

## Мокрая очистка воздуха от неорганических газов и пыли с применением щеточного распылителя

**А.М. Гавриленков**, д-р техн. наук, профессор

**П.Т. Суханов**, д-р хим. наук, профессор

**А.С. Губин**, доцент

**П.С. Бредихин**, инженер

Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж

e-mail: bps\_ietb@mail.ru

### Ключевые слова:

мокрая очистка,  
распыление,  
щетка,  
факел,  
меласса.

*Для повышения эффективности улавливания пыли и некоторых неорганических газов применен распылитель жидкости щеточного типа. В качестве абсорбента использован раствор мелассы различной концентрации. Проведена оценка эффективности улавливания компонентов модельной газовой смеси. Предложены принципиальная схема установки для очистки газовых выбросов и эмпирические формулы для его расчета.*

Из-за отличий процессов, проводимых для улавливания пыли и удаления из воздуха загрязняющих веществ, применяется разное оборудование. Для удаления пыли используются фильтры и циклоны [1], электрофильтры [1, 2], для удаления газов — скрубберы различных типов [3, 4]. Скрубберы могут решать обе задачи. Поэтому при необходимости одновременной очистки от пыли и газа применяют мокрый способ очистки. Эффективность очистки во многом зависит от величины поверхности контакта на границе фаз газ–жидкость: чем больше поверхность контакта, тем эффективнее очистка. Для увеличения площади контакта между очищаемым газом и жидкостью целесообразно в ряде случаев использовать щеточные распылители жидкости, которые представляют собой вращающиеся щетки, с ворса которых под действием центробежной силы срывается жидкость. Подвод жидкости к щетке может осуществляться различными способами: погружением части щетки в ванну с жидкостью, орошением щетки, подачей жидкости внутрь полого корпуса щетки и др. Наиболее экономичный и эффективный первый вариант, так как он конструктивно наиболее прост и позволяет без дополнительных устройств осуществлять, при необходимости, рециркуляцию рабочей жидкости. Важную роль играет выбор жидкости-абсорбента, который должен обеспечивать высокую степень извлечения загрязняющего вещества и даль-

нейшую его утилизацию, а также иметь невысокую стоимость.

Для поглощения диоксида азота разработано большое число сорбционных веществ. Часто используют абсорбцию щелочью или аммиаком, реже применяются пероксиды натрия или водорода, перманганат калия, гипохлориты натрия и калия, дихромат калия и др. [5, 6]. Иногда абсорбцию используют совместно с каталитическими методами.

В качестве абсорбента для улавливания загрязняющих веществ из воздуха мы предлагаем 5–10% масс. раствор мелассы. Меласса содержит соединения как основного, так и кислотного характера, которые способны взаимодействовать с загрязняющими воздух газами и парами.

Изучение абсорбции загрязняющих веществ раствором мелассы проведено для двух вариантов контакта фаз: барботирование очищаемого газа чрез жидкость и распыление жидкости-абсорбента. В качестве модельного газа использовались смеси воздуха с загрязняющими веществами — продуктами горения. Компрессором газ подавали в камеру с распыляемым абсорбентом или барботировали слой абсорбента. Анализ содержания газов и отбор проб до и после очистки проводился по известным методикам определения концентрации загрязненных веществ в воздухе рабочей зоны и селитерной застройки [7, 8]. Результаты экспериментов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1  
Эффективность улавливания газов растворами мелассы барботированием газа через раствор абсорбента

Улавливаемый газ	Эффективность улавливания (%) при использовании в качестве абсорбента			
	вода	3%-й раствор мелассы	5%-й раствор мелассы	10%-й раствор мелассы
SO <sub>2</sub>	28,2	58,7	70,5	57,8
NO <sub>2</sub>	22,1	38,5	56,1	52,9
CO	0,9	1,7	2,2	1,2

Эффективность улавливания загрязняющих веществ выше при распылении жидкости-абсорбента, чем при его барботировании. Максимальная эффективность улавливания достигается при применении 5%-го масс. раствора мелассы. При большей концентрации мелассы в растворе эффективность абсорбции снижается, что, вероятно, связано с увеличением вязкости раствора. Наименьшую степень улавливания среди изучаемых газов имеет монооксид углерода, который в отличие от диоксидов серы и азота имеет меньшую растворимость в воде.

На основе проведенного анализа конструкций аппаратов и распылительных устройств и результатов экспериментальных исследований мы предлагаем устройство для очистки воздуха [9], принципиальная схема которого дана на рис. 1.

