



ООО «Комплексное строительное трехмерное проектирование»

Свидетельство № 0942.09-2010-5902168346-П-063

ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

По объекту: «Корректировка рабочего проекта действующего
склада хлора биологических очистных сооружений цеха №17»
ООО «НОВОГОР-Прикамье»

Шифр 223.00.00/05-2015-PP

2015



ООО «Комплексное строительное трехмерное проектирование»

Свидетельство № 0942.09-2010-5902168346-П-063

ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

По объекту: «Корректировка рабочего проекта действующего
склада хлора биологических очистных сооружений цеха №17»
ООО «НОВОГОР-Прикамье»

Шифр 223.00.00/05-2015-PP

Главный инженер проекта

А.П. Панов

2015

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ ХЛОРА

Процесс испарения хлора из контейнера производится путем принудительного обдува теплым воздухом.

Исходные данные для расчета:

1.	Остаточное давление в контейнере, МПа	0,2
2.	Давление хлора на выходе из контейнера, МПа	0,2÷0,4
3.	Максимальная производительность установки по испаренному хлору, G, кг/ч	60
4.	Средняя производительность установки по испаренному хлору, G, кг/ч	50
5.	Производительность по испаренному хлору, (съем с 1-го контейнера), кг/ч	16÷20
6.	Количество подключенных в «сработку» контейнеров, шт	3
7.	Равновесная температура испарения хлора, соответствующая давлению 0,2 МПа, °C	-5
8.	Температура хлора на выходе из контейнера, °C	10
9.	Скрытая теплота парообразования, ккал/кг·K	0,124
10.	Напряженность зеркала испарения Сб, кг/см ² ·ч	не >0,01
11.	Физические константы жидкого хлора при температуре -5°C:	
	Коэффициент объемного расширения	0,00181
	Теплоемкость, ккал/кг·K	0,22
	Вязкость, кг·сек/м ²	0,326·10 ⁻⁴
	Коэффициент теплопроводности, ккал/м·ч·K	0,16
	Плотность, кг/м ³	1482
12.	Физические константы воздуха при средней температуре 37,5°C	
	Кинематический коэффициент вязкости воздуха, м ² /с	16,96·10 ⁻⁶
	Коэффициент теплопроводности, ккал/м·ч·K	2,37·10 ⁻²

Инв. № подл.	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	223.00.00/05-2015-PP	Технический расчет	Стадия	Лист	Листов
									П	1	5
Подпись и дата									ООО «Комплексное строительное трехмерное проектирование» 2015		
Взамен инв. №											

Расчет испарения хлора.

Тепло, расходуемое на испарение хлора:

$$Q_{\text{исп}} = \dot{m} \cdot G = 62 \cdot 20 = 1240 \text{ ккал/ч}$$

Тепло, расходуемое на нагрев хлора до температуры 10°C:

$$Q_{\text{нагр}} = G \cdot c \cdot \Delta t = 20 \cdot 0,124 \cdot [10 - (-5)] = 37,2 \text{ ккал/ч}$$

Общее количество тепла:

$$Q = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{нагр}} = 1240 + 37,2 = 1277,2 \text{ ккал/ч}$$

Поверхность теплообмена:

$$F = \pi \cdot D \cdot L + 2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Где: D=0,8 м –диаметр контейнера;

L=1,647 м. –длина контейнера.

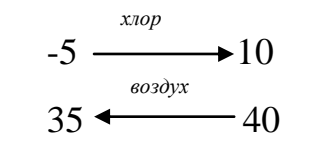
$$F = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 1,647 + 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 5,142 \text{ м}^2$$

Уравнение теплопередачи:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}}$$

Где K-коэффициент теплопередачи, ккал/м²·с·К

Температурный режим:



$$\Delta t_6 = 40 \quad \Delta t_m = 30$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{40 + 30}{2} = 35^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Где: $\delta_{\text{ст}}$ =10 мм –толщина стенки контейнера;

$\lambda_{\text{ст}}$ =40 ккал/м·ч·К –коэффициент теплопроводности стали;

α_1 -коэффициент теплоотдачи от жидкого хлора к стенке контейнера;

Инв. № подл.	Взамен инв. №					Лист
	Подпись и дата					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	216.00.00/04-2015-PP

$\Delta t_{cp} = \frac{10 + 30}{2} = 35^{\circ}\text{C}$
Коэффициент теплопередачи: $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}$
Где: $\delta_{ст}$ =10 мм –толщина стенки контейнера; $\lambda_{ст}$ =40 ккал/м·ч·К –коэффициент теплопроводности стали; α_1 -коэффициент теплоотдачи от жидкого хлора к стенке контейнера;

α_2 -коэффициент теплоотдачи от наружной стенки контейнера к воздуху.

Тепловая нагрузка, определяющая формулу расчета коэффициента теплоотдачи со стороны хлора:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{1277,2}{5,14} = 248,48 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} < 14000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$$

Рекомендуется общая формула при естественной (свободной) конвекции:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda}{d} \cdot C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$$

Критерий Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot d^3 \cdot \gamma^2 \cdot \Delta t}{\mu^2 \cdot q}$$

Где: Δ -разность между температурой стенки и хлором, °C

$$T_{\text{ст}} = 26 \text{ °C}$$

$$\Delta t = 26 - 10 = 16 \text{ °C}$$

$$Gr = \frac{0,00181 \cdot 0,8^3 \cdot 1482^2 \cdot 16}{(0,326 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 9,81} = 3,1 \cdot 10^{12}$$

Критерий Прандтля:

$$Pr = \frac{3600 \cdot q \cdot \mu \cdot C}{\lambda}$$

$$Pr = \frac{3600 \cdot 9,81 \cdot 0,326 \cdot 10^{-4} \cdot 0,22}{0,16} = 1,58$$

$$Gr \cdot Pr = 3,1 \cdot 10^{12} \cdot 1,58 = 4,9 \cdot 10^{12} > 2 \cdot 10^7$$

следовательно, $\alpha_1 = A_3 \cdot \Delta t^{1/3}$

$A_3=130$ стехиометрический коэффициент.

Коэффициент теплоотдачи для хлора:

$$\alpha_1 = 130 \cdot 16^{1/3} = 327,6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}$$

Подача воздуха на обдув контейнеров производится с помощью электрокалорифера производительностью 3000 м³/ч. При одновременном подогреве трех контейнеров с хлором расход воздуха на один составляет:

$$3000:3=1000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Воздух на обогрев контейнера поступает через сопло, сечение которого составляет:

$$0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ м}^2$$

Взамен инв. №	Коэффициент теплоотдачи для хлора:					
	$\alpha_1 = 130 \cdot 16^{1/3} = 327,6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}$					
Подпись и дата	Подача воздуха на обдув контейнеров производится с помощью электрокалорифера производительностью 3000 м³/ч. При одновременном подогреве трех контейнеров с хлором расход воздуха на один составляет:					
	3000:3=1000 м³/ч					
Инв. № подл.	Воздух на обогрев контейнера поступает через сопло, сечение которого составляет:					
	0,5·0,05=0,025 м²					
216.00.00/04-2015-PP						Лист
						3
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	

Скорость подачи воздуха:

$$W = \frac{1000}{3600 \cdot 0,025} = 11,1 \text{ м/с}$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu}$$

$$Re = \frac{11,1 \cdot 0,8}{16.96 \cdot 10^{-6}} = 523585 > 10000$$

Критерий Нуссельта:

$$Nu = 0,018 \cdot \varepsilon_l \cdot Re^{0,8}$$

Где $\varepsilon_l = 1,1$

$$Nu = 0,018 \cdot 1,1 \cdot 523585^{0,8} = 744,5$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{D} = \frac{744,5 \cdot 2,37 \cdot 10^{-2}}{0,8} = 22,1 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{327.6} + \frac{0,01}{40} + \frac{1}{22.1}} = 20,6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}$$

$$Q = 20,6 \cdot 5,142 \cdot 35 = 3711 \text{ ккал/ч}$$

Максимальный съём испаренного хлора из полного контейнера:

$$G = \frac{3711}{62 + 1.86} = 58,1 \text{ кг/ч}$$

Где: 1,86 ккал/кг – тепло, необходимое на нагрев 1 кг газообразного хлора до $t=10^{\circ}\text{C}$

При срабатывании контейнера на $\frac{3}{4}$ объема поверхность теплообмена составит 1,28 м², следовательно, съём хлора равен:

$$Q = 20,6 \cdot 1,28 \cdot 35 = 923 \text{ ккал/ч}$$

$$G = \frac{923}{62 + 1.86} = 14,5 \text{ кг/ч}$$

Средний съем хлора при срабатывании контейнера до 25% объема составит:

$$G_{cp} = \frac{58,1 + 14,5}{2} = 36,3 \text{ кг/ч}$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №	м ² , следовательно, съём хлора равен:						
			Q=20,6·1,28·35=923 ккал/ч						
			$G = \frac{923}{62 + 1,86} = 14,5 \text{ кг/ч}$						
			Средний съём хлора при срабатывании контейнера до 25% объёма составит:						
			$G_{\text{ср}} = \frac{58,1 + 14,5}{2} = 36,3 \text{ кг/ч}$						
						216.00.00/04-2015-PP			Лист
									4
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				

При остаточном содержании жидкого хлора в контейнере 15 кг поверхность теплообмена равна 0,41 м². Съём хлора равен:

$$Q = 20,6 \cdot 0,41 \cdot 35 = 295,6 \text{ ккал/ч}$$

$$G = \frac{295,6}{62 + 1,86} = 4,6 \text{ кг/ч}$$

Средний съём хлора при срабатывании контейнера от 25% объема до 1,5% (15 кг) равен:

$$G_{\text{ср}} = \frac{14,5 + 4,6}{2} = 9,6 \text{ кг/ч}$$

Время срабатывания контейнера:

а) при срабатывании до 25% составляет:

$$\tau_1 = \frac{750 \text{ кг}}{36,3 \text{ кг/ч}} = 20 \text{ ч.}$$

б) при срабатывании до 1,5% объема составляет:

$$\tau_2 = \frac{250 \text{ кг} - 15 \text{ кг}}{9,6 \text{ кг/ч}} = 24 \text{ ч.}$$

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = 20 + 24 = 44 \text{ ч}$$

Средняя часовая производительность отбора хлора при заданных температурных условиях составляет:

$$G = \frac{(1000 \text{ кг} - 15 \text{ кг}) \cdot 3 \text{ шт}}{44 \text{ ч}} = 67 \text{ кг/ч}$$

что обеспечит необходимую потребность в испаренном хлоре.

Напряженность зеркала испарения:

$$C_6 = \frac{e}{f}$$

Где: e – съём газообразного хлора с одного контейнера, кг/ч

f – площадь зеркала испарения, см²,

$$f = D_c \cdot L = 60 \cdot 164,7 = 9882 \text{ см}^2$$

Где D_c=60 см – внутренний диаметр сферической части.

$$C_6 = \frac{30}{9882} = 0,003 \text{ кг/ч} \cdot \text{см}^2 < 0,01 \text{ кг/ч} \cdot \text{см}^2$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №	<div>Где: e –съем газообразного хлора с одного контейнера, кг/ч f –площадь зеркала испарения, см^2, $f = D_c \cdot L = 60 \cdot 164,7 = 9882 \text{ см}^2$ Где $D_c=60$ см –внутренний диаметр сферической части. $C_6 = \frac{30}{9882} = 0,003 \text{ кг/ч} \cdot \text{см}^2 < 0,01 \text{ кг/ч} \cdot \text{см}^2$</div>						
						216.00.00/04-2015-PP			Лист
									5
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				