



Методика подбора электронагревателей для обогрева резервуаров



А.И. Пилипенко,
менеджер
направления отдела
развития ООО
«ССТЭнергомонтаж»



А.А. Лукина,
начальник отдела
технической
поддержки ООО
«ССТЭнергомонтаж»

Наиболее эффективным, простым и надежным способом обогрева резервуаров является электрообогрев

Конфигурацию системы электрообогрева следует выбирать и устанавливать таким образом, чтобы обеспечить достаточное количество тепловой энергии в целях:

- а) компенсации потерь тепла при поддержании требуемой температуры резервуара при минимальной температуре окружающей среды; или
- б) повышения температуры объекта и его содержимого (разогрев), в течение заданного периода времени; или
- с) одновременного решения задач по п. а) и б).

Система электрообогрева резервуаров может быть выполнена на осно-

ве нагревательных лент и кабелей и погружных электронагревателей. Для поддержания температуры продукта в резервуаре используются как нагревательные кабели, так и погружные фланцевые электронагреватели. Если речь идет о разогреве и последующем поддержании температуры наиболее эффективно и экономически выгодно использовать именно электронагреватели. Использование погружных электрических нагревателей для обогрева резервуаров чаще всего обходится дешевле, по сравнению с нагревательными кабелями, т.к. электронагреватели обладают рядом преимуществ, по сравнению с нагревательным кабелем:

– ниже стоимость оборудования на единицу выделяемой тепловой энергии за счет более высокого удельного тепловыделения с поверхности нагревательных элементов электронагревателей;

– стоимость монтажных работ по установке электронагревателя на резервуар в десятки раз ниже, по сравнению с системами на основе нагревательных кабелей, т.к. нет необходимости строительства дорогостоящих монтажных лесов и стропильных систем, не требуется проведение каких-либо сварочных работ непосредственно на объекте, соответственно не требуется привлечение большого количества монтажников, сварщиков и других дорогостоящих квалифицированных специалистов, что особенно актуально для удаленных северных районов;

– разница в стоимости увеличивается в пользу электронагревателей при необходимости разогрева продукта для относительно больших резервуаров.

При эксплуатации теплоизолированных резервуаров не всегда требуется поддерживать постоянно положительную температуру продукта, т.к. продукт поступает в резервуар с достаточно высокой температурой и за счет большого объема медленно остывает, особенно при «мягких» климатических условиях. В этих случаях служба эксплуатации, как правило, заинтересована в использовании оборудования, которое включается только при необходимости, достаточно быстро разогревает продукт и поддерживает в дальнейшем температуру в течение необходимого времени.

Определение мощности

Начальный этап выбора любой системы обогрева связан с определением мощностных характеристик системы, т.е. с определением величины тепловых потерь и мощности, необходимой для разогрева. Исходными данными для расчета **тепловых потерь** резервуара являются:

- геометрические размеры обогреваемого резервуара;
- требуемая температура и минимальная температура окружающей среды;
- теплофизические параметры корпуса обогреваемого резервуара и материала теплоизоляции, а именно коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C).

Расчет удельных тепловых потерь резервуара выполняется по формулам для случая плоской многослойной стенки, состоящей, как минимум, из двух слоев (корпуса резервуара и теплоизоляции):

$$Q_{ном.уд.} = \frac{\Delta T_1}{\sum_{i=1}^n R_{ин} + R_n}$$

где: $Q_{ном.уд.}$ – удельные теплотери с поверхности резервуара, Вт/м²;
 $\Delta T_1 = T_{рез.} - T_{окр.}$ – разница между температурой стенки резервуара и температурой окружающей среды, °C;
 $\sum_{i=1}^n R_i$ – сумма термических сопротивлений корпуса резервуара, теплоизоляционных и защитных слоев, (м²·°C)/Вт;
 R_n – термическое сопротивление теплопередаче от кожуха резервуара к окружающей среде, (м²·°C)/Вт.
 В свою очередь термические сопротивления определяются из следующих соотношений:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad R_n = \frac{1}{\alpha_n}$$

где: δ_i – толщина i -го слоя теплоизоляции, м;
 λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя теплоизоляции, Вт/(м·°C);
 α_n – коэффициент теплопередачи от поверхности кожуха к окружающей среде (зависит от условий размещения резервуара), Вт/(м²·°C).
 Полные теплотери резервуара определяются как:

$$Q_{ном.} = Q_{ном.уд.} \cdot S_{p.m/uz}$$

где: $Q_{ном.}$ – полные теплотери с поверхности резервуара, Вт;
 $Q_{ном.уд.}$ – удельные теплотери с поверхности резервуара, рассчитанные по формуле (1), Вт/м²;
 $S_{p.m/uz}$ – площадь поверхности резервуара по теплоизоляции, м².
 При решении задачи **разогрева** резервуара исходными данными для расчета необходимой мощности являются:

- геометрические размеры обогреваемого резервуара;
- начальная температура разогрева, конечная (требуемая) температура разогрева;
- теплофизические параметры корпуса разогреваемого резервуара, продукта и материала теплоизоляции, а именно плотность ρ , кг/м³, и теплоемкость C_p , Дж/(кг·°C);
- коэффициент заполнения резервуара продуктом;
- и требуемое время разогрева.

