат истекает в открытую емкость), то $P_{\text{кп}} = 0$ и $P_2 = H$

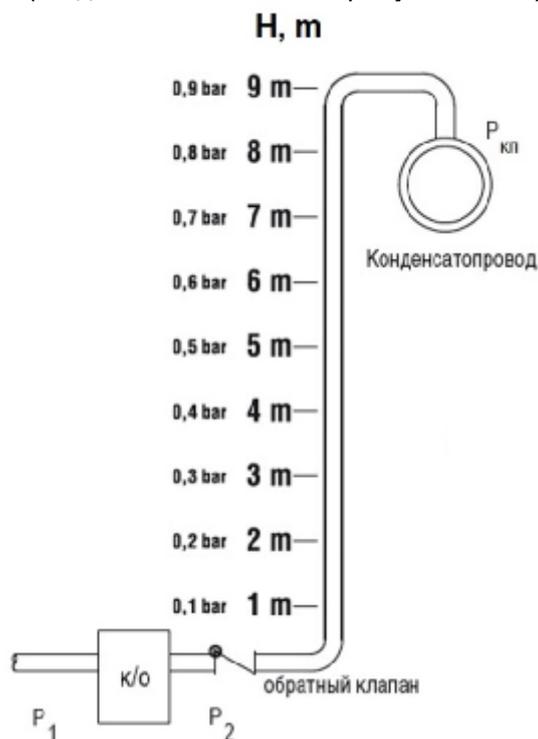
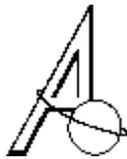


Рис.10. Перепад давления на конденсатоотводчике

Конденсат после конденсатоотводчика находится под давлением в конденсатопроводе, или под атмосферным давлением (при дренаже вниз в открытую емкость), или под давлением статического столба жидкости при подъеме конденсата в конденсатопровод на эстакаде, находящийся под атмосферным давлением.

Отсюда, при **дренаже конденсата в общий конденсатопровод** противодействие P_2 будет **одинаковым** на выходе всех конденсатоотводчиков, расположенных на одном уровне и подключенных к данному конденсатопроводу или коллектору, независимо от давления на входе P_1 .



В результате у конденсатоотводчиков будут разные седла при равной производительности (разные потери давления на конденсатоотводчике), если давление на входе у разных конденсатоотводчиков разное, а давление в конденсатопроводе одинаковое. Это видно по расходным номограммам, которые представляют все изготовители конденсатоотводчиков (см. рис.2 и рис.4).

Отметим, что если у биметаллического конденсатоотводчика Q250 есть только один типоразмер седла, обеспечивающий производительность прибора до 1300 кг/ч при перепаде давления до 17 бар, то конденсатоотводчики с перевернутым стаканом обладают широкой гаммой седел, что позволяет выбрать седло более близко к рабочим условиям при одном и том же корпусе и неизменных присоединительных размерах конденсатоотводчика.

Важно не применять завышенные параметры пароспутников и соответствующих конденсатоотводчиков. Применение конденсатоотводчиков с наименьшей пропускной способностью является адекватным решением для отвода конденсата в пароспутниках с коэффициентом запаса по расходу конденсата, равным 2.

При применении паровых рубашек и пароспутников больших диаметров при расчете расхода конденсата следует использовать соотношения (1), (2) или (3).

2. Монтаж пароспутника

2.1. Потери давления

Протяженность и пространственное расположение пароспутника определяют потери давления пара на спутнике при его конденсации.

Целесообразно, чтобы давление пара на входе пароспутника $P_{\text{пара}}$ минус потери давления на пароспутнике $\Delta P_{\text{спутника}}$ формировали давление пара на входе конденсатоотводчика P_1 , превышающем противодавление P_2 на выходе конденсатоотводчика на уровне $1,0 \text{ кгс/см}^2$, т.е.

$$\text{Если } P_{\text{пара}} - \Delta P_{\text{спутника}} = P_1;$$

то

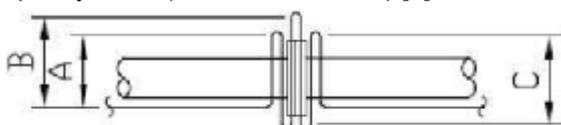
$$(P_{\text{пара}} - \Delta P_{\text{спутника}}) - P_2 \geq 1,0 \text{ кгс/см}^2 \quad (6)$$

Такое давление пара P_1 на входе конденсатоотводчика позволяет преодолевать противодавление с минимальным уровнем вторичного вскипания конденсата и сводит к минимуму колебания давления за конденсатоотводчиком.

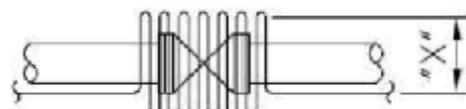
Давление пара $P_{\text{пара}}$ на входе пароспутника может быть либо постоянным после редукционной станции, либо регулируемым. При этом регулирующий клапан изменяет подачу пара в зависимости от температуры окружающего воздуха, т.к. температура продуктопровода, предполагается, неизменной и не регулируется пароспутником. Применение регулирующих клапанов требует контроля за отводом конденсата (работоспособности конденсатоотводчиков) и периодической продувки пароспутников.

Потери давления на пароспутнике $\Delta P_{\text{спутника}}$ определяют расчетную длину пароспутника.

Дополнительные потери давления пара вызываются суммарными подъемами пароспутника на фланцевых соединениях F , вентилях V , а также общим подъемом спутника $AVTR$ по отношению к уровню отбора пара S из паропровода (рис.11) и потерями давления на гидросопротивлениях пароспутника (клапаны, отводы) [3].



$$F = A + B + C$$



$$V = \Sigma X$$

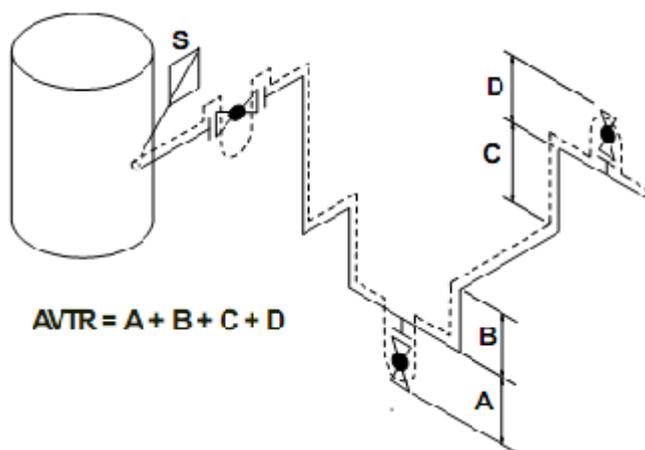


Рис.11. Потери давления в пароспутнике

Потери давления на гидросопротивлениях могут быть оценены в эквивалентных метрах водного столба:

Отвод 45°	0,2 м
Отвод 90°	0,3 м
Отвод 180°	0,5 м
Задвижка полнопроходная	0,2 м
Вентиль	5,2 м

2.2. Компенсация тепловых расширений

Компенсация тепловых расширений на пароспутнике выполняется созданием петлевых теплокомпенсаторов. Их стандартное исполнение представлено на рис.12.