Устройство работает следующим образом. Загрязненный воздух вентилятором 1 направляется для очистки в камеру распыления 4, где происходит его мокрая очистка с помощью распыленного абсорбента. В камере распыления установлена вращающаяся щетка 6, погруженная нижней частью в ванну 8

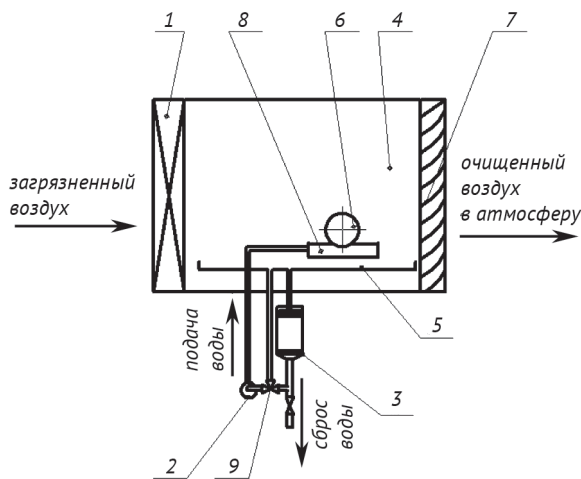


Рис. 1. Схема устройства для очистки воздуха: 1 – вентилятор; 2 – насос; 3 – сорбирующий фильтр; 4 – камера распыления; 5 – поддон; 6 – щетка; 7 – каплеуловитель; 8 – ванна; 9 – регулировочный трехходовой вентиль

Таблица 2  
Эффективность улавливания газов растворами мелассы в камере с распылением абсорбента

Улавливаемый газ	Эффективность улавливания (%) при использовании в качестве абсорбента			
	вода	3%-й раствор мелассы	5%-й раствор мелассы	10%-й раствор мелассы
SO <sub>2</sub>	38,2	81,6	92,5	87,5
NO <sub>2</sub>	32,3	58,9	77,1	82,9
CO	3,7	7,7	8,2	5,3

с раствором абсорбента. Капли, поглотившие частицы пыли и сорбиовавшие загрязняющие газы, собираются на поддоне 5. Длина поддона определяется с учетом изменения плотности орошения по длине факела капель (рис. 2). Очищенный воздух удаляется по каналу вывода очищенного воздуха, снабженного каплеуловителем 7, и выводится в атмосферу.

Очистка отработанной жидкости осуществляется путем фильтрации и сорбции. Для этого используют сорбирующий фильтр 3, где жидкость равномерно орошает слой твердого фильтрующего абсорбирующего вещества, например, керамзита. Очищенная жидкость через трехходовой кран 9 насосом 2 перекачивается в ванну 8 для повторного использования. После исчерпания сорбционной емкости сорбирующего фильтра его необходимо регенерировать, например путем отжига. При использовании этого устройства можно снизить энергетические затраты на процесс очистки воздуха. Жидкий абсорбент периодически заменяется.

Для проектирования установок очистки воздуха с применением щеточного распылителя необходимо знать основные параметры процесса распыления, к которым относятся: геометрические размеры факела капель и расход распыляемой жидкости, диаметр полученных капель, а также плотность орошения

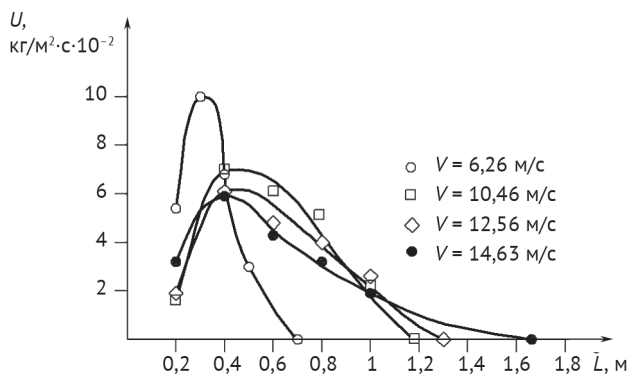


Рис. 2. Кривые плотности  $U$  орошения поверхности по длине  $L$  факела капель при различной скорости  $V$  вращения щетки и глубине погружения щетки в жидкость 2 мм

поверхности по длине факела капель. В ходе экспериментального исследования процесса диспергирования жидкости (использовалась вода) с помощью щеточного распылителя выявлены общие закономерности процесса и получены эмпирические зависимости для расчета его основных характеристик.