Мощность, необходимая для разогрева заполненного резервуара складывается из мощностей, расходуемых на разогрев корпуса резервуара, теплоизоляции, продукта, а также на компенсацию тепловых потерь резервуара (4):

$$Q_{раз.} = \frac{(C_{p_k} \cdot m_k + C_{p_{np}} \cdot m_{np} + \frac{1}{2} \cdot C_{p_{uz}} \cdot m_{uz}) \cdot \Delta T_2}{\tau_{раз.}} + Q_{ном.}$$

где: $Q_{раз.}$ – мощность, требуемая для разогрева резервуара, Вт;
 $\Delta T_2 = T_{кон.} - T_{нач.}$ – разница между начальной и конечной (требуемой) температурой разогрева, °C;
 $C_{p_k}, C_{p_{np}}, C_{p_{uz}}$ – теплоемкость материала корпуса, продукта и теплоизоляции, Дж/(кг·°C);
 m_k, m_{np}, m_{uz} – масса корпуса, продукта и теплоизоляции, кг;
 $\tau_{раз.}$ – требуемое время разогрева, сек;
 $Q_{ном.}$ – теплотери с поверхности резервуара в процессе разогрева, Вт.
 Тепловые потери резервуара в ходе

разогрева изменяются, а именно возрастают с увеличением температуры разогрева. Теплотери минимальны в начальный момент разогрева и максимальны при конечной (требуемой) температуре резервуара. За время разогрева теплотери резервуара примерно равны потерям при средней температуре T_{cp} , определенной по следующей формуле:

i (5)

$$T_{cp.} = (T_{кон.} + T_{нач.}) / 2$$

При расчете потерь тепла на основе теоретических величин не учитываются недостатки, связанные с установкой системы на фактическом месте работы, поэтому рассчитанные значения необходимо увеличить на коэффициент запаса (безопасности). ГОСТ Р МЭК 60079-30-2-2009 рекомендует принимать коэффициент запаса в диапазоне от 10 % до 25 %. Коэффициенты запаса должны использоваться в связи со следующими факторами, влияющими на потерю тепла:

- разрушение теплоизоляции;
 - колебания напряжения питания;
 - падение напряжения в разветвлениях проводки;
 - падение напряжения в электронагревателе;
 - качество монтажа теплоизоляции.
- Вышеприведенные расчеты теплотери и мощности, требуемой на разогрев резервуара справедливы для полностью теплоизолированных резервуаров, включая опоры, фитинги и т.д. (при их наличии), а также при отсутствии фазового превращения продукта в ходе разогрева. В противном случае необходимо выполнить более углубленный расчет.

Для того чтобы без проведения сложных вычислений быстро оценить мощность, необходимую для поддержания температуры и разогрева и самостоятельно подобрать электронагреватель, мы предлагаем использовать приблизительную (оценочную), но простую методику

расчетов, которая приведена ниже. Для расчетов необходимо знать объем резервуара, толщину теплоизоляции и температурные параметры.

1 Вариант – когда требуется поддержание температуры, то теплотери просто определяются по таблице № 1.

В данной таблице приведены типовые расчетные теплотери резервуаров в зависимости от их объема, разности между минимальной температурой окружающей среды и требуемой температурой резервуара (ΔT_1 во второй вертикальной колонке), а также от толщины теплоизоляции.

Данные в таблице №1 справедливы для следующих условий: резервуар расположен на открытом воздухе; применяется теплоизоляция, коэффициент теплопроводности которой равен 0,05 Вт/м·°С.

При изменении условий необходимо выполнить пересчет по формуле (6):

i (6)

$$Q_{пот.} = Q_{табл.1} \times K1 \times K2 \times K3$$

Суммарные теплотери резервуара определяются по следующей формуле:

Значение $Q_{табл.1}$ необходимо принять по таблице №1, значения коэффициентов $K1$, $K2$ и $K3$ - из таблиц №2, №3 и №4 соответственно.

Определить тепловые потери резервуара можно также с помощью программы «ТепломагР», разработанной специалистами ООО «ССТ». Программа проста в использовании, содержит в себе руководство по применению и не требует специального углубленного обучения.

2 Вариант – когда требуется разогреть продукт от начальной до требуемой температуры, то по таблице № 5 определяется суммарная мощность, необходимая для разогрева продукта, корпуса и теплоизоляции. При этом для получения конечного результата необходимо к полученной мощности разогрева прибавить

тепловые потери (1 Вариант) при средней разности температур. В данной таблице приведены типовые расчетные мощности разогрева резервуаров в зависимости от их объема, разности между начальной и конечной температурами резервуара ΔT_2 , а также от толщины теплоизоляции.

