

А. В. Тарасов

A. V. Tarasov

art-tarasov94@yandex.ru

Т. Н. Швецова-Шиловская

T. N. Shvetsova-Shilovskaya

dir@gosniiookht.ru

Р. А. Хрусталёв

R. A. Khrustalev

dir@gosniiookht.ru

ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии» г. Москва

State Scientific Research Institute of Organic Chemistry and Technology" Moscow

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ХЛОРОФОРМА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Аннотация:** в работе представлены результаты математического моделирования и экспериментальные данные распространения хлороформа в воздухе производственного помещения.

Моделирование распространения хлороформа в помещении выполнено с использованием программного комплекса. Получено распределение концентрации хлороформа на уровне слоя дыхания человека с учетом расположения источника загрязнения и рабочего места сотрудника. Технические средства контроля воздушной среды производственного помещения в момент появления хлороформа на рабочем месте сотрудника определили значение концентрации вещества.

Результаты математического моделирования и экспериментального определения концентрации хлороформа показали, что полученные данные удовлетворительно согласуются между собой.

**Ключевые слова:** система мониторинга, производственное помещение, загрязнение воздушной среды, вредные химические вещества, математическое моделирование.

## RESULTS OF MONITORING THE DISTRIBUTION OF CHLOROFORM IN THE AIR ENVIRONMENT OF INDUSTRIAL PREMISES

**Annotation:** The paper presents the results of mathematical modeling and experimental data on the distribution of chloroform in the air of industrial premises.

The simulation of chloroform distribution in the room was performed using a software package. The distribution of chloroform concentration at the level of the human respiratory layer is obtained, taking into account the location of the pollution source and employee's workplace. Technical means of monitoring the air environment of the industrial premises at the time of the appearance of chloroform at the employee's workplace determined the concentration of the substance.

The results of mathematical modeling and experimental determination of chloroform concentration showed that the obtained data are in satisfactory agreement with each other.

**Keywords:** monitoring system, industrial premises, air pollution, harmful chemicals, mathematical modeling.

### Введение

Воздух производственных помещений, загрязненный вредными химическими веществами промышленного или бытового назначения может оказывать на человека негативное воздействие [1]. Для оценки качества воздушной среды используются различные классы газосигнализаторов, систем мониторинга воздушной среды для отдельных веществ (например, система автоматического контроля загазованности САКЗ-МК-3, система контроля загазованности АСКЗП и т.д.) [2; 3]. Существующие системы мониторинга воздушной среды производственных помещений в полной мере должны учитывать:

специфику гидродинамических процессов тепломассопереноса вредных химических веществ, работу систем отопления, кондиционирования и вентиляции, которые оказывают существенное влияние на распределение температур, влажностей и полей концентраций вредных химических веществ.

Системы мониторинга воздушной среды производственных помещений должны соответствовать требованиям, предъявляемым к точности идентификации концентраций вредных химических веществ в широком диапазоне температур и влажностей [4; 5].

В работе [6] описана разработанная система мониторинга воздушной среды производственных помещений. Продемонстрирована ее работоспособность на примере распространения бутилацетата в воздушной среде офисного помещения.

Как показано в [6] система мониторинга воздушной среды помещений включает два модуля:

– Информационно-измерительный модуль (далее – ИИМ), предназначенный для обнаружения и идентификации вредных химических веществ. В его состав входит техническое средство газосигнализатор автоматический стационарный «Сегмент» (далее – ГАС «Сегмент»).

– Информационно-аналитический модуль (далее – ИАМ), включающий в себя необходимые данные, комплексы программ, математическую модель, и автоматизированное рабочее место оператора, на мониторе которого отображаются результаты мониторинга воздушной среды производственного помещения.

В данной работе приведены результаты моделирования распространения хлороформа в производственном помещении с использованием системы мониторинга производственных помещений.

### **Результаты и их обсуждение**

В качестве модельного примера рассмотрим производственное помещение объемом  $140 \text{ м}^3$ , в котором температура воздушной среды составляет  $23,1^\circ\text{C}$ .

