

С. Ф. АРТЮХ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»
Н. А. ЛЮБИМОВА, канд. техн. наук., доц. ХНАУ им. В. В.
Докучаева, Харьков

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЕЙ ВОЗДУХООЧИСТКИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье предлагается схема контроля и управления системой воздухоочистки предприятий энергетической промышленности от композиции фенола, метанола и формальдегида с помощью 2-ступенчатой биотехнологии.

Ключевые слова: контроль, управление, воздухоочистка, фенол, формальдегид, метанол, биотехнология

Вступление. Энергетическое производство выдает товарный продукт в виде электрической и тепловой энергии, трансформированной из потенциальной энергии топлива. При этом материальные ресурсы целиком превращаются в отходы, поступают в виде газообразных и жидких продуктов сгорания в окружающую среду. Вместе с продуктами сгорания поступают все примеси исходного топлива – часть золы, многие элементы таблицы Менделеева, окись углерода, частицы недогоревшего твердого топлива, продукты неполного сгорания жидких топлив, окислы серы и азота, многие металлы.

Анализ последних исследований. Эксплуатация тепловых электрических станций сопряжена с появлением ряда жидких отходов – сточных вод. К ним относятся воды после охлаждения различных аппаратов – конденсаторов турбин, масло – и воздухоохладителей, движущихся механизмов и др.; сбросные воды из систем гидрозолоудаления (ГЗУ), отработавшие растворы после химических очисток теплосилового оборудования или его консервации, регенерационные и шламовые воды от водоочистительных установок, нефтезагрязненные стоки; растворы, возникающие при обмывках наружных поверхностей нагрева главным образом воздухоподогревателей и водяных экономайзеров котлоагрегатов, работающих на сернистом мазуте. Составы всех этих стоков весьма различны. Они определяются типом ТЭС и установленного на ней оборудования, ее мощностью, видом используемого топлива, составом исходной воды, принятым способом водоподготовки в основном

© С. Ф. Артюх, Н. А. Любимова, 2013

производстве и другими менее существенными обстоятельствами.

Цель исследования Создание ТЭС, не загрязняющие природные водоемы, возможно двумя путями – глубокой очисткой всех стоков до предельно допустимых концентраций (ПДК) или организацией систем повторного использования стоков. Первый путь неперспективен, так как органы охраны водоемов непрерывно повышают требования к степени очистки сточных вод. Применение в технологии водообработки новых материалов и реагентов потребует и для них новые ПДК. Повышение же глубины очистки стоков потребует значительного увеличения затрат как на сооружение соответствующих установок, так и на их эксплуатацию. Все это делает первый путь мало перспективным. Второй путь более реален. Это создание оборотных систем с многократным использованием воды. При этом достаточно довести качество очистки до уровня, приемлемого для осуществления соответствующих технологических процессов. Такой путь существенно сокращает водопотребление, резко сокращается число вопросов, подлежащих согласованию с контролирующими стоки органами. Именно этот путь бессточных ТЭС наиболее приемлем.

Количество вод, образующихся после охлаждения аппаратуры, определяется в основном количеством отработавшего пара, поступающего в конденсаторы турбин. Следовательно, больше всего этих вод на конденсационных ТЭС и АЭС, где часовое количество воды охлаждающей конденсаторы турбин, Q , т/час, может быть найдено по формуле $Q=KW$, где W – мощность станции в Мвт, а K – коэффициент, значение которого для ТЭС в интервале 100-150, а для АЭС – 150 – 200.

В некоторых случаях охлаждающие воды несут посторонние вещества, когда в систему охлаждения включены также маслоохладители, нарушение плотности которых может приводить к проникновению нефтепродуктов в охлаждающую воду. Наиболее надежным направлением решения этой задачи является выделение охлаждения таких аппаратов, как маслоохладители и им подобные, в особую автономную систему, отдельную от «чистых» аппаратов.

На ТЭС, использующих твердое топливо, удаление значительных количеств золы и шлака выполняется обычно гидравлическим способом, что требует большого количества воды. Основным направлением эвакуации золы и шлака со станции при этом является создание оборотной системы ГЗУ, когда освободившаяся от частичек золы и шлака осветленная вода вновь направляется по