

*Минигалиев А.И., магистрант,  
Демьяненко А.Ф., доктор технических наук, профессор,  
Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II*

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ (ВРЕДНЫХ) ВЕЩЕСТВ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕГО СРЕДСТВА, СОДЕРЖАЩЕЕ В КАЧЕСТВЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА – ХЛОР И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

**Аннотация:** расчеты описанные в данной статье предназначены для получения количественных характеристик выбросов загрязняющих (вредных) веществ от использования дезинфицирующих средств, содержащее в качестве действующего вещества – хлор и его соединения. Основными источниками выделения являются бассейны, дезбарьеры, использование дезинфицирующих средств при обеззараживании предметов, площадей или помещений. Областью применения дезинфицирующих средств является медицинские учреждения, детские сады, школы, организации общественного питания и т.д.

Основными вредными веществами, поступающих в атмосферу от использования дезинфицирующего средства содержащее в качестве действующего вещества на основе хлора, являются сам хлор и продукт химической реакции хлора - гидрохлорид (водород хлористый).

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, методика расчета, хлор, дезбарьер

«В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации» [1].

Для получения результатов количества отходящих от источников выделения загрязняющих (вредных) веществ должны использоваться непосредственно инструментальные замеры в соответствии с действующими рекомендациями, стандартами и методиками, в том случае если это возможно. Зачастую объект, в котором происходит образование загрязняющих веществ при дезинфекции средствами содержащее в качестве действующего вещества – вещества на основе хлора являются неорганизованными, то есть имеют ненаправленные выбросы в окружающую природную среду. Например: Ванны-дезбарьеры, обработка предметов или помещений и выделение выбросов через открытые окна и двери, открытые бассейны и так далее.

В случае если выброс загрязняющих (вредных) веществ осуществляется через организованный источник загрязнения атмосферы, содержание хлора и продуктов его химического взаимодействия с другими химическими элементами, измеряется с помощью специальных приборов по утвержденным методикам аккредитованными лабораториями.

К сожалению, данный метод измерения нельзя применять к неорганизованным источникам выбросов, инструментальные измерения в таких случаях можно заменить расчетными методами.

На данный момент не существует единой методики расчета количества загрязняющих (вредных) веществ от использования дезинфицирующего средства, в соответствии с [5] «Ориентировочная оценка выбросов от дезинфекции открытых поверхностей хлорной известью по "наихудшему варианту" может быть проведена по массе израсходованного на дезинфекцию раствора хлорной извести, с допущением, что 50% "активного хлора" переходит в хлор, а 50% в гидрохлорид, при этом процесс выделения загрязняющих веществ идет до высыхания дезинфицирующего раствора», является единственный способ получения данных количественных характеристик выбросов загрязняющих (вредных) веществ от использования дезинфицирующего средства, содержащее в качестве действующего вещества – хлор и его соединения.

Основываясь на аналогичных расчетах описанных в [4], можно предложить:

**Расчет выбросов загрязняющих веществ от поверхности.** Расчет выбросов в атмосферу выполняется для случаев испарения жидкостей от использования дезинфицирующего средства содержащее в качестве действующего вещества – вещества на основе хлора. Таких как бассейны, плоские поверхности обрабатываемых помещений, дезбарьеры на производствах, емкостей для хранения и приготовления дезинфицирующих растворов, а так же от разливов дезинфицирующих растворов.

Расчет реализует физико-химических закономерностей процессов образования выбросов загрязняющих веществ. Данный метод является более точным, чем рассмотренный метод в предыдущем разделе, так как реализует расчет выделе-

ния загрязняющих веществ от поверхности жидкости. В расчете используются такие данные как молярная масса вещества, его давление над растворами, температура и скорость распространения воздуха в окружающей среде. Точность расчета обусловлена большим количеством исходных

где:  $F$  – площадь зеркала испарения жидкости,  $m^2$ ;  
 $M_i$  – молекулярная масса вещества,  $kg/kmol$ ;  
 $P_i$  – давление насыщенных паров  $i$ -го вещества,  $mm\text{ рт.ст.}$  (определяется по константам Генри); [3]

Давление насыщенных паров Хлора и Хлорводорода представлена в табл. 3 и 4 соответственно [3].