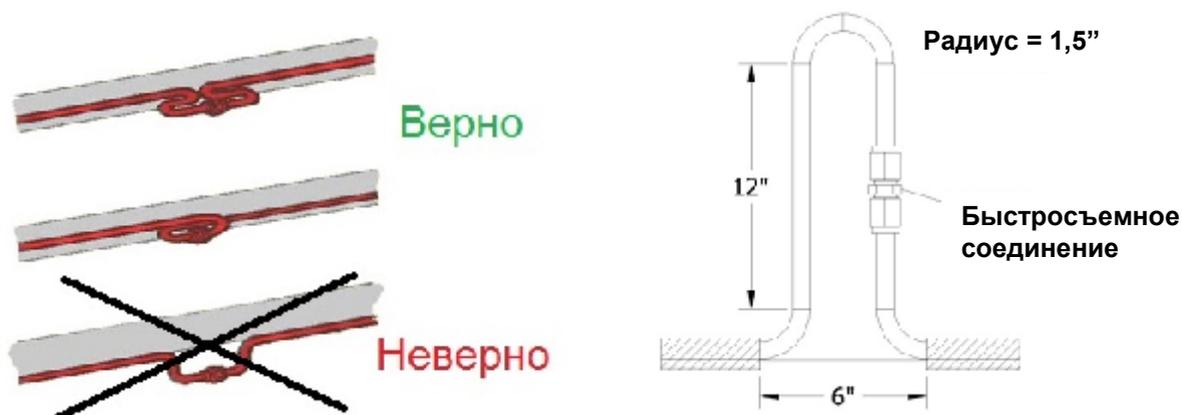


Рис.12. Компенсация тепловых расширений



3. Коллекторы паровой и конденсатный

Коллекторы пароспутников имеют специфические отличия в силу большого количества подключаемых пароспутников на единицу длины обогреваемого продуктопровода. Число спутников на один коллектор может достигать 12, учитывая также резервные присоединения для подключения или замены спутника (рис.13). Наиболее часто это проявляется при монтаже спутников диаметром $\frac{1}{2}$ " и $\frac{3}{4}$ ".

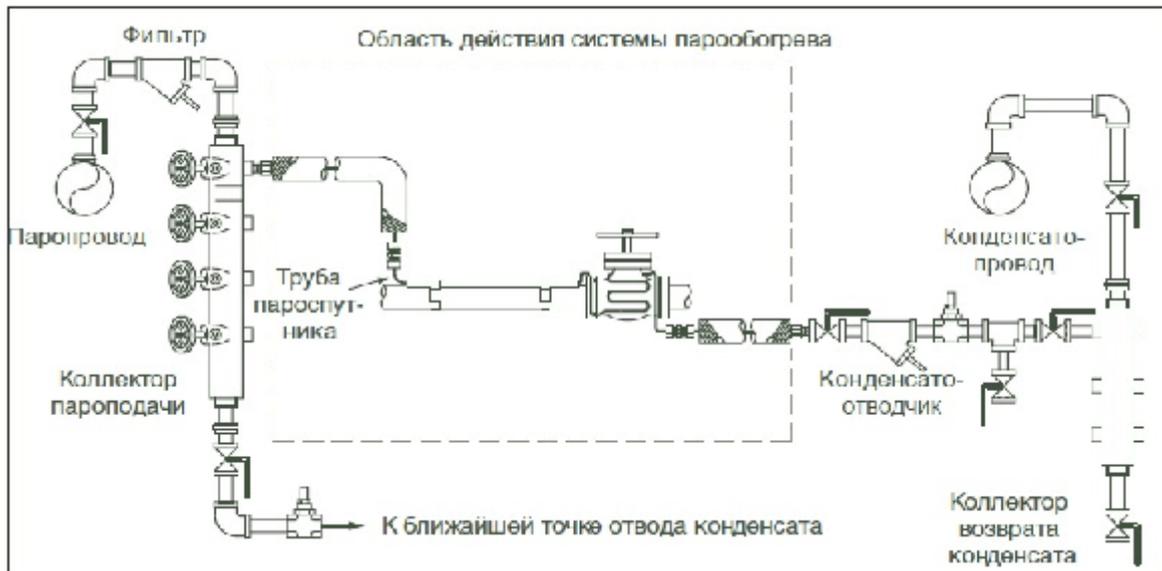


Рис.13. Типовая схема пароспутника

Важно не потерять связь между входом и выходом пароспутника, особенно при толстой теплоизоляции главного паропровода и заводского конденсатопровода. Промежуточные коллекторы пара и конденсата являются удобными средствами идентификации **маркированных** корневых отсечных вентилей и соответствующих конденсатоотводчиков.

Среди специфических требований к коллекторам пароспутников можно выделить:

- минимальные затраты на диагностику и обслуживание арматуры;
- минимальные затраты на идентификацию пары «паровой вентиль – конденсатный узел»;
- обеспечение подачи «сухого» пара на пароспутник;
- обеспечение постоянного противодействия на выходе пароспутников;
- обеспечение конденсации пара вторичного вскипания до отвода конденсата в заводской конденсатопровод;
- безопасность и эффективность запорной арматуры, исключающей утечки по штоку и потерю герметичности затвора;
- отсутствие остатков конденсата в паровой области пароспутника при перерывах в работе.

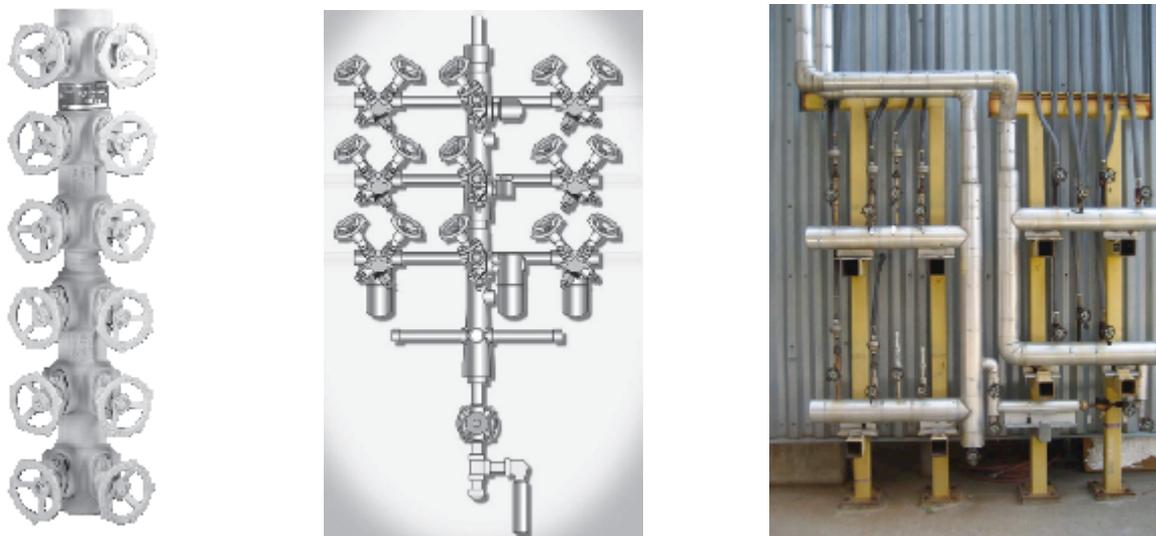
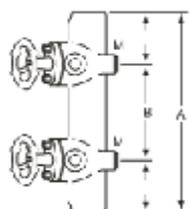


Рис.14. Коллекторы пара и конденсата

Этим требованиям отвечают вертикальные коллекторы (рис.14), в которых конденсат собирается в нижней части и отсутствует на отборах пара, а конденсатный коллектор, реализуя «сифонный дренаж», относится к классу теплообменников «труба в трубе», чтобы создать дополнительный контур защиты коллектора от размораживания. Доступ обслуживающего персонала к групповой установке конденсатоотводчиков и запорной арматуре снижает затраты времени на идентификацию, диагностику и обслуживание пароспутников.