Расчет в таблице №5 произведен для следующих условий: применяется теплоизоляция, коэффициент теплопроводности которой равен 0,05 Вт/м·°С, время разогрева 8 часов, разогреваемый продукт – вода, коэффициент заполнения резервуара 100%. При изменении условий, а также для учета тепловых потерь с поверхности резервуара, необходимо ввести корректировку по формуле (7).

Суммарная мощность, необходимая для разогрева резервуара, будет определяться по следующей формуле (7):

i (7)

$$Q_{раз.} = Q_{пот.} + Q_{табл.5} \times K4 \times K5 \times K6 \times K7$$

Значение $Q_{табл.5}$ необходимо принять по таблице №5; $Q_{пот.}$ определяем по формуле (6), значения коэффициентов $K4$, $K5$, $K6$ и $K7$ - из таблиц №6, №7, №8 и №9 соответственно.

Пример расчета:

Исходные данные:

- Резервуар с нефтью объемом 200 м³, коэффициент заполнения 0.8;
- Теплоизоляция: минеральная вата толщиной 100 мм;
- Температура окружающей среды: - 50 °С;
- Требуемая температура поддержания: +30 °С.
- Необходимо поддерживать постоянную температуру +30 °С, и при необходимости разогревать продукт за 24 часа от начальной температуры +10 °С до +30 °С.

Расчет для подбора электронагревателей:

1. Определяем теплотери резервуара при поддержании требуемой температуры +30 °С:
 - по таблице 1 находим для резер-

Таблица 1.

Толщина изоляции, мм	Объем, м ³	3	5	10	25	50	75	100	200	300	400	700	1 000	2 000	3 000
		Расчетные теплотери, кВт													
50	20	0,27	0,42	0,48	1,03	1,83	2,22	2,83	3,87	5,34	6,25	9,20	11,12	18,35	25,11
	30	0,41	0,63	0,72	1,54	2,74	3,32	4,25	5,81	8,02	9,38	13,80	16,68	27,52	37,67
	40	0,55	0,84	0,96	2,06	3,65	4,43	5,66	7,75	10,69	12,51	18,40	22,24	36,69	50,23
	50	0,68	1,05	1,20	2,57	4,56	5,54	7,08	9,69	13,36	15,64	23,00	27,80	45,87	62,78
	60	0,82	1,26	1,44	3,09	5,48	6,65	8,49	11,62	16,03	18,76	27,60	33,37	55,04	75,34
	80	1,09	1,69	1,92	4,11	7,30	8,86	11,32	15,50	21,38	25,02	36,80	44,49	73,39	100,46
	100	1,37	2,11	2,40	5,14	9,13	11,08	14,15	19,37	26,72	31,27	46,00	55,61	91,73	125,57
80	20	0,19	0,28	0,32	0,67	1,19	1,44	1,83	2,50	3,43	4,01	5,89	7,11	11,70	16,00
	30	0,28	0,42	0,48	1,01	1,78	2,16	2,75	3,74	5,15	6,02	8,83	10,67	17,56	24,00
	40	0,37	0,56	0,64	1,35	2,38	2,88	3,67	4,99	6,87	8,03	11,78	14,22	23,41	32,01
	50	0,46	0,70	0,80	1,69	2,97	3,60	4,59	6,24	8,58	10,03	14,72	17,78	29,26	40,01
	60	0,56	0,85	0,96	2,02	3,57	4,32	5,50	7,49	10,30	12,04	17,67	21,34	35,11	48,01
	80	0,74	1,13	1,28	2,70	4,76	5,76	7,34	9,99	13,73	16,06	23,56	28,45	46,82	64,01
	100	0,93	1,41	1,60	3,37	5,95	7,19	9,17	12,48	17,17	20,07	29,45	35,56	58,52	80,01
100	20	0,16	0,23	0,27	0,55	0,97	1,18	1,50	2,03	2,79	3,26	4,77	5,75	9,45	12,92
	30	0,23	0,35	0,40	0,83	1,46	1,76	2,25	3,04	4,18	4,88	7,15	8,63	14,18	19,37
	40	0,31	0,47	0,53	1,11	1,95	2,35	2,99	4,06	5,57	6,51	9,54	11,51	18,91	25,83
	50	0,39	0,59	0,66	1,39	2,43	2,94	3,74	5,07	6,97	8,14	11,92	14,39	23,64	32,29
	60	0,47	0,70	0,80	1,66	2,92	3,53	4,49	6,09	8,36	9,77	14,31	17,26	28,36	38,75
	80	0,62	0,94	1,06	2,22	3,89	4,70	5,99	8,12	11,15	13,02	19,07	23,02	37,82	51,67
	100	0,78	1,17	1,33	2,77	4,87	5,88	7,49	10,15	13,93	16,28	23,84	28,77	47,27	64,58
150	20	0,12	0,17	0,19	0,39	0,68	0,82	1,04	1,40	1,92	2,23	3,26	3,93	6,43	8,76
	30	0,17	0,26	0,29	0,59	1,03	1,23	1,57	2,10	2,87	3,35	4,89	5,89	9,64	13,14
	40	0,23	0,34	0,39	0,79	1,37	1,64	2,09	2,80	3,83	4,47	6,52	7,85	12,85	17,53
	50	0,29	0,43	0,48	0,98	1,71	2,06	2,61	3,50	4,79	5,59	8,15	9,82	16,07	21,91
	60	0,35	0,51	0,58	1,18	2,05	2,47	3,13	4,21	5,75	6,70	9,78	11,78	19,28	26,29
	80	0,46	0,69	0,77	1,57	2,74	3,29	4,18	5,61	7,67	8,94	13,04	15,71	25,71	35,05
	100	0,58	0,86	0,97	1,97	3,42	4,11	5,22	7,01	9,58	11,17	16,30	19,63	32,13	43,81
200	20	0,10	0,14	0,16	0,31	0,54	0,64	0,82	1,09	1,48	1,72	2,50	3,01	4,90	6,67
	30	0,15	0,21	0,24	0,47	0,81	0,97	1,22	1,63	2,22	2,58	3,75	4,51	7,35	10,00
	40	0,19	0,28	0,31	0,63	1,08	1,29	1,63	2,17	2,96	3,44	5,00	6,01	9,80	13,34
	50	0,24	0,35	0,39	0,78	1,35	1,61	2,04	2,71	3,70	4,30	6,25	7,51	12,25	16,67
	60	0,29	0,42	0,47	0,94	1,62	1,93	2,45	3,26	4,43	5,16	7,50	9,02	14,70	20,01
	80	0,39	0,56	0,63	1,25	2,15	2,58	3,26	4,34	5,91	6,88	10,00	12,02	19,60	26,68
	100	0,48	0,70	0,79	1,57	2,69	3,22	4,08	5,43	7,39	8,60	12,50	15,03	24,50	33,35