данных, но в тоже время увеличивает сложность расчетов.

По формулам 1 и 2 [4] можно рассчитывать испарение жидкостей при испарении с площади  $F$ .

Расчет выбросов в атмосферу производится по формуле:  $g/c$ :

Источник в помещении [4]:

$$G_i = 0.33 \times 10^{-3} \times F \times P_i \times \sqrt{M_i} \times K_1 \times X_i \quad (1)$$

$X_i$  – мольная доля  $i$ -го вещества в жидкости, для однокомпонентной жидкости  $X_i = 1$ ;

$K_1$  – коэффициент, принимаемый по табл. 1 в зависимости от скорости и температуры воздуха в помещении [5].

Таблица 1

Коэффициенты зависимости скорости и температуры воздуха в помещении

Скорость воздушного потока в помещении, м/с	Коэффициент $k_1$ при температуре $t_{ов}$ воздуха в помещении, °С				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Обычно скорость воздуха в помещении при нормальной вентиляции составляет около 0,2 м/с.

Источник на открытой площадке:

$$G_i = 0,001 \times (5,38 + 4,1W) \times F \times P_i \times \sqrt{M_i} \times X_i \quad (2)$$

где  $F$  – площадь зеркала испарения жидкости,  $m^2$ ;  
 $W$  – среднегодовая скорость ветра в данном географическом пункте,  $m/c$ ;

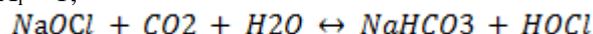
$M_i$  – молекулярная масса вещества,  $kg/mol$ ;  
 $P_i$  – давление насыщенных паров  $i$ -го вещества,  $mm\text{ рт.ст.}$  (определяется по константам Генри);  
 $X_i$  – мольная доля  $i$ -го вещества в жидкости, для однокомпонентной жидкости  $X_i = 1$ ;

Валовой выброс загрязняющих веществ определяется по формуле:

$$M = G_i \times N \quad [2]$$

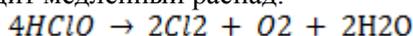
где:  $N$  – Годовой режим работы, количество дней в год.

В процессе взаимодействия гипохлорита натрия с водой, происходит следующая реакция:

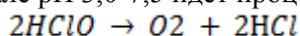


В результате реакции из гипохлорита натрия выделяется 38.5 % хлорноватистой кислоты.

Скорость и направление распада  $HOCl$  в водных растворах зависят от  $pH$ , температуры, концентрации, наличия примесей и освещения. В кислой среде ( $pH < 3$ ) при комнатной температуре происходит медленный распад:



В интервале  $pH$  3,0-7,5 идет процесс:



Принимаем что распад хлорноватистой кислоты идет по двум реакциям в равном количестве. Согласно представленным реакциям выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от общего количества хлорноватистой кислоты составит: для хлора 67,6%, для хлористого водорода 69,5%.

Молекулярная масса: хлора – 71  $kg/kmol$ , соляной кислоты – 36,5  $kg/kmol$ .

Таблица 2

## Давление насыщенных паров Хлора

Температура, °С	Давление насыщенного пара, кгс/см <sup>2</sup>	Давление насыщенного пара, мм рт ст
-10	2,647	1947
0	3,723	2738
10	5,113	3761
20	6,832	5025
30	8,935	6572
40	11,48	8444
50	14,53	10688

Таблица 3

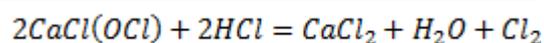
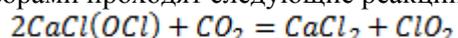
## Давление насыщенных паров Хлорводорода

Температура, °С	Давление насыщенного пара, кгс/см <sup>2</sup>	Давление насыщенного мм рт ст
-10	19,56	14388
0	26,31	19353
10	33,79	24855
20	42,96	31600
30	53,87	39625
40	66,67	49040
50	81,09	59646

Описанный выше способ реализует расчет выбросов с поверхности испарения жидкостей, в случаях когда нет возможности точно измерить площадь испарения, можно использовать методов материально сырьевого баланса. Расчет по массе израсходованного на дезинфекцию раствора.

