



УДК 697.941

Поступила 07.09.2017

ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЛИТЕЙНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВРЕДНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ PROTECTION OF THE AIR OF THE FOUNDRY ENTERPRISES AGAINST POLLUTION OF HARMFUL ORGANIC MATTERS

Ю. П. ШАПОВАЛОВ, А. С. ГАЛИБУС, А. И. СУДАРЕВ, ООО «Газоочистка инжиниринг», г. Минск, Беларусь, ул. Долгобродская, 23. E-mail: cleangaz.by@gmail.com,

Е. М. ГЛУШЕНЬ, Р. К. НАГОРНЫЙ, ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 2. E-mail: microbiology@mbio.bas-net.by

YU. SHAPOVALOV, A. S. GALIBUS, A. I. SUDAREV, LLC Gazoostchistka engineering, Minsk, Belarus, 23, Dolgobrodskaya str. E-mail: cleangaz.by@gmail.com,

E. M. GLUSHEN, R. K. NAGORNY, Institute of a microbiology of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 2, Kuprevich str. E-mail: microbiology@mbio.bas-net.by

Приведена информация о проблеме загрязнения вентиляционного воздуха литейных цехов и опыта решения данной проблемы.

Information on a problem of pollution of ventilating air of foundry shops and experience of the solution of this problem is provided.

Ключевые слова. *Вентиляционный воздух, вредные вещества, абсорбционно-биохимические установки, практика применения.*

Keywords. *Ventilating air, harmful substances, absorptive and biochemical installations, practice of application.*

Газовыделения и выбор метода их нейтрализации

Законодательное право человека на здоровую окружающую среду гарантируется Конституцией Республики Беларусь и Законом об охране атмосферного воздуха, но в реальности наблюдаются случаи, когда экологическая безопасность жилых территорий, прилегающих к промышленным предприятиям, в состав которых входят литейные цеха, не соблюдается.

При технологических процессах изготовления литейных стержней, заливки (рис. 1), охлаждения и выбивки форм в атмосферу с вентиляционным воздухом поступает до 20 газообразных веществ [1] второго, третьего и четвертого классов опасности, в том числе фенол, формальдегид, фурфурол, метанол, аммиак, акролеин, цианиды, бензапирен, триэтиламин, диэтиламин, ксилол, толуол и ряд углеводородов. При этом, как правило, превышаются экологические нормативы по содержанию вредных веществ в воздушной среде, а также поступающие жалобы от населения по поводу неприятного запаха в приземном слое атмосферы.

Выбор метода очистки вентвоздуха осложняется наличием в парогазовоздушной смеси взвешенных веществ (кварцевая пыль, сажа), а также аэрозоли, которая при охлаждении конденсируется на рабочих колесах и лопастях вентиляторов, элементах воздухопроводов в виде смолистых веществ.

Сухие методы очистки вентвоздуха (угли, катализаторы, адсорбенты, ионообменные волокна, газоразрядные ячейки) не нашли применения в литейном производстве для нейтрализации вредных органических веществ в связи с налипанием на рабочих поверхностях фильтров взве-



Рис. 1. Заливка литейной формы

шенных и смолистых веществ, что приводит к резкому снижению эффективности работы вплоть до полного выхода из строя газоочистного оборудования.

Исследования, проведенные на лабораторных и опытно-промышленных установках, показали, что в данном случае единственно возможным техническим решением по очистке многокомпонентного по газовому составу нагретого вентиляционного воздуха, содержащего взвешенные и конденсационные вещества, является водная абсорбция вредных веществ с последующей биохимической регенерацией абсорбента.

Газоочистные установки, где происходят процессы водной абсорбции и биохимического окисления вредных органических веществ, получили название абсорбционно-биохимические.

Абсорбционно-биохимические установки (АБХУ)

Востребованность АБХУ

Сегодня АБХУ применяют в литейных цехах для решения экологических проблем такие гиганты автомобилестроения, как ОАО «МАЗ», ОАО «ГАЗ», АО «КАМАЗ», АО «АЗ «Урал», АО «Автодизель», а также АО «НПК «Уралвагонзавод», ООО «Лебедянский машиностроительный завод», ООО «Оскольский завод нефтяного машиностроения», АО «Термотрон-завод» и др. Высокий спрос на АБХУ подтверждается получением награды «Экспортер года 2014» (рис. 2).