Важным элементом паровых и конденсатных коллекторов является применение модульного принципа.



Паровой коллектор KS состоит из монолитных модулей отбора пара из кованой стали А350 LF2 с интегральными отсечными вентилями, что снижает габариты коллектора и риск утечек при пароснабжении пароспутников.

Вентиль запорный изготовлен по технологии Klinger – ротационно-поршневой без сальникового уплотнения, уплотнения поршня – кольцевые из нержавеющей стали и графита.

Максимальное число отборов пара – 12, присоединение пароспутников диаметром 15, 20 мм, резьбовое, под сварку, фланцевое (Рy40, ANSI300).

Рабочее давление пара максимальное: 40 бар, 30 бар при 400°С

Рабочая температура максимальная: 400°С

Диаметр коллектора KS-4: Ду40

Высота A-4: 275 мм

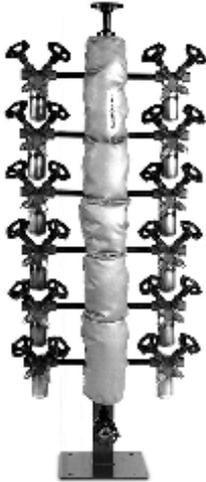
Межосевое расстояние B: 160 мм

Монтаж коллектора: к стальной стойке, на болт к резьбовому гнезду на обратной стороне коллектора М, внутренняя резьба М12.

Высота коллектора KS-8 A-8: 600 мм

KS-12 A-12: 925 мм

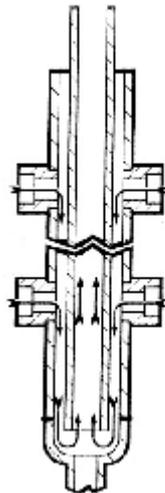
Паровой коллектор должен автоматически дренироваться с помощью конденсатоотводчика, устанавливаемого ниже нижнего парового отбора не менее, чем на 300 мм.



Конденсатный коллектор КС сифонного дренажа изготовлен по технологии «труба в трубе», использует универсальные блоки клапанов для присоединения конденсатоотводчиков, включая встроенные фильтр, тестовый и продувочный вентиля. Число присоединений, габариты и вес трубной обвязки конденсатных узлов существенно снижается, тем самым уменьшается риск утечек, габариты, время обслуживания и нагрузка на трубную обвязку.

Число подключаемых пароспутников: до 12, присоединение пароспутников диаметром 15, 20 мм, резьбовое, под сварку, фланцевое (Ру40, ANSI300).

Высота коллекторов	КС-4: 418 мм
	КС-8: 742 мм
Диаметр:	КС-12: 1065 мм
	Ду40.



Дополнительная защита от замерзания:
Изменение схемы движения конденсата внутри коллектора позволит создать защиту от замерзания

Клапанные блоки (рис.15) являются универсальными с точки зрения подключения разных типов конденсатоотводчиков. Для дренажа пароспутников используются конденсатоотводчики

- А) с перевернутым стаканом;
- Б) биметаллические, сбалансированные по температуре насыщения.



Рис.15. Клапанные блоки подключения конденсатоотводчиков

Несмотря на универсальность клапанных блоков, позволяющих присоединять разные типы конденсатоотводчиков, на один конденсатный коллектор следует подключать только один тип конденсатоотводчика (рис.16).

Заводское исполнение коллекторных узлов выигрывает во времени и качестве исполнения.

Примеры коллекторов приведены на рис.16, в частности, коллектор в утепленном кожухе используется при эксплуатации при низких температурах окружающего воздуха.

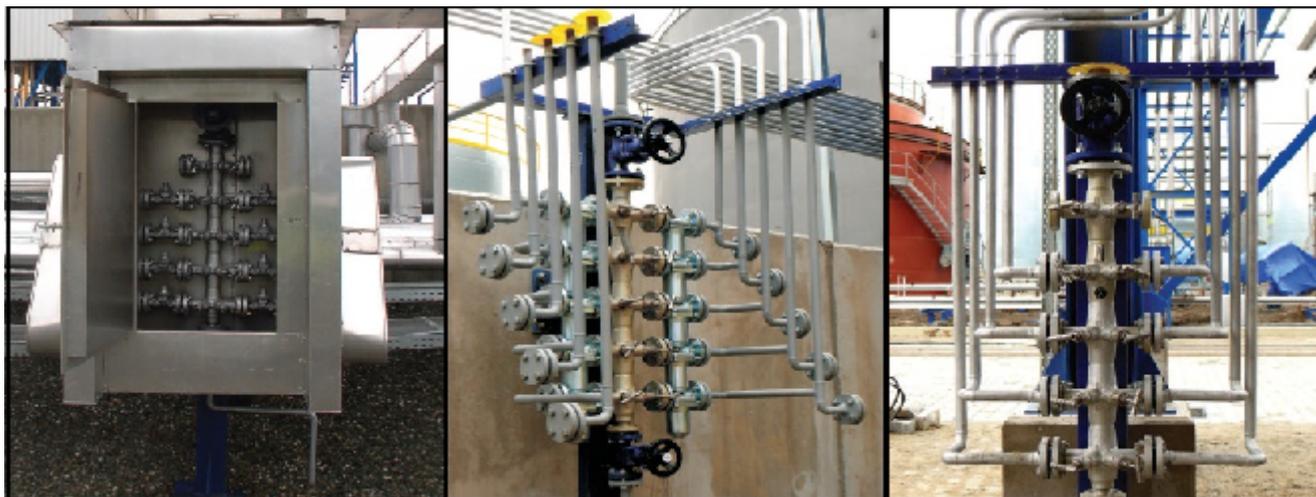


Рис.16. Коллекторы пароспутников



4. Дренаж парового коллектора

Расход конденсата на паровом коллекторе Q составляет

$$Q = 0,1 * \Sigma Q_i, \quad (7)$$

где

Q_i – расход пара на i -м пароспутнике.

Дренаж вертикального парового коллектора выполняется конденсатоотводчиками с перевернутым стаканом большой производительности (рис.17). Конденсатоотводчики с встроенными воздухоотводчиками здесь не имеют преимущества, т.к. неконденсируемые газы скапливаются в верхней части коллекторов и их лучше отводить отдельным воздушным вентилем Т70 из нержавеющей стали (рис.18).