Опыты проводились при следующих параметрах работы устройства:

- распыляемая жидкость — вода;
- диапазон изменения скорости  $V$  поверхности вращающейся щетки 6,26–14,63 м/с;
- глубина  $\Delta l$  погружения щетки в жидкость менялась в диапазоне 0,0005–0,002 м;
- длина щетки распылителя — 0,18 м;
- диаметр — 0,04 м;
- диаметр единичной щетины — 0,0005 м.

Были получены следующие эмпирические формулы для расчета основных показателей процесса:

- длина факела распыленной жидкости:

$$L = (0,087 \cdot V + 6 \cdot \Delta l \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot 10^{-6} \cdot V^2 - 0,0045 \cdot V \cdot \Delta l \cdot 10^{-3} + 0,864 \cdot \Delta l^2 \cdot 10^{-3} - 43,4) \cdot 10^{-2}, \text{ м}$$

- расход распыляемой жидкости:

$$Q = 5,6 \cdot (24256,9 + 678,2 \cdot V + 822,9 \cdot \Delta l + 81,56 \cdot V \cdot \Delta l) \cdot 10^{-9}, \text{ м}^3/\text{с};$$

- диаметр капель распыленной жидкости:

$$d_k = \frac{\pi}{6} (0,279 \cdot V + 2,217 \cdot V \cdot \Delta l - 0,018 \cdot V^2)^3, \text{ м}.$$

Установка может быть применена не только для очистки воздуха рабочей зоны, но и в качестве мобильной локальной системы очистки воздуха на открытой промышленной площадке предприятия.

## Литература

1. Бернер Г.Я. Технология очистки газа за рубежом. М.: Новости теплоснабжения, 2006.
2. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии. М.: Металлургия, 1987.
3. Головачевский Ю.А. Оросители и форсунки скрубберов химической промышленности. М.: Машиностроение, 1974.
4. Страус В. Промышленная очистка газов. М.: Химия, 1981.
5. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976.
6. Мухутдинов А.А., Соляшинова О.А. Технология очистки газов. Казань: КГТУ, 2007.
7. Методическое пособие по выполнению сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий и автотранспорта города (региона) и их применению при нормировании выбросов. М., 1999.
8. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Госкомгидромет, 1991.
9. Способ очистки отработанных газов коптильных камер с последующей утилизацией коптильных веществ. Патент RU №2389530 / В. Е. Добромиров, А. М. Гавриленков, П. С. Бредихин; Воронежская государственная технологическая академия № 2008141921/13; Заявл. 22.10.2008; Опубл. 20.05.2010. Бюл. № 14.

## References

1. Berner G.Ya. *Tekhnologiya ochistki gaza za rubezhom* [The purification technology of gas abroad]. Moscow, *Novosti teplosnabzheniya Publ.*, 2006. 262 p.
2. Gordon G.M., Peysakhov I.L. *Pyleulavlivanie i ochistka gazov v tsvetnoy metallurgii* [Dust removal and purification of gases in the non-ferrous metallurgy]. Moscow, *Metallurgiya Publ.*, 1987. 456 p.
3. Golovachevskiy Yu.A. *Orositeli i forsunki skrubberov khimicheskoy promyshlennosti* [Sprinklers and nozzles scrubbers chemical industry]. Moscow, «*Mashinostroenie*» Publ., 1974. 271 p.
4. Straus V. *Promyshlennaya ochistka gazov* [Industrial cleaning gases]. Moscow, *Khimiya Publ.*, 1981. 352 p.
5. Ramm V.M. *Absorbtsiya gazov* [The absorption of gases]. Moscow, *Khimiya Publ.*, 1976. 656 p.
6. Mukhutdinov A.A., Sol'yashinova O.A. *Tekhnologiya ochistki gazov* [Gas cleaning technology]. Kazan', *KGТУ Publ.*, 2007. 237 p.
7. *Metodicheskoe posobie po vypolneniyu svodnykh raschetov zagryazneniya atmosfernogo vozdukha vybrosami promyshlennykh predpriyatiy i avtotransporta goroda (regiona) i ikh primeneniyu pri normirovanii vybrosov* [Toolkit to implement summary calculations of air pollution emissions from industrial enterprises and transport of the city (region) and their use in the regulation of emissions]. Moscow, 1999.
8. *RD 52.04.186-89. Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery* [RD 52.04.186-89. Guidelines for the Control of air pollution]. Moscow, *Goskomgidromet Publ.*, 1991.
9. Dobromirov V.E., Gavril'nykh A.M., Bredikhin P.S. *Sposob ochistki otrabotannykh gazov koptil'nykh kamer s posleduyushchey utilizatsiey koptil'nykh veshchestv* [A method for purifying exhaust gases smoking chambers followed by disposal of smoking materials]. *Patent RU №2389530* [Patent RU №2389530].