Востребованность АБХУ объясняется тем, что в данном сегменте рынка нет альтернативного газоочистного оборудования, которое отвечало бы следующим условиям:

- имело положительный опыт практического применения около 30 лет;
- не требовало капитального ремонта и имело срок службы не менее 20 лет;
- не требовало текущего ремонта (кроме вентилятора и насоса);
- было простым в обслуживании;
- имело минимальные в количественном и ценовом выражении расходные материалы;
- не образовывало вторичного загрязнения окружающей среды;
- было пожаро-взрывобезопасным;
- не теряло свою функциональность в течение всего срока эксплуатации.

Итог нашей технической политики по совершенствованию процесса и оборудования для нейтрализации летучих органических веществ (ЛОС) отражается

в стабильно растущем спросе на АБХУ. В настоящее время в эксплуатации находится более 100 установок на 48 предприятиях России, Беларуси и Украины.

Технологическая схема АБХУ

Очистка вентиляционного воздуха в АБХУ основана на естественных природных процессах:

первый заключается в том, что большинство вредных летучих органических соединений хорошо растворимы в технической воде;

второй принцип основан на способности специально селекционированных и адаптированных микроорганизмов использовать в качестве источников питания растворенные в воде органические и некоторые неорганические вещества. В процессе потребления микроорганизмами этих соединений происходит их полная минерализация с образованием воды и углекислого газа.

На рис. 3 показана схема абсорбционно-биохимической установки очистки вентвоздуха.

В скруббере с подвижной шаровой насадкой при помощи водного абсорбента происходит улавливание вред-



Рис. 2. Награда «Экспортер года 2014»

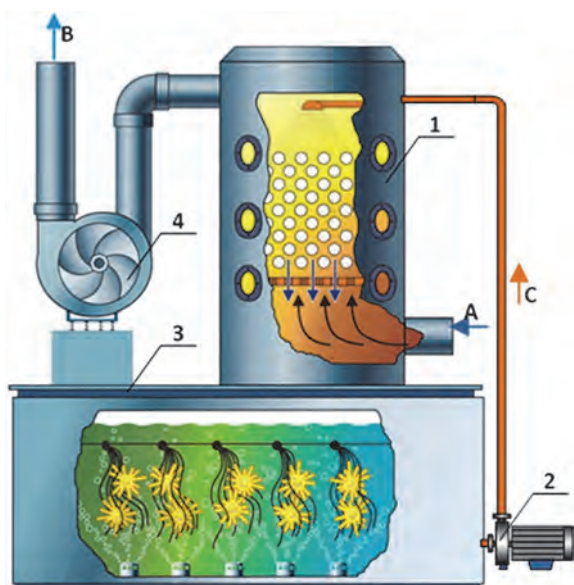


Рис. 3. Принципиальная схема абсорбционно-биохимической установки: 1 – скруббер с массообменными решетками и насадкой; 2 – насос; 3 – биореактор с насадкой и аэраторами; 4 – вентилятор; А и В – вход и выход вентвоздуха; С – абсорбционный раствор

ных веществ, а в биореакторе – их нейтрализация. Микроорганизмы вводятся в биореактор один раз перед началом эксплуатации установки в виде концентрированной биомассы. Циркуляция раствора по замкнутому кругу «скруббер-биореактор» предотвращает образование производственного стока.

Повышению эффективности водной абсорбции труднорастворимых веществ способствуют процесс конденсации аэрозолей и паров высококипящих веществ; поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые вырабатывают в процессе жизнедеятельности микроорганизмы. На наличие ПАВ указывает образование пены в системе регенерации водного абсорбента [2].

Особенности микробной очистки абсорбционного раствора

Необходимым условием соблюдения принципа безопасности технологий с использованием микроорганизмов является получение и применение для очистки водных растворов нетоксичных и непатогенных микроорганизмов-деструкторов, а также полная биодеструкция органических компонентов, содержащихся в абсорбенте.

Специалистами лаборатории природоохранных биотехнологий Института микробиологии НАН Беларуси получены высокоактивные штаммы микроорганизмов-деструкторов, способные к использованию широкого круга органических веществ в качестве единственного источника углерода. Все микроорганизмы-деструкторы, используемые в качестве биологической загрузки в абсорбционно-биохимической установке, выделены из природных источников и прошли токсикологическую экспертизу Министерства здравоохранения Республики Беларусь и получили положительные заключения.

Расходными материалами, которые вводятся в биореактор, являются техническая вода для восполнения потерь на естественный влагунос в количестве 0,2–2,0 м³ в сутки; минеральные удобрения для поддержания необходимых концентраций биогенных элементов (Р, N, К) в количестве 2–4 кг в месяц.