вуара объемом 200 м³ при толщине теплоизоляции 100 мм и при $\Delta T_1 = T_{\text{рез.}} - T_{\text{окр.}} = 30 - (-50) = 80^\circ\text{C}$ расчетные теплотери $Q_{\text{табл.1}} = 8,12$ кВт;

■ принимаем по таблицам 2-4 поправочные коэффициенты $K_1=1$, $K_2=1$ и $K_3=1,25$;

$Q_{\text{пот.}} = Q_{\text{табл.1}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 = 8,12 \times 1 \times 1 \times 1,25 = 10,15$ кВт;

2. Определяем мощность, требуемую для разогрева заполненного на 80% резервуара от начальной температуры +10 °C до требуемой +30 °C:

■ по таблице 1 находим для резервуара объемом 200 м³ при толщине теплоизоляции 100 мм и при $\Delta T_1 = T_{\text{ср.}} - T_{\text{окр.}} = ((30+10)/2) - (-50) = 70^\circ\text{C}$ расчетные теплотери $Q_{\text{табл.1}} = 7,11$ кВт;

■ принимаем по таблицам 6-9 по-

правочные коэффициенты $K_4=0,33$, $K_5=0,45$, $K_6=0,8$ и $K_9=1,25$;

$Q_{\text{раз.}} = Q_{\text{пот.}} + Q_{\text{табл.5}} \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 = 7,11 \times 1 \times 1 \times 1,25 + 604,9 \times 0,33 \times 0,45 \times 0,8 \times 1,25 = 98,7$ кВт.

Для решения задачи можно использовать 4 стандартных нагревателя воды мощностью 30 кВт каждый. Применение 4-х стандартных электронагревателей имеет следующие преимущества:

- 1) минимальную стоимость каждого нагревателя, т.к. нет необходимости в разработке электронагревателя индивидуальной конструкции;
- 2) отсутствие избыточного потребления электроэнергии благодаря предусмотренной АСУ, которая включает и выключает систему разогрева только, если того требует изменившиеся температурные характеристики продукта;

Таблица 2.

Коэффициент теплопроводности теплоизоляции λ , Вт/(м·°C)	Корректирующий множитель K_1
0,035-0,038	0,8
0,05	1
0,06-0,07	1,3

Таблица 3.

Расположение резервуара	Корректирующий множитель K_2
На открытом воздухе	1
В помещении	0,95

Таблица 4.

Тип СЭО	Требуемый коэффициент запаса K_3
СЭО на основе саморегулирующихся лент	1,15-1,2
СЭО на основе электронагревателей и кабелей постоянной мощности	1,25



Таблица 5.