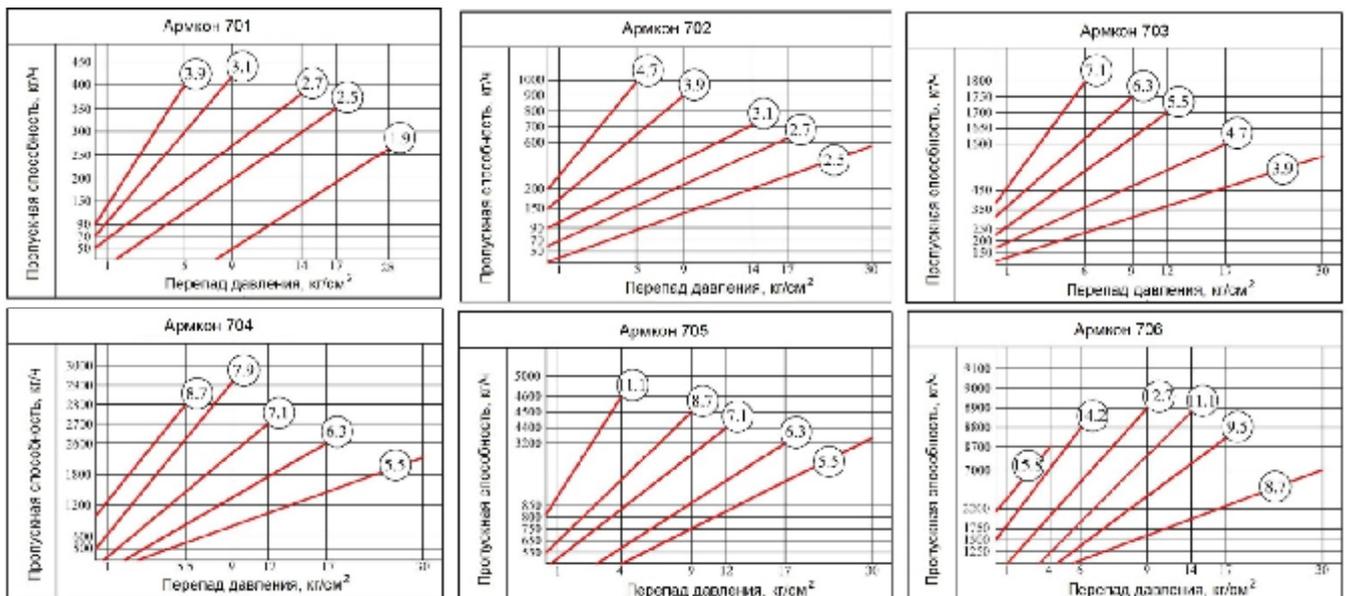


Рис. 17. Расходные характеристики моделей Армкон 701-706



Рис. 18. Воздушный вентиль (воздухоотводчик) серия Т70А

5. Пароспутники

5.1. Длина пароспутника

Длина пароспутника зависит от назначения и конфигурации подогреваемой системы, типа применяемого пароспутника и расчетных потерь давления пара от парового коллектора до входа в конденсатоотводчик.

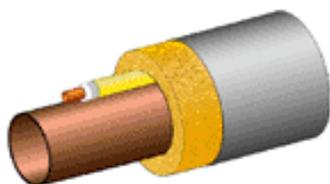
Общая расчетная протяженность пароспутников диаметрами 1/2", 3/4" ограничена длиной 35 и 45 метров соответственно. Пароспутники больших диаметров могут быть проложены на длине до 100 м.

5.2. Типы пароспутников



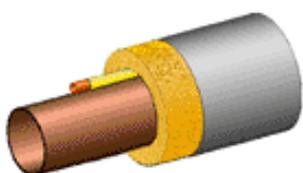
Существует большой выбор типов пароспутников, обеспечивающих различную теплопередачу, максимально соответствующую реальным требованиям к компенсации потерь тепла конкретной системой обогрева трубопровода. Тонкостенные пароспутники с предизоляцией имеют различное исполнение и могут использоваться для продуктопроводов с низкотемпературными средами. Они отличаются также способами монтажа на продуктопровод.

В зависимости от температуры, которую необходимо поддерживать в трубопроводе с обогреваемой средой, применяют следующие пароспутники.

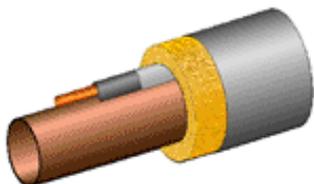


Предизолированные пароспутники (температура процесса 10-66°C) разработаны для использования при средних или низких требованиях к теплопередаче. Паропроводы представляют собой металлические трубки, покрытые композиционными материалами, уменьшающими теплопроводность, теплопередачу и температуру спутника. За счет изоляции снижается интенсивность конденсации пара и его расход. Предсказуемое снижение мощности позволяет управлять распределением тепла по длине обогреваемого трубопровода без локального или общего перегрева. В этих пароспутниках обеспечивается непрерывное истечение пара.

Предизолированные пароспутники позволяют экономить до 50% пара за счет того, что на линиях, где не требуется высокая температура компенсации потерь тепла, теряется меньше энергии, что приводит к экономии пара и отсутствию на трубопроводе областей перегрева или недогрева.



Конвективные пароспутники (температура процесса 39-93°C) устанавливаются без изоляции. Представляют наиболее распространенный тип пароспутников. При отсутствии изоляции конвективный обогрев отвечает невысоким или средним требованиям теплопроводности. Потери тепла превышают уровни потерь в других типах пароспутников.



Пароспутники с теплопроводящим компаундом (температура процесса 67-204°C) устанавливаются в теплопроводящую смесь, когда требования к теплопередаче превышают возможности предизолированных и конвективных пароспутников. Эффективность одного пароспутника, укладываемого в теплопроводящую смесь, эквивалента эффективности теплопередачи трех-пяти конвективных (неизолированных) пароспутников.