Определяющий фактор АБХУ – стабильность паспортных характеристик. Этому способствует функциональность системы регенерации, где количество микроорганизмов в растворе саморегулируется: возрастает с увеличением поступления органических веществ в биореактор и наоборот. При остановке эксплуатации АБХУ по причине простоя технологического оборудования жизнедеятельность микроорганизмов сохраняется многие месяцы.

Микробиологический анализ водного абсорбента с действующих установок показывает количество микроорганизмов-деструкторов 1–6·10⁶ на 1 мл раствора. Контаминирующая микрофлора представлена микроорганизмами *Bacillus* и *Pseudomonas*. ХПК абсорбента находится в пределах 3–5 тыс. г О₂/л.

Конструктивное оформление АБХУ

Один из вариантов аппаратного оформления процесса водной абсорбции и биохимического окисления вредных органических веществ приведен на рис. 4. Особенностью данной конструкции является то, что скруббер 2 и каплеуловитель 5 выполнены в одном корпусе, а вентилятор 1 встроен в корпус газоочистного аппарата. Загрязненный вентвоздух А поступает в скруббер 2, где имеются массообменные решетки, на них расположен слой шаровой насадки, которая находится в кипящем состоянии и непрерывно орошается водным абсорбентом, подаваемым насосом. Водный абсорбент после скруббера поступает в шламоотстойник 3, где отделяются взвешенные вещества. После регенерации в биореакторе 4 очищенный раствор вновь поступает в скруббер. Очищенный вентвоздух В выводится в атмосферу.

Габариты АБХУ-20 составляют 6000×5000×7000 мм.

Компоновка газоочистного комплекса, состоящего из четырех АБХУ, приведена на рис. 5.

Установки комплектуются автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУТП) газоочистки, которая позволяет упростить техническое

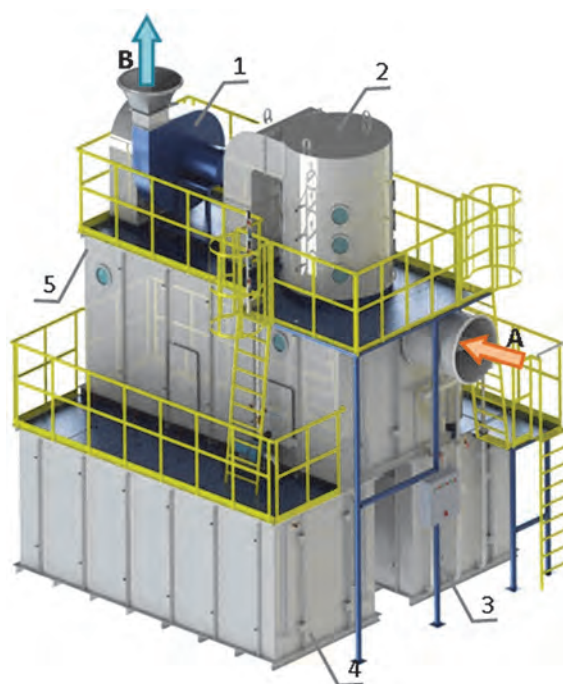


Рис. 4. Общий вид абсорбционно-биохимической установки производительностью по вентвоздуху 20 000 м³/ч: 1 – вентилятор; 2 – скруббер; 3 – шламоотстойник; 4 – биореактор; 5 – каплеуловитель; А и В – вход и выход вентвоздуха соответственно



Рис. 5. Газоочистной комплекс из четырех АБХУ общей производительностью по вентвоздуху 100 000 м³/ч

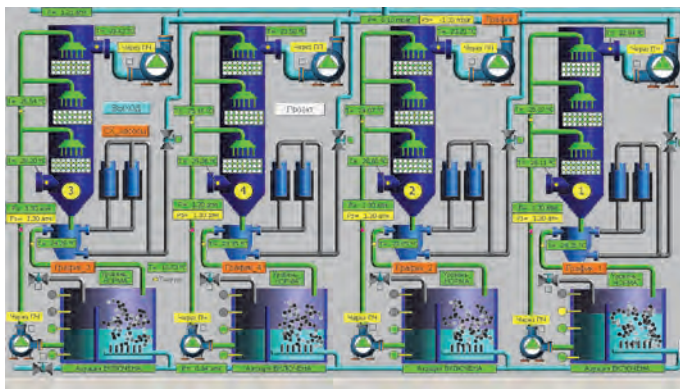


Рис. 6. Информационная панель эксплуатационных параметров АБХУ

обслуживание, вести контроль установок с помощью электронной передачи данных, обеспечить быстрое время реагирования по вопросам технического обслуживания и минимизировать риски по незапланированным простоям газоочистного оборудования.