Объем, м ³	Толщина изоляции, мм	ΔT ₂ , °C	Мощность для разогрева, кВт												
			3	5	10	25	50	75	100	200	300	400	700	1 000	2 000
50	10	4,8	9,9	12,0	38,5	79,1	109,0	144,9	302,1	493,7	625,1	1 121,5	1 495,4	3 167,3	4 950,9
	15	7,3	14,8	18,0	57,7	118,6	163,5	217,3	453,2	740,5	937,7	1 682,3	2 243,1	4 750,9	7 426,4
	20	9,7	19,7	23,9	76,9	158,1	218,0	289,8	604,3	987,3	1 250,3	2 243,1	2 990,8	6 334,6	9 901,8
	25	12,1	24,7	29,9	96,2	197,7	272,6	362,2	755,4	1 234,1	1 562,9	2 803,9	3 738,4	7 918,2	12 377,3
	30	14,5	29,6	35,9	115,4	237,2	327,1	434,7	906,4	1 481,0	1 875,4	3 364,6	4 486,1	9 501,8	14 852,8
	35	16,9	34,5	41,9	134,6	276,8	381,6	507,1	1 057,5	1 727,8	2 188,0	3 925,4	5 233,8	11 085,5	17 328,2
	40	19,3	39,4	47,9	153,8	316,3	436,1	579,6	1 208,6	1 974,6	2 500,6	4 486,2	5 981,5	12 669,1	19 803,7
	45	21,8	44,4	53,9	173,1	355,8	490,6	652,0	1 359,7	2 221,5	2 813,1	5 047,0	6 729,2	14 252,8	22 279,1
	50	24,2	49,3	59,9	192,3	395,4	545,1	724,5	1 510,7	2 468,3	3 125,7	5 607,7	7 476,9	15 836,4	24 754,6
80	10	4,8	9,9	12,0	38,5	79,2	109,1	145,0	302,3	493,9	625,4	1 121,9	1 495,9	3 168,1	4 952,0
	15	7,3	14,8	18,0	57,8	118,7	163,7	217,5	453,5	740,8	938,1	1 682,9	2 243,8	4 752,1	7 428,0
	20	9,7	19,8	24,0	77,0	158,3	218,2	290,0	604,6	987,8	1 250,8	2 243,9	2 991,7	6 336,1	9 904,0
	25	12,1	24,7	30,0	96,3	197,9	272,8	362,6	755,8	1 234,7	1 563,5	2 804,9	3 739,6	7 920,2	12 380,0
	30	14,5	29,6	36,0	115,5	237,5	327,3	435,1	906,9	1 481,7	1 876,2	3 365,8	4 487,6	9 504,2	14 856,0
	35	17,0	34,6	42,0	134,8	277,0	381,9	507,6	1 058,1	1 728,6	2 188,9	3 926,8	5 235,5	11 088,2	17 332,0
	40	19,4	39,5	48,0	154,0	316,6	436,5	580,1	1 209,3	1 975,6	2 501,7	4 487,8	5 983,4	12 672,3	19 808,0
	45	21,8	44,5	54,0	173,3	356,2	491,0	652,6	1 360,4	2 222,5	2 814,4	5 048,7	6 731,3	14 256,3	22 284,0
	50	24,2	49,4	60,0	192,5	395,8	545,6	725,1	1 511,6	2 469,4	3 127,1	5 609,7	7 479,3	15 840,3	24 760,0
100	10	4,9	9,9	12,0	38,5	79,2	109,2	145,1	302,4	494,0	625,6	1 122,2	1 496,2	3 168,6	4 952,7
	15	7,3	14,8	18,0	57,8	118,8	163,8	217,7	453,6	741,1	938,4	1 683,3	2 244,3	4 752,9	7 429,1
	20	9,7	19,8	24,0	77,1	158,4	218,4	290,2	604,9	988,1	1 251,2	2 244,4	2 992,3	6 337,2	9 905,4
	25	12,1	24,7	30,0	96,3	198,0	273,0	362,8	756,1	1 235,1	1 564,0	2 805,5	3 740,4	7 921,5	12 381,8
	30	14,6	29,7	36,0	115,6	237,6	327,5	435,3	907,3	1 482,1	1 876,8	3 366,6	4 488,5	9 505,8	14 858,1
	35	17,0	34,6	42,0	134,9	277,2	382,1	507,9	1 058,5	1 729,2	2 189,6	3 927,7	5 236,6	11 090,1	17 334,5
	40	19,4	39,6	48,0	154,2	316,8	436,7	580,4	1 209,7	1 976,2	2 502,4	4 488,8	5 984,7	12 674,4	19 810,9
	45	21,8	44,5	54,0	173,4	356,4	491,3	653,0	1 360,9	2 223,2	2 815,2	5 049,9	6 732,8	14 258,7	22 287,2
	50	24,3	49,5	60,0	192,7	396,0	545,9	725,5	1 512,1	2 470,2	3 128,0	5 611,0	7 480,9	15 843,0	24 763,6
150	10	4,9	9,9	12,0	38,6	79,3	109,3	145,3	302,7	494,4	626,1	1 122,9	1 497,0	3 169,9	4 954,5
	15	7,3	14,9	18,1	57,9	119,0	164,0	218,0	454,1	741,7	939,1	1 684,3	2 245,5	4 754,9	7 431,8
	20	9,8	19,9	24,1	77,2	158,7	218,7	290,6	605,4	988,9	1 252,1	2 245,8	2 994,0	6 339,8	9 909,1
	25	12,2	24,8	30,1	96,5	198,4	273,4	363,3	756,8	1 236,1	1 565,1	2 807,2	3 742,5	7 924,8	12 386,3
	30	14,6	29,8	36,1	115,9	238,0	328,0	436,0	908,2	1 483,3	1 878,2	3 368,6	4 491,0	9 509,8	14 863,6
	35	17,1	34,7	42,2	135,2	277,7	382,7	508,6	1 059,5	1 730,5	2 191,2	3 930,1	5 239,5	11 094,7	17 340,9
	40	19,5	39,7	48,2	154,5	317,4	437,4	581,3	1 210,9	1 977,8	2 504,2	4 491,5	5 987,9	12 679,7	19 818,1
	45	22,0	44,7	54,2	173,8	357,1	492,1	653,9	1 362,2	2 225,0	2 817,2	5 053,0	6 736,4	14 264,7	22 295,4
	50	24,4	49,6	60,2	193,1	396,7	546,7	726,6	1 513,6	2 472,2	3 130,3	5 614,4	7 484,9	15 849,6	24 772,7
200	10	4,9	10,0	12,1	38,7	79,5	109,5	145,5	303,0	494,8	626,5	1 123,6	1 497,8	3 171,3	4 956,4
	15	7,4	14,9	18,1	58,1	119,2	164,3	218,3	454,5	742,3	939,8	1 685,4	2 246,7	4 756,9	7 434,6
	20	9,8	19,9	24,2	77,4	159,0	219,1	291,1	606,0	989,7	1 253,1	2 247,1	2 995,6	6 342,5	9 912,7
	25	12,3	24,9	30,2	96,8	198,7	273,8	363,8	757,5	1 237,1	1 566,3	2 808,9	3 744,5	7 928,2	12 390,9
	30	14,7	29,9	36,3	116,1	238,5	328,6	436,6	909,0	1 484,5	1 879,6	3 370,7	4 493,4	9 513,8	14 869,1
	35	17,2	34,9	42,3	135,5	278,2	383,3	509,4	1 060,5	1 732,0	2 192,8	3 932,5	5 242,3	11 099,5	17 347,3
	40	19,6	39,9	48,4	154,8	318,0	438,1	582,2	1 212,1	1 979,4	2 506,1	4 494,3	5 991,3	12 685,1	19 825,5
	45	22,1	44,8	54,4	174,2	357,7	492,9	654,9	1 363,6	2 226,8	2 819,4	5 056,1	6 740,2	14 270,7	22 303,7
	50	24,5	49,8	60,4	193,5	397,5	547,6	727,7	1 515,1	2 474,2	3 132,6	5 617,8	7 489,1	15 856,4	24 781,9