6. Теплопроводящий компаунд

Теплопроводные смеси										Технические характеристики изделия		
Идентификатор	Standard T-3	T-60	T-60	T-80	T-85	SmartPass™	МН Теплопровод	T-802	EPG™-1			
Стандартное использование	Обычно для устранения дефектов на поверхности соединения между трубами и теплообменными аппаратами с теплопроводящими свойствами. Также используется в системах SmartPass™ (расширение системы Thermal) с использованием стальных желобов ТТК.	Применяется для устранения дефектов на поверхности соединения между трубами и теплообменными аппаратами с теплопроводящими свойствами. Также используется в системах SmartPass™ (расширение системы Thermal) с использованием стальных желобов ТТК.	Применяется для устранения дефектов на поверхности соединения между трубами и теплообменными аппаратами с теплопроводящими свойствами. Также используется в системах SmartPass™ (расширение системы Thermal) с использованием стальных желобов ТТК.	Применяется для устранения дефектов на поверхности соединения между трубами и теплообменными аппаратами с теплопроводящими свойствами. Также используется в системах SmartPass™ (расширение системы Thermal) с использованием стальных желобов ТТК.	Применяется для устранения дефектов на поверхности соединения между трубами и теплообменными аппаратами с теплопроводящими свойствами. Также используется в системах SmartPass™ (расширение системы Thermal) с использованием стальных желобов ТТК.	Сформированная смесь разработана для быстрого, легкой установки на желоб ТТК из стальных труб.	Используется в тех местах, где требуется высокая адгезия к поверхности металла. Подходит для использования в качестве герметика для труб и соединений.	Самолетучие диоксида кремния не требуются. Подходит для использования в качестве герметика для труб и соединений.	Представляет собой белый матовый порошок, который легко наносится на поверхность металла. Подходит для использования в качестве герметика для труб и соединений.			
Максимальная температура воздуха	37°C	477°C	193°C	180°C	180°C	208°C	180°C	135°C	208°C			
Минимальная температура воздуха	-195°C		-180°C			-73°C	-198°C	-195°C	-73°C			
Минимальная температура установки	0°C		Внешняя: -18°C Изделие: -12°C	Внешняя: 0°C Изделие: 21°C		-12°C	Внешняя: 0°C Изделие: 59°C	0°C	-12°C			
Компактность теплопроводности и	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С	От пароструйки к концу трубы 114-227 Бл/м*С			
Полеренное сцепление	1034 Бл/С	6805-12411 Бл/С	6805-12411 Бл/С	6805-12411 Бл/С	6805-12411 Бл/С	680-1024 Бл/С	---	6805 Бл/С	6805-12411 Бл/С			
Технология подготовки	При установке с желобом ТТК не требуется специальной подготовки. В противном случае смесь наносится на поверхность в течение 4-12 часов при температуре от 7°C до 100°C и 100°C.	При установке с желобом ТТК не требуется специальной подготовки. В противном случае смесь наносится на поверхность в течение 4-12 часов при температуре от 7°C до 100°C и 100°C.	Специальная подготовка не требуется.	Специальная подготовка не требуется.	Специальная подготовка не требуется.	Специальная подготовка не требуется.	Специальная подготовка не требуется.	Специальная подготовка не требуется.	Специальная подготовка не требуется.	Специальная подготовка не требуется.		
Способ установки	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.	Нанести шпатель или использовать желоб ТТК. Не рекомендуется использовать на поверхности из углеродистой стали (из-за химической реакции). Также можно нанести шпатель вручную.		
Растворимость в воде	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет			
Электрическое сопротивление	0,105 Ом/см	1,294 Ом/см	5,7 Ом/см	5,7 Ом/см	5,7 Ом/см	5,7 Ом/см	196 Ом/см	5,7 Ом/см	5,7 Ом/см			
Срок хранения	1 год	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.	30 дней для 1,05 емкости, 0,379 л 30 дней для 0,379 л емкости, 0,379 л Хранить в герметичной упаковке при температуре не выше 4°C.			
Стандартная упаковка	Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л	Банки емкостью 0,379 л Банки емкостью 3,79 л Банки емкостью 18,95 л			
Удельный вес	1,7 кг/л	1,0 кг/л	1,6 кг/л	1,6 кг/л	1,6 кг/л	0,05 кг/метр	1,6 кг/л	1,6 кг/л	0,15 кг/метр			

Литература

1. *Armstrong Intl.* «Solution Source for Steam, Air and Hot Water Systems». Catalogue 2012-2014
2. *Spirax Sarco.* «Оборудование для пароконденсатных систем» Catalogue 2010
3. *Thermon.* «Технические решения пароспутникового обогрева» Technical overview 2015
4. *Velap.* «Универсальные биметаллические конденсатоотводчики» Catalogue 2006
5. *Армкон.* «Конденсатоотводчики, воздухоотводчики (воздушные вентили) и влагоотделители». Catalogue 2015
6. *С.В. Хижняков.* «Практические расчеты тепловой изоляции. Для промышленного оборудования и трубопроводов» 1976



Приложение 1. Свойства насыщенного пара

Таблица свойств насыщенного пара

Р, бар изб.	t, °С	Энтальпия, ккал/кг			Удельный объем, м ³ /кг	Плотность, кг/м ³
		Вода	Скрытая теплота парообразования	Пар		
0,0	100	99,7	539,4	639,1	1,694	0,5904
0,5	111,4	111,6	531,8	643,4	1,159	0,8628
1	120,2	120,6	525,9	646,5	0,8854	1,129
1,5	127,4	127,9	521	648,9	0,7184	1,392
2	133,5	134,1	516,8	650,9	0,6056	1,651
3	143,6	144,5	509,6	654	0,4622	2,164
4	151,8	152,9	503,4	656,4	0,3747	2,669
5	158,1	160,2	498,1	658,2	0,3155	3,17
6	165	166,5	493,3	659,8	0,2727	3,667
7	170,4	172,2	488,9	661,1	0,2403	4,161
8	175,4	177,4	484,8	662,2	0,2148	4,655
9	179,9	182,2	481	663,2	0,1943	5,147
10	184,1	186,6	477,4	664	0,1774	5,637
11	188	190,7	474	664,8	0,1632	6,127
12	191,6	194,6	470,8	665,4	0,1511	6,618
13	195	198,3	467,7	666	0,1407	7,107
14	198,3	201,8	464,7	666,5	0,1317	7,593
15	201,4	205,1	461,8	666,9	0,1237	8,048
16	204,3	208,3	459	667,3	0,1166	8,576
17	207,1	211,3	456,4	667,7	0,1103	9,066
18	209,8	214,2	453,7	668	0,1047	9,551
19	212,4	217,1	451,2	668,2	0,0995	10,05
20	214,9	219,8	448,7	668,5	0,0949	10,539
21	217,2	222,4	446,3	668,7	0,0907	11,031
22	219,6	224,9	443,9	668,8	0,0868	11,525
23	221,8	227,4	441,6	669	0,0832	12,019
24	223,9	229,8	439,3	669,1	0,0799	12,514
25	226	232,1	437,1	669,2	0,0769	13,011
26	228,1	234,4	434,9	669,3	0,0740	13,510
27	230,1	236,6	432,8	669,4	0,0714	14,008
28	232	238,8	430,6	669,4	0,0689	14,507
29	233,8	240,9	428,5	669,4	0,0666	15,008
31	237,5	245	424,5	669,4	0,0624	16,015
33	240,9	248,9	420,5	669,4	0,0587	17,027
35	244,2	252,7	416,7	669,3	0,0554	18,051
37	247,3	256,3	412,9	669,2	0,0524	19,084
39	250,3	259,8	409,2	669	0,0497	20,121
41	253,2	263,2	405,6	668,8	0,0473	21,142
43	256,1	266,5	402	668,5	0,0451	22,183
45	258,8	269,7	398,5	668,2	0,0430	23,234

Приложение 2. Свойства перегретого пара

Энтальпия перегретого пара (ккал/кг)