## Wet Air Cleaning of Inorganic Gases and Dust With Brush Gun

**A.M. Gavrilentov**, Professor, Dr. of Technical Sciences, Voronezh State University of Engineering Technology

**P.T. Sukhanov**, Professor, Dr. of Chemical Sciences, Voronezh State University of Engineering Technology

**A.S. Gubin**, Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technology

**P.S. Bredikhin**, Engineer, Voronezh State University of Engineering Technology

*Brush type sprayer was applied to increase the efficiency of catching dust and inorganic gases. Molasses solution in various concentrations was used as an absorbent. Evaluation of capturing the model gas mixture components was carried out. The general scheme of air-purification unit is proposed.*

**Keywords:** wet cleaning, spray, brush, torch, molasses.

### Россия и Франция подписали соглашение о взаимном признании образования, квалификаций и ученых степеней

29 июня 2015 г. в Министерстве образования и науки РФ прошла церемония подписания Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о взаимном признании образования, квалификаций и ученых степеней.

В торжественном мероприятии приняли участие министр образования и науки Российской Федерации Дмитрий Ливанов и Посол Франции в России Жан-Морис Риппер.

По словам министра, это столь значимое событие с нетерпением ждали представители академического сообщества Франции и России.

«Соглашение готовили более двух лет, группа экспертов из наших стран проделала серьезную работу, поэтому документ в полной степени учитывает особенности систем образования России и Франции, — отметил Дмитрий Ливанов. — Оно снимет барьер при реализации совместных программ между нашими школами, университетами и будет способствовать дальнейшему укреплению научно-образовательного сотрудничества».

Глава Минобрнауки России рассказал, что после подписания Соглашения, ожидается повышение уровня уча-

стия французских университетов в реализации программы «Глобальное образование».

Посол Франции в России Жан-Морис Риппер, в свою очередь, пояснил, что благодаря Соглашению французы-абитуриенты начиная с текущего года смогут подавать заявки на поступление в Российские университеты, а российские студенты после 1 курса магистратуры смогут без проблем поступить на 2 курс уже во Франции.

«Это может ускорить создание программ двойного диплома с двойным обучением», — отметил Жан-Морис Риппер.

Проект Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о взаимном признании образования, квалификаций и ученых степеней подготовлен в развитие договоренностей, достигнутых по итогам встречи Президентов России и Франции 28 февраля 2013 г. в Москве, утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 октября 2014 г. № 2012-р. Подобные соглашения уже заключены со многими ведущими европейскими странами, в данный момент ведутся переговоры о взаимном признании образования с Великобританией.

*Источник: сайт Минобрнауки России*

### Стратегия обращения с ОЯТ и РАО при утилизации объектов Атомного флота на Северо-Западе России

Массовый вывод из эксплуатации радиационно-опасных объектов атомного флота на Северо-Западе России начался в середине 80-х годов прошлого века. С течением времени экологические угрозы возрастали вследствие ухудшающегося технического состояния хранилищ ОЯТ, зданий и сооружений на различных площадках хранения РАО, а также находящихся на плаву кораблей с ЯЭУ и судов атомного технологического обслуживания (АТО).

К настоящему времени выполнено только около 70% необходимых работ, которые могут быть закончены не ранее 2025 г. Было необходимо разработать долгосрочную стратегию организации работ как верхнего уровня (для всей совокупности объектов, ОЯТ и РАО), так и стратегические решения по различным направлениям. Работа, проводившаяся в содружестве с учеными и специалистами РНЦ КИ и НИКИЭТ, привела к решению поставленной задачи.

Стратегия предусматривает следующее:

- все ОЯТ реакторов ВВР отправляется на ФГУП «Маяк»;
- все перерабатываемое ОЯТ будет собрано в хранилище ФГУП «Атомфлот»;
- образующиеся после утилизации АПЛ, ТАРК и ПТБ — РО, РП и БХ устанавливаются на наземной площадке в гб. Сайд;
- все РАО, в том числе продукты переработки ЖРО, размещаются в региональном центре кондиционирования и хранения РАО гб. Сайда;
- на базах в п. Гремихе и гб. Андреева создаются хранилища слабоактивных отходов;
- для обоснования дальнейшего обращения с перерабатываемым ОЯТ, в том числе с ОЯТ АПЛ «Альфа», предусмотрено выполнение ТЭИ;
- в ПВХ гб. Андреева предусмотрена возможность переработки всех видов РАО, в том числе и компактирование ВАО.

*Источник: <http://www.ibrae.ac.ru/contents/110/>*