3) более равномерный прогрев продукта в резервуаре при использовании нескольких нагревателей относительно применения одиночного высокоомощного нагревателя;
 4) запас по мощности разогрева, гарантирующий разогрев даже при значительном изменении условий разогрева и характеристик продукта. Стоимость 4 взрывозащищенных электронагревателей для нефти составляет 661 000 рублей (без учета стоимости ШУ).

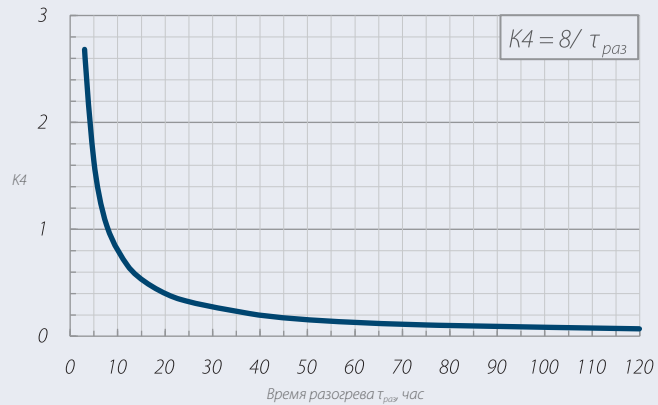
Выводы:

1. На поддержание температуры требуется на почти на два порядка меньшие мощности, чем для разогрева.
2. Мощность, необходимая для разогрева резервуара прямо пропорциональна объему резервуара и разогреваемого продукта и обратно пропорциональна времени разогрева. Используя приведенные оценочные таблицы можно оценить мощности, затрачиваемые на разогрев продукта, и существенно их сократить, увеличивая

время разогрева. Данными формулами и таблицами можно пользоваться для заказа оборудования необходимой мощности и для проектных расчетов.
 3. Для периодического разогрева продукта в резервуарах, выгоднее использовать взрывозащищенные фланцевые электронагреватели ввиду более высокой установленной мощности на площадь нагревательного элемента.
 4. В отличие от нагревательных лент и кабелей, решение о применении фланцевых погружных электронагревателей

Таблица 6.