Система мониторинга воздушной среды производственных помещений была размещена следующим образом: ИИМ (ГАС «Сегмент») на специализированной подставке на высоте 1,5 метра [7] на рабочем месте работника; ИАМ в углу помещения вдали от источника, источник располагался на рабочем столе в противоположном углу помещения от ИАМ.

В качестве модельного вещества был выбран хлороформ, который применяется на различных химических производствах как: растворитель при анализе проб воздушной среды

или хроматографии; растворитель масел и красок; в препаратах, облегчающих удаление жира.

Значение предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны (далее – ПДК<sub>рз</sub>) для данного вредного химического вещества составляет 10 мг/м<sup>3</sup>.

На экране монитора автоматизированного рабочего места оператора системы мониторинга воздушной среды помещений фиксировалась информация о внесенном вредном химическом веществе (вид вещества – хлороформа и его концентрация – 1,01 мг/м<sup>3</sup>).

На рисунке 1 представлен спектр воздушной среды в помещении после внесения хлороформа, соответствующий его концентрации на уровне 0,1 ПДК<sub>рз</sub>. Показан отклик прибора на внесенное соединение через 6 мин.

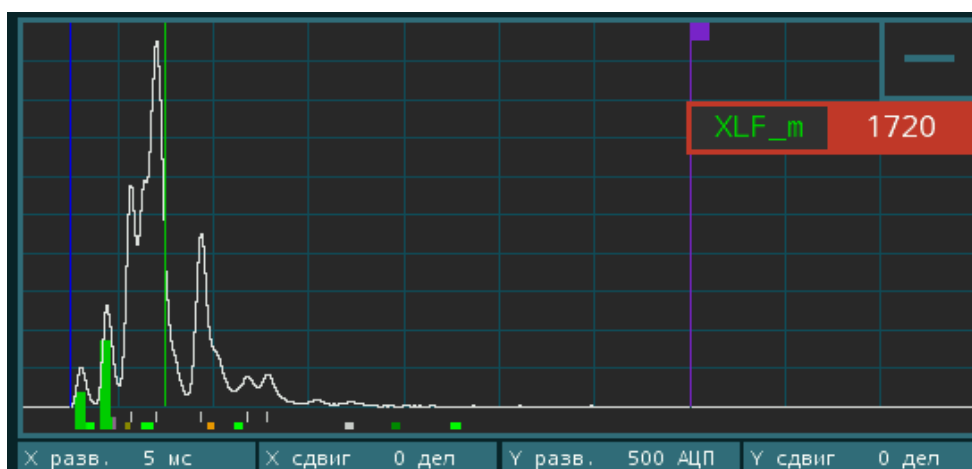


Рисунок 1. Спектр хлороформа в воздушной среде производственного помещения

Результаты экспериментальных исследований являлись исходными данными для выполнения моделирования с использованием системы мониторинга воздушной среды производственных помещений. Концентрационные поля хлороформа в воздушной среде помещения показаны на рисунке 2.

На рисунке 2 представлено концентрационное поле хлороформа в двухмерном и трехмерном виде в производственном помещении при условии расположения источника загрязнения на столе (точка L) через 6 мин.