Данный метод показывает наибольшую концентрацию, так как выделиться загрязняющих веществ больше чем израсходовано не может. Такой расчет называется «по наихудшему варианту». При таком расчете, общая масса выделившегося в процессе использования хлорной извести, хлора и хлористого водорода не может быть больше массы, содержавшегося в ней "активного хлора". Оценка количества выделяемых веществ от дезинфекции открытых поверхностей хлорной известью по "наихудшему варианту" может быть проведена по массе израсходованного на дезинфекцию раствора хлорной извести, с допущением, что 40 % "активного хлора" переходит в хлор, а 60 % в гидрохлорид, при этом процесс выделения загрязняющих веществ идет до высыхания дезинфицирующего раствора. Коэффициенты были исправлены в отличии от [5], на основании выполненных расчетов физико-химических закономерностей процессов образования выбросов загрязняющих веществ и проведенных натуральных исследований.

В процессе дезинфекции хлор-содержащими растворами проходят следующие реакции:

**Расчет:**

Максимальный выброс хлора и хлороводорода в атмосферу рассчитывается по формуле:

Хлор:

$$G_i = \frac{a \times K \times 10^3}{t \times 3600} \times 0.4; [г/с]$$

где: а – расход дезинфицирующего раствора, л/день

К – концентрация хлора в растворе мг/л

t – время дезинфекции, ч/день

Валовой выброс хлора и хлороводорода в атмосферу рассчитывается по формуле:

$$M = a \times K \times N \times 10^{-2} \times 0.4 [т/год]$$

где: N – годовой режим работы, количество дней/год

Гидрохлорид (Водород хлористый, Соляная кислота) /по молекуле HCl/

$$G_i = \frac{a \times K \times 10^3}{t \times 3600} \times 0.6; [г/с]$$

где: а – расход дезинфицирующего раствора, л/день

К – концентрация хлора в растворе мг/л

t – время дезинфекции, ч/день

Валовой выброс хлора и хлороводорода в атмосферу рассчитывается по формуле:

$$M = a \times K \times N \times 10^{-2} \times 0.6 [т/год]$$

где: N – годовой режим работы, количество дней/год

### Литература

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N7-ФЗ (последняя редакция).
2. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 N96-ФЗ (последняя редакция).
3. Чернышев . А.К. и др. «Основные теплофизические свойства газов и жидкостей», Кемерово, 1971 г.
4. «Методика расчета вредных выбросов в атмосферу от нефтехимического оборудования», РМ 62-91-90, Воронеж, 1990 г.
5. Ответы специалистов НИИ Атмосфера, Бюллетень №17 за 3 квартал 2011.

### References

1. Federal'nyj zakon «Ob ohrane okruzhajushhej sredy» ot 10.01.2002 N7-FZ (poslednjaja redakcija).
2. Federal'nyj zakon «Ob ohrane atmosfernogo vozduha» ot 04.05.1999 N96-FZ (poslednjaja redakcija).
3. Chernyshev . A.K. i dr. «Osnovnye teplofizicheskie svojstva gazov i zhidkostej», Kemerovo, 1971 g.
4. «Metodika rascheta vrednyh vybrosov v atmosferu ot neftehimicheskogo oborudovanija», RM 62-91-90, Voronezh, 1990 g.
5. Otvetny special'istov NII Atmosfera, Bjulleten' №17 za 3 kvartal 2011.

*Minigaliev A.I., Master Student,  
Demyanenko A.F., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,  
Moscow State University of Railway Engineering*

### DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR CALCULATION OF THE QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF EMISSIONS OF POLLUTING (HARMFUL) SUBSTANCES FROM THE USE OF A DISINFECTANT, CONTAINING AS ACTIVE SUBSTANCE – CHLORINE AND ITS COMPOUNDS

**Abstract:** methods are designed for calculation of emission of polluting (harmful) substances and from the use of disinfectants, containing as active substance – chlorine and its compounds. The main sources of selection are the pools, disinfecting barriers, the use of disinfectants in disinfection of objects, areas. Application of disinfectants is the medical institutions, kindergartens, schools, catering and so on.

The main harmful substances emitted into the atmosphere from the use of a disinfectant containing as active substance based on chlorine are the chlorine and the product of the chemical reaction of chlorine is hcl (hydrogen chloride).

**Keywords:** contaminants, method of calculation, chlorine, disinfecting barrier