Р	Т	Насыщение	Энтальпия в ккал/кг при температуре °С																		
			вода	пар	200	220	240	260	280	300	320	350	380	400	420	450	480	500	520	550	600
1	99.1	638.5	686.0	705.5	715.0	724.4	734.0	743.7	752.7	762.7	772.9	782.7	792.7	807.6	822.7	832.8	843.1	858.5	874.1	884.6	
2	119.6	119.9	645.8	695.1	704.6	714.2	723.7	733.4	743.1	757.7	772.5	782.3	792.3	807.3	822.5	832.6	842.8	858.3	873.9	884.4	
3	132.9	133.4	650.3	684.5	694.2	703.8	713.5	723.1	732.8	742.6	757.2	772.0	781.9	792.0	807.0	822.2	832.3	842.6	858.1	873.7	
4	142.9	143.6	653.4	683.4	693.2	703.0	712.6	722.5	732.3	742.0	756.6	771.6	781.6	791.6	806.7	821.9	832.1	842.3	857.9	873.6	
5	151.1	152.1	655.8	682.3	692.3	702.2	712.0	721.8	731.6	741.5	756.3	771.2	781.2	791.3	806.4	821.6	831.8	842.2	857.7	873.4	
6	158.1	159.3	657.8	681.2	691.3	701.3	711.3	721.1	731.0	740.9	755.8	770.8	780.8	790.9	806.1	821.4	831.6	841.9	857.4	873.2	
8	169.6	171.3	660.8	678.6	688.0	699.6	709.7	719.7	729.8	739.8	754.9	770.0	780.0	790.2	805.5	820.8	831.1	841.4	856.9	872.8	
10	179.0	181.2	663.0	675.8	684.8	697.7	708.1	718.3	728.6	738.6	754.0	769.2	779.2	789.5	804.9	820.2	830.5	840.9	856.5	872.4	
12	187.1	189.7	664.7	673.2	682.6	695.9	706.5	716.9	727.3	737.6	753.0	768.3	778.5	788.8	804.2	819.1	830.1	840.5	856.2	872.0	
14	194.1	197.1	666.0	670.0	680.4	694.0	704.9	715.5	726.1	735.4	752.0	767.5	777.7	788.1	803.6	819.1	829.5	840.0	855.7	871.6	
16	200.4	203.9	667.1	671.9	682.2	703.5	714.2	724.9	734.3	751.1	766.7	777.0	787.4	803.0	818.6	829.0	839.5	855.3	871.2	881.9	
18	206.1	210.1	667.9	675.1	688.3	701.7	712.8	723.7	733.2	750.1	765.8	776.2	786.7	802.4	818.0	828.5	839.0	854.9	870.8	881.5	
20	211.4	215.8	668.5	672.2	686.0	700.2	711.3	722.4	730.9	749.2	765.0	775.5	786.0	801.7	817.5	828.0	838.5	854.5	870.4	881.1	
22	216.2	221.2	668.9	682.2	696.0	709.8	721.1	729.7	748.2	764.1	774.7	785.3	801.1	816.9	827.5	838.1	854.1	870.0	880.8		
24	220.8	226.1	669.3	683.7	698.5	708.3	719.8	728.5	747.2	763.3	773.9	784.6	800.5	816.3	826.9	837.6	853.6	869.7	880.4		
26	225.0	230.8	669.5	681.3	694.6	706.8	718.4	727.4	746.3	762.5	773.1	783.9	799.9	815.8	826.4	837.1	853.2	869.3	880.1		
28	229.0	235.2	669.6	678.7	692.7	705.1	717.0	724.2	745.3	761.6	772.4	783.2	799.2	815.2	825.9	836.6	852.7	868.9	879.7		
30	232.8	239.5	669.7	676.0	690.7	703.5	715.7	721.1	744.3	760.8	771.6	782.5	798.6	814.7	825.4	836.1	852.3	868.5	879.3		
35	241.4	249.4	669.5	685.2	699.2	712.1	717.7	741.7	768.6	785.6	796.5	807.4	823.4	834.9	851.2	867.5	878.4				
40	249.2	258.2	669.0	679.1	694.6	708.3	714.2	739.0	766.3	783.6	794.9	805.8	821.8	833.8	850.1	866.5	877.5				
45	256.2	266.5	668.2	672.2	689.5	704.3	710.6	736.4	764.1	781.6	793.9	810.5	821.6	832.6	849.1	865.6	876.6				
50	262.7	274.2	667.3	684.0	700.0	706.6	733.6	761.9	783.6	795.2	809.1	820.2	831.3	848.0	864.6	875.7					
55	263.7	281.8	666.2	677.8	695.5	702.6	730.8	749.6	761.6	773.4	790.7	807.7	819.0	830.2	846.9	863.6	874.9				
60	274.3	288.4	665.0	671.5	690.5	698.3	727.8	747.2	759.5	771.5	788.1	806.3	817.6	828.9	845.8	862.6	873.8				
65	279.5	294.8	663.6	685.3	693.7	724.9	744.9	757.3	769.6	787.5	804.9	816.4	827.8	844.8	861.7	872.9					
70	284.5	300.9	662.1	679.7	688.9	721.7	742.3	755.2	767.7	785.7	803.4	815.0	826.5	843.6	860.7	872.0					
75	289.2	307.0	660.5	673.7	683.8	718.5	739.8	753.0	765.8	784.1	801.9	813.7	825.3	842.6	859.7	871.1					
80	293.6	312.6	658.9	681.3	678.3	715.0	737.2	750.8	763.8	782.5	800.5	812.3	824.0	841.4	858.7	870.2					
85	279.9	318.2	657.0	660.3	672.7	711.5	734.4	748.4	761.8	780.8	799.0	811.0	822.8	840.4	857.7	869.3					
90	301.9	323.6	655.1	666.9	670.7	731.4	745.8	759.3	779.0	797.6	809.6	821.5	839.3	856.7	868.3						
95	305.8	328.8	653.2	662.9	670.7	728.2	743.2	756.9	777.1	796.2	808.4	820.4	838.2	855.9	867.4						
100	309.5	334.0	651.1	666.8	689.5	725.2	740.4	754.8	775.2	794.5	807.0	819.1	837.1	854.8	866.5						
110	316.6	344.0	646.7	662.9	691.2	719.1	735.3	750.3	771.5	791.3	804.2	816.7	834.8	852.8	864.6						
120	323.2	353.9	641.9	681.2	712.6	730.0	745.7	767.6	788.2	801.3	814.1	832.7	850.7	862.7							
140	335.1	372.4	631.0	660.0	698.5	718.4	736.1	759.8	781.6	799.0	811.0	822.8	840.4	857.7	869.3						
160	345.7	390.3	618.3	630.8	682.7	705.9	726.8	751.6	774.7	789.3	803.3	823.4	842.7	855.2							
180	355.4	410.2	602.5	663.5	691.7	714.2	743.0	767.8	783.1	797.7	818.5	838.9	851.9								
200	364.1	431.4	582.1	639.5	675.3	701.7	733.4	760.2	776.6	791.9	813.7	834.7	848.1								
220	372.1	463.0	543.6	606.2	657.0	688.1	723.5	752.4	770.0	785.9	808.7	830.3	844.1								

Приложение 3. Конденсатоотводчики с перевернутым стаканом из нержавеющей стали серия Армкон 700