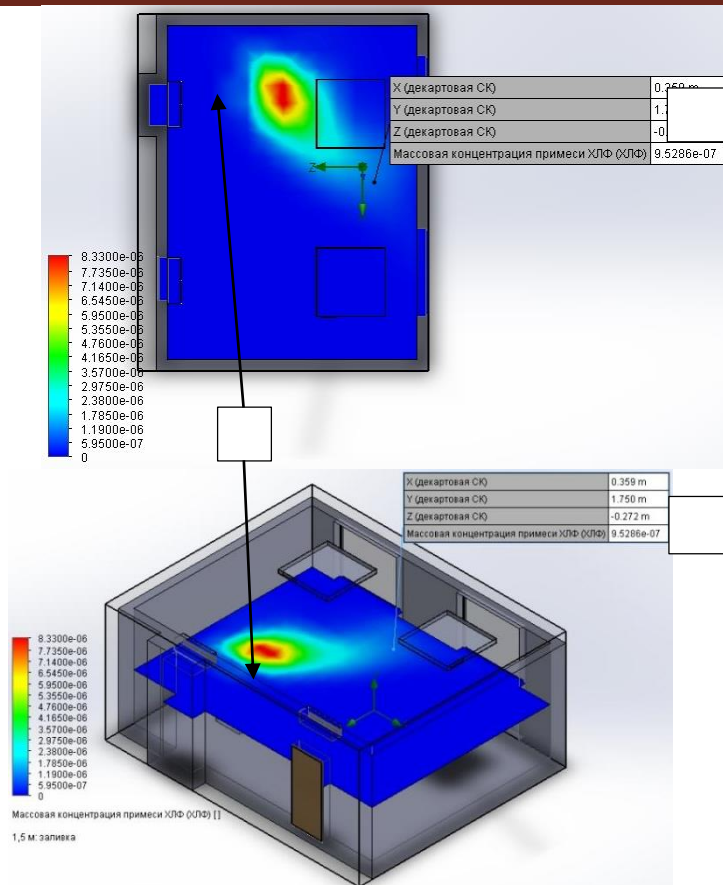


Рисунок 2. Распределение поля концентрации хлороформа через 6 мин.

На уровне слоя дыхания сотрудника (1.5 метра) концентрационное поле хлороформа, на рабочем месте, где находится сотрудник (точка М), через 6 мин достигает значения  $C_p(\text{хлороформ}) = 1,15 \text{ мг/м}^3$  ( $C_{\text{ПДК}_{\text{рз}}}(\text{хлороформ}) = 10 \text{ мг/м}^3$ ), что удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными полученными с ИИМ (ГАС «Сегмент»)  $C_3(\text{хлороформ}) = 1,01 \text{ мг/м}^3$ . Относительная погрешность составляет 14 %.

Превышение ПДК<sub>рз</sub> хлороформа на рабочем месте сотрудника (точка М) в помещении наблюдается через 72 минуты.

### Выводы

Представлены результаты математического моделирования процесса распространения хлороформа в производственном помещении с использованием системы мониторинга воздушной среды.

Результаты математического моделирования и экспериментальных данных о распространении хлороформа в воздушной среде производственного помещения удовлетворительно согласуются между собой. Экспериментальное значение концентрации

хлороформа за 6 минут составило 1,01 мг/м<sup>3</sup>, расчетное – 1,15 мг/м<sup>3</sup>. Относительная ошибка составила 14 %.

Выполненные исследования подтверждают работоспособность системы мониторинга воздушной среды производственных помещений.

### **Список литературы**

1. Давыдова И. С., Гапоненко А. В. Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах // Science Of Europe. 2017. № 14-2 (14). Р. 3–5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha-v-gorodah> (дата обращения 15.03.2024).

2. САКЗ-МК-1,-2,-3 система автоматического контроля загазованности // Газоаналит. Приборы газового анализа. URL: <https://gazoanatlit.ru/catalog/statsionarnye/sistema-avtomaticheskogo-kontrolya-zagazovannosti-sakz-mk/?yclid=13747293614026260479> (дата обращения 27.03.2024).

3. Система контроля загазованности АСКЗП // АКСИТЕХ. Технологии автоматизации. URL: <https://axitech.ru/catalog/sistemy/sistema-kontrolya-zagazovannosti-askzp/> (дата обращения 27.03.2024).

4. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (в новой редакции) // Официальный сайт Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/17718>.

5. Цыганков А. В., Цыганкова И. А. Комплексная оценка воздушно-теплового комфорта жилых помещений // Техносферная безопасность. 2011. № 5–6 (17–18). С. 65–68.

6. Система мониторинга воздушной среды офисных помещений / А. В. Тарасов, Д. Е. Иванов, Т. Н. Швецова-Шиловская, Р. А. Хрусталёв // Вестник НИЯУ МИФИ. 2023. Т. 12, № 2. С. 95–102. <https://doi.org/10.26583/vestnik.2023.248>.

7. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: межгосударственный стандарт: дата введения 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.