Время разогрева траз, час	Корректирующий множитель K4
3	2,67
6	1,33
8	1,00
12	0,67
24	0,33
36	0,22
48	0,17
60	0,13
72	0,11
96	0,08
120	0,07



на резервуарах должно быть принято до начала монтажа резервуара, или его изготовления на заводе-изготовителе. Резервуар должен быть оснащен ответными фланцами для крепления нагревателей. Место для расположения фланцев выбирает изготовитель резервуара или организация, осуществляющая разработку проектной документации исходя из габаритных размеров нагревателя и расположения вспомогательного резервуарного оборудования. Как правило, разработчики проектов резерву-

аров и заводы-изготовители знакомы с данным видом оборудования, и в опросных листах на резервуары присутствуют соответствующие разделы.

На правах рекламы

Являясь эксклюзивным представителем и авторизованным сервисным центром компании Masterwatt S.r.l. (Италия) на территории Российской Федерации и стран СНГ, «ССТЭнергомонтаж» предлагает резервуарным заводам исключительные условия сотрудничества в области поставок взрывозащищенных погружных электронагревателей для резервуаров. Преимущества сотрудничества с пред-

ставительством Masterwatt S.r.l. (Италия) – компанией «ССТЭнергомонтаж»:

- предоставление партнерских цен (скидка ~20%) на электронагреватели стандартной линейки (оптовые цены завода-изготовителя);
- статус официального дилера;
- обучение сотрудников Вашего предприятия, рекламная, информационная и техническая поддержка;
- европейское качество продукции (опыт работы более 30 лет, ведущий итальянский производитель на Мировом рынке);
- наилучшее соотношение цена / качество / сервис / гарантийное обслуживание на рынке РФ.

Таблица 7.

Продукт	Корректирующий множитель K5
Вода	1
Нефть	0,45

Таблица 8.

Заполнение резервуара	Корректирующий множитель K6
100%	1
80%	0,8
50%	0,5
30%	0,3

Таблица 9.

Тип СЭО	Требуемый коэффициент запаса K7
СЭО на основе саморегулирующихся лент	1,15-1,2
СЭО на основе электронагревателей и кабелей постоянной мощности	1,25

Мы убеждены, что внедрение новой продукции позволит нашим партнерам увеличить чистую прибыль с единицы продукции завода, эффективно участвовать в тендерах, повысить конкурентные преимущества и предложить своим заказчикам качественный продукт с высокой добавленной стоимостью. **ПЭ**

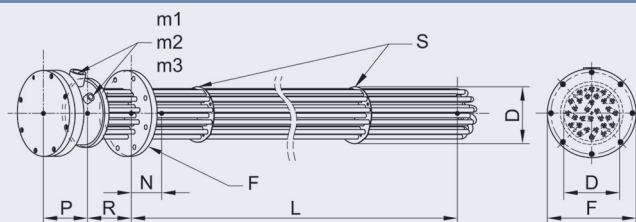
Взрывозащищенные фланцевые электронагреватели воды

Основные характеристики:

- Разогреваемые продукты: вода и другие неагрессивные жидкости, не проявляющие склонность к пригоранию.
- Материал нагревательного элемента: высококачественная нержавеющая коррозионностойкая сталь AISI 316Ti.
- Защита от перегрева нагревательного элемента: термостат с ручным управлением и отсечкой при 100°C (в соответствии с требованиями по взрывозащите).
- Защита от перегрева продукта: автоматический отсекаль подачи питания при 90°C.
- Питание: 380В, 3 фазы.
- Взрывозащита: II 2G Exde IIB T4, ExtD A21

T135°C; Зоны 1, 2, 21, 22.
 - Климатическое исполнение: -20÷60°C.
 Опция: -40÷60°C; -60÷60°C.
 - Расчетное максимальное рабочее давление: 6 бар.
 - Рабочее давление: 4 бар.
 - Сертификация: ATEX, СЕС, ГОСТ.

Внимание: Не использовать при работе с деионизированной, деминерализованной и осмотической водой! (Требуется другой материал нагревательных элементов)



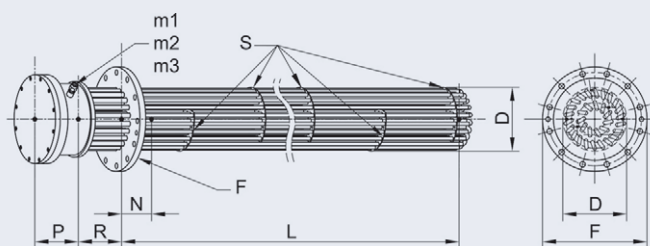
Характеристики фланцевых электронагревателей воды