Рабочие параметры: 4,1 МПа & 345°C

Расход: до 8 900 кг/ч

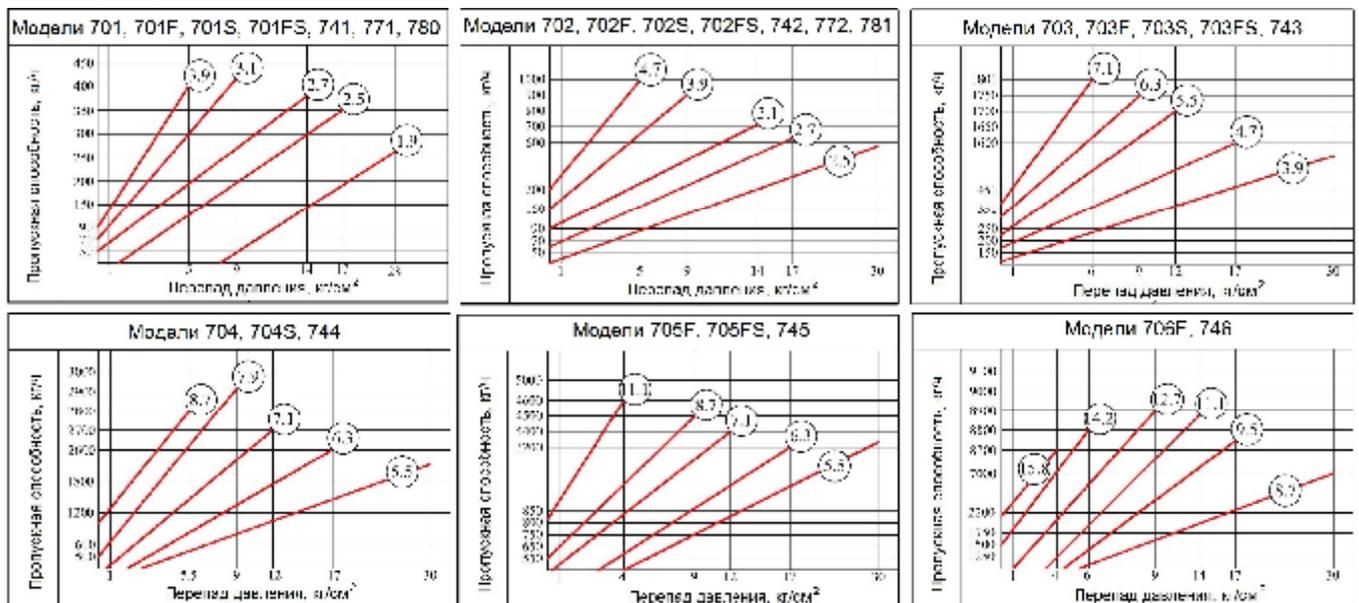


- Проверенный временем свободно плавающий поплавковый механизм с седлом в крышке прибора, запатентованный А.Армстронг в 1911 г.
- Широкий ряд моделей для самых тяжелых условий эксплуатации: пропускная способность от 400 кг/ч до 8900 кг/ч по холодному конденсату.
- Полностью сварная конструкция из нержавеющей стали (без прокладок и уплотнений), крышка и доньшко – из литой стали 304L или 316L. Модель 780 представляет сборную конструкцию из элементов литой нержавеющей стали.
- Устойчивы к загрязнениям в паре, к гидроударам, к размораживанию.
- Самоочищающееся седло, седло и золотник изготавливаются из закаленной нержавеющей стали.
- Присоединения: резьбовые (BSPT, NPT), фланцевые (ГОСТ, ANSI, DIN), под приварку (SW).
- Конденсат отводится при противодавлении до 99% от входного давления при температуре насыщения, режим работы – периодический.
- Монтаж: горизонтальный; вертикальный; со свободно вращающейся головкой.
- Отличаются сравнительно низким весом при высокой производительности.
- Широкий набор опций: встроенный обратный клапан (CV), патрубок для монтажа тестового крана (TV), встроенный фильтр (SF), продувочный клапан (BV), игла для удаления воздушных пробок в конденсатоотводчиках газового конденсата (SW).

- Гарантия: 3 года. Срок службы: 20 лет.

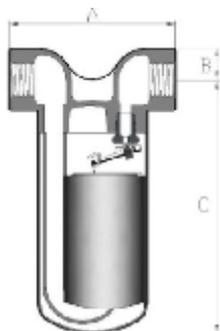
- Область применения: пароспутники, паропроводы, калориферы, теплообменные аппараты, сепараторы, автоклавы, коллекторы и др.

Пропускная способность конденсатоотводчиков по холодному конденсату (кг/ч)



*В круге указан диаметр седла, мм.

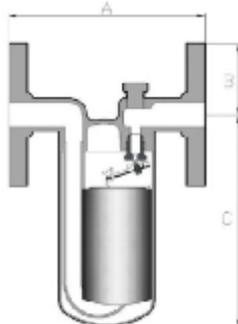
Конденсатоотводчики горизонтального монтажа



Серия 700

Модель	Присоед. *, мм	A, мм	B, мм	C, мм	ΔP_{\max} , кг/см ²	Вес, кг
701	15, 20	96	19	163	28	1
702	20, 25	120	23	208	30	2
703	25, 32	145	29	254	30	4,3
704	32, 40	170	32	265	30	6

*Резьбовое (NPT, BSPT), под приварку



Серия 700F фланцевый

Модель	Присоед. *, мм	A, мм	B, мм	C, мм	ΔP_{\max} , кг/см ²	Вес, кг
701F	15, 20	130	48	141	28	2
702F	20, 25	150	50	208	30	4,5
703F	25, 32	185	78	254	30	5,5
705F	40, 50	210	77	303	30	10
706F	50	290	78	365	30	16

*Фланцевое PN40RF, исп. 1

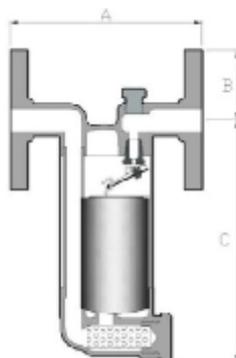
Конденсатоотводчики с встроенным фильтром для особо загрязненных сред



Серия 700S со встроенным сетчатым фильтром

Модель	Присоед. *, мм	A, мм	B, мм	C, мм	ΔP_{\max} , кг/см ²	Вес, кг
701S	15, 20	96	19	165	28	1
702S	20, 25	120	23	243	30	2
703S	25, 32	145	29	280	30	5,3
704S	25, 32	145	29	264	30	7

*Резьбовое (NPT, BSPT), под приварку

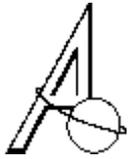


Серия 700FS фланцевый со встроенным сетчатым фильтром

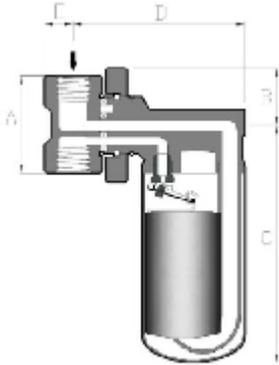
Модель	Присоед. *, мм	A, мм	B, мм	C, мм	ΔP_{\max} , кг/см ²	Вес, кг
701FS	15, 20	130	48	165	28	2
702FS	20, 25	150	50	243	30	4,5
703FS	25, 32	185	78	280	30	7,3
705FS	40, 50	210	77	303	30	10

*Фланцевое PN40RF, исп. 1

Встроенные тестовый и продувочный клапаны – по запросу



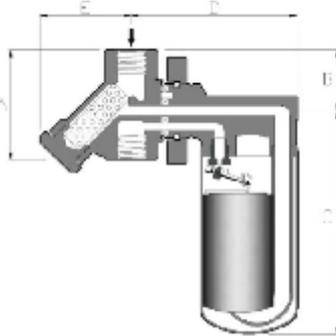
Конденсатоотводчики со свободно вращающимся присоединением



Серия 770 с коннектором C1 (без встроенного сетчатого фильтра)

Модель	Прис.*, мм	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм	E, мм	ΔP_{max_2} , кг/см ²	Вес, кг
771/C1	15, 20	60	35	105	105	18	28	1,3
772/C1	15, 20	60	52	125	125	18	30	2,3

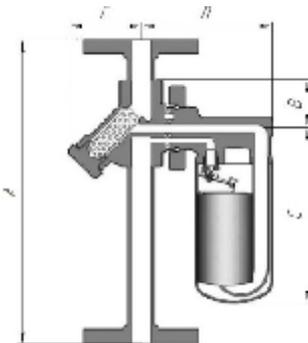
*Резьбовое (NPT, BSPT), под приварку



Серия 770 с коннектором C2 (со встроенным сетчатым фильтром)

Модель	Прис.*, мм	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм	E, мм	ΔP_{max_2} , кг/см ²	Вес, кг
771/C2	15, 20	72	40	146	105	60	28	1,6
772/C2	15, 20, 25	72	57	210	125	60	30	2,6

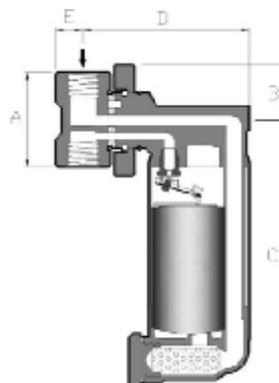
*Резьбовое (NPT, BSPT), под приварку



Серия 770F с фланцевым коннектором C2 (со встроенным сетчатым фильтром)

Модель	Прис.*, мм	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм	E, мм	ΔP_{max_2} , кг/см ²	Вес, кг
771F/C2	15, 20	254	44	210	125	60	28	3,2

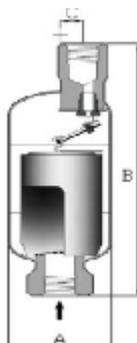
*Фланцевое PN40RF, исп. 1



Серия 770S со встроенным сетчатым фильтром с коннектором C1

Модель	Прис.*, мм	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм	E, мм	ΔP_{max_2} , кг/см ²	Вес, кг
771S/C1	15, 20	60	35	146	105	18	28	1,5
772S/C1	15, 20, 25	60	52	210	125	18	30	2,5

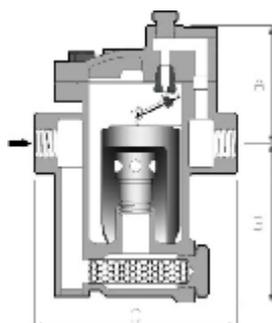
*Резьбовое (NPT, BSPT), под приварку



Серия 740 для вертикальной установки

Модель	Присоед.* , мм	А, мм	В, мм	С, мм	ΔP_{\max} , кг/см ²	Вес, кг
741	15, 20	70	154	14	28	1
742	20, 25	70	184	14	28	1,6
743	20	90	225	22	30	2,3
744	25	114	289	30	30	3,5
745	40	140	360	-	30	5,7
746	50	190	425	-	30	10

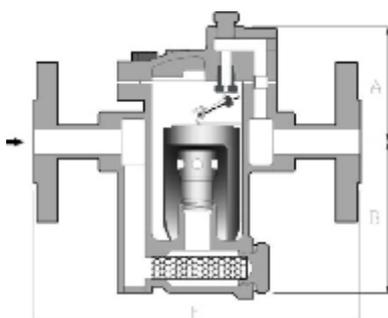
*Резьбовое (NPT, BSPT), под приварку
Встроенный обратный клапан – по запросу



Серия 780F литой корпус, фланцевый, встроенные фильтр и обратный клапан

Модель	Присоед.* , мм	А, мм	В, мм	Ф, мм	ΔP_{\max} , кг/см ²	Вес, кг
780F	15	80	98	196	28	4,6
	20			198		5
781F	15	105	134	226	41	7,3
	20			246		8,6
	25			250		9,6

*Фланцевое, PN40RF для 780F, PN63RF для 781F; исп. 1.
Встроенные тестовый и продувочный клапаны – по запросу



Серия 780 литой корпус, встроенные фильтр и обратный клапан

Модель	Присоед.* , мм	А, мм	В, мм	С, мм	ΔP_{\max} , кг/см ²	Вес, кг
780	15, 20	80	98	126	28	3
781	15, 20, 25	105	134	134	41	5

*Резьбовое (NPT, BSPT), под приварку
Встроенные тестовый и продувочный клапаны – по запросу

Материалы

Корпус	304 нерж.
	304L нерж.
	316 нерж.
Стакан	нерж. сталь
Механизм	нерж. сталь
Седло и клапан	нерж. сталь
Фильтр	нерж. сталь
Вн. трубка	нерж. сталь
Болты	нерж. сталь
Пробка	нерж. сталь

Аксессуары

SW – модификация для работы на газовом конденсате

TC – дополнительная модификация для контроля работы КО

BV – продувочный клапан для фильтра

CV – встроенный обратный клапан

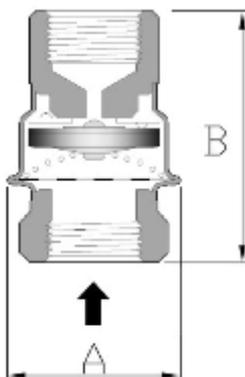


Приложение 4. Воздушные вентили (воздухоотводчики) термостатические из нержавеющей стали серия Армкон Т70А

Рабочие параметры: 2,2 МПа & 320°C

Расход: до 170 Нм³/ч

- **Термостатический воздухоотводчик** с сильфонным (диафрагменным) элементом, заполненным термостатированной жидкостью и сбалансированным по давлению пара.
- Компактный прибор для удаления избытков воздуха и других неконденсируемых газов из паропроводов и теплообменного оборудования.
- Область применения: паропроводы, паровые коллекторы, калориферы, вулканизаторы, скоростные подогреватели, стерилизаторы, другое оборудование, где газы формируют «воздушную пробку» или скапливаются в паровой области (паровой рубашке) и снижают эффективность теплопередачи.
- Отводит воздух (газы) при температуре немного ниже рабочей температуры пара (температуры насыщения) в пределах всего диапазона давлений – регулировка не требуется.
- Малый размер и вес.
- Максимальное рабочее давление до 2,2 МПа.
- Встроенная защитная сетка.
- Все части выполнены из нержавеющей стали 304.
- Является термостатическим конденсатоотводчиком (изменением места монтажа и направления отвода конденсата).
- Цельносварная конструкция без уплотнений.
- При прогреве паропровода возможен выброс холодного конденсата.
- Гарантийный срок службы составляет 1 год.



Серия Т70А Массо-габаритные характеристики

Модель	Присоед. *, мм	А, мм	В, мм	ΔР _{max} , кг/см ²	Вес, кг
Т70А	8,10	47	61	22	0,17
	15	47	69		0,19
	20	47	69		0,25

*Резьбовое (NPT, BSPT).

Материалы:

Корпус	нерж. сталь 304
	нерж. сталь 304L
	нерж. сталь 316
Сильфон	нерж. сталь
Седло	нерж. сталь 440С
Сетка	нерж. сталь