Информация, которую можно отслеживать в онлайн-режиме, приведена на рис. 6.

Природоохранный эффект при применении АБХУ

Участки заливки, охлаждения и выбивки литейных форм

Данные источники газовыделений «обеспечивают» неприятный запах в районе расположения литейных цехов. В качестве примера можно привести ООО «Лебедянский машиностроительный завод», где газоочистной комплекс эксплуатируется с 2003 г. Общий объем очищаемого вентвоздуха – 120 000 м³/ч, а эффективность улавливания составляет: фенола, триэтиламина, формальдегида, аммиака, цианистого водорода – 85–95%; взвешенных и смолистых веществ – 98–99%. После ввода в эксплуатацию АБХУ полностью прекратились жалобы жителей в природоохранные органы. В настоящее время на участках заливки, охлаждения и выбивки литейных форм на 13 предприятиях в эксплуатации находятся 40 АБХУ (рис. 7).

Изготовление стержней по Cold-box-амин-процессу

В настоящее время для очистки вентвоздуха от аминов применяют два способа: хемосорбцию [3] и абсорбционно-биохимический метод. Химическая очистка в «кислотных» скрубберах основана на способности аминов образовывать с серной и ортофосфорной кислотами водорастворимые соли. Абсорбционно-биохимическая очистка в АБХУ (рис. 8) основана на способности аминов безгранично рас-



Рис. 7. АБХУ, эксплуатируемая на ООО «Техпромлит»



Рис. 8. АБХУ очистки вентвоздуха от триэтиламина на АО «Копейский машиностроительный завод»



Рис. 9. АБХУ и стержневая машина АНВ, эксплуатируемые на РУП «Гомельский завод литья и нормалей», РБ

творяться в технической воде с последующим их микробиологическим разложением на безвредные составляющие – воду, углекислый газ и свободный азот.

Эксплуатация «кислотных» скрубберов показала их экологическую проблемность:

- периодический сброс в канализацию отработанного раствора с превышением нормативов по сульфатам в 200 раз, по фенолу – в 3000 раз;
- из-за нарушений условий эксплуатации на большинстве предприятий имеет место каплеунос серной кислоты в атмосферу.

По экологическим причинам, а также в связи с разрушением корпусов скрубберов ряд предприятий заменили «кислотные» скрубберы на АБХУ.

На РУП «Гомельский завод литья и нормалей» в 2013 г. запущен комплекс оборудования для изготовления стержней по Cold-box-amin-процессу (рис. 9).

При проведении тендера от установки очистки вентвоздуха наряду с высокой эффективностью очистки воздуха от паров аминов требовалось обеспечить отсутствие промышленных стоков и минимальные эксплуатационные затраты. Выбор установки для нейтрализации паров аминов вентилируемого от машины воздуха в пользу отечественного производителя был обоснован существенными экономическими и экологическими преимуществами установок АБХУ перед кислотными скрубберами, а именно: стоимость капитальных и текущих затрат – ниже, какие-либо стоки в систему канализации отсутствуют. Эффективность очистки вентвоздуха при этом аналогичная (96% и выше).

В настоящее время на 21 литейном предприятии находится в эксплуатации 36 АБХУ, очищающих вентвоздух, удаляемый от белорусских (Институт БелНИИЛИТ), итальянских (PRIMAFOND), английских (Omega) и немецких (Laempe и АНВ) стержневых машин.

Выводы

Технически решена задача очистки от вредных органических веществ сложных составов (многокомпонентность, высокая температура, запыленность, наличие конденсационных веществ) вентиляционного воздуха, удаляемого от стержневых и заливочных участков литейных цехов.

Очистка вентвоздуха в АБХУ позволяет не только снизить выброс вредных веществ в воздушную среду литейных цехов, но и значительно уменьшить запаховый эффект в районе расположения предприятий.

Литература

1. Жуковский С. С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм. М.: Машиностроение, 2010.
2. Ганиткевич Я. В. Поверхностно-активные вещества микробного происхождения. // Биотехнология. 1988. Т. 4. № 5. С. 575–583.
3. Кудин Д. А., Черапovich А. В. Особенности химического способа очистки вентиляционного воздуха от паров третичных аминов // Литейное производство. 2005. № 4. Стр. 37–39.