Мощность, Вт	Длина L, мм	Диаметр D, мм	Количество ТЭН	Тепловыделение, Вт/см ²	Фланец F*	Холодная зона N, мм	Размер P, мм	Материал клеммной коробки	Материал фланца
20 000	750	95	6	5.1	DN100 Pn16	100	182	FE 42	ASTM A 350 LF2
								AISI 304	AISI 316L
30 000	1250	95	6	4.3	DN100 Pn16	100	182	FE 42	ASTM A 350 LF2
								AISI 304	AISI 316L
40 000	750	145	12	5.1	DN150 Pn16	100	204	FE 42	ASTM A 350 LF2
								AISI 304	AISI 316L
50 000	1250	145	12	3.6	DN150 Pn16	100	182	FE 42	ASTM A 350 LF2
								AISI 304	AISI 316L
70 000	1750	145	12	3.5	DN150 Pn16	100	204	FE 42	ASTM A 350 LF2
								AISI 304	AISI 316L

Взрывозащищенные фланцевые электронагреватели нефти и нефтепродуктов

Основные характеристики:

- Специальный «мягкий» режим разогрева нефти и нефтепродуктов.
- Разогреваемые продукты: нефть и нефтепродукты, вода, суспензии и другие неагрессивные жидкости.
- Материал оболочки нагревательных элементов: высококачественная нержавеющая сталь AISI 304.
- Защита от перегрева нагревательного элемента: термостат с ручным управлением и отсечкой при 5-200°C (в соответствии с требованиями по взрывозащите).
- Защита от перегрева продукта: автоматический отсекающий подачу питания при 5 - 200°C.
- Клеммная коробка: IP65.
- Питание: 380В, 3 фазы.
- Взрывозащита: II 2G Exde IIB T4, ExtD A21 T135°C; Зоны 1, 2, 21, 22.
- Климатическое исполнение: -30÷60°C. Опция: -40÷60°C; -60÷60°C.
- Расчетное максимальное рабочее давление: 6 бар.
- Рабочее давление: 4 бар.
- Сертификация: ATEX, CEC, ГОСТ.



Характеристики фланцевых электронагревателей нефти

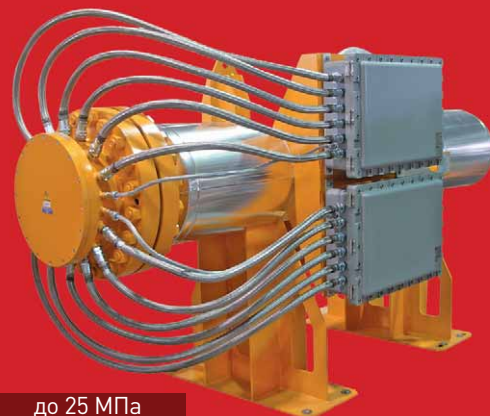
Мощность, Вт	Длина L, мм	Диаметр D, мм	Количество ТЭН	Тепловыделение, Вт/см ²	Фланец F*	Холодная зона N, мм	Размер P, мм	Материал клеммной коробки	Материал фланца
3 500	750	95	6	0.9	DN100 Pn16	100	182	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304
6 000	1250	95	6	0.9	DN100 Pn16	100	182	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304
7 000	750	145	12	0.9	DN150 Pn16	100	204	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304
9 000	1750	95	6	0.9	DN100 Pn16	100	182	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304
12 000	1250	145	12	0.9	DN150 Pn16	100	204	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304
15 000	2500	95	6	1.0	DN100 Pn16	100	182	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304
18 000	1750	145	12	0.9	DN150 Pn16	100	204	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304
30 000	2500	145	12	1.0	DN150 Pn16	100	204	FE 42	ASTMA 350
								AISI 304	AISI 304



до 5 МВт



до 800 °С



до 25 МПа

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ*



MASTERWATT



ФЛАНЦЕВЫЕ
ПОГРУЖНЫЕ
НАГРЕВАТЕЛИ



ПРОТОЧНЫЕ
ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ



КАНАЛЬНЫЕ
НАГРЕВАТЕЛИ
ВОЗДУХА



ПОГРУЖНЫЕ
НАГРЕВАТЕЛИ



* Для любых технологических процессов

ПРОЕКТ • ПОСТАВКА • МОНТАЖ • ПУСКО-НАЛАДКА • СЕРВИС • ГАРАНТИИ



ССТЭНЕРГОМОНТАЖ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

ООО «ССТЭнергомонтаж» является эксклюзивным представителем компании Masterwatt (Италия) в России и странах СНГ. Специалисты «ССТЭнергомонтаж» аттестованы компанией Masterwatt для проведения расчетов, шеф-монтажных и пуско-наладочных работ по всем типам нагревателей, а также сервисного и гарантийного обслуживания.

Работая с нами Вы получаете:

- комплексные решения «под ключ»
- «единую точку» ответственности
- лучший уровень качества конечных систем
- решение самых сложных задач в установленные Вами сроки.

141008, Московская область, г.Мытищи, Проектируемый проезд 5274, стр. 7
Тел/факс: +7 (495) 627-72-55. www.sst-em.ru. email: info@sst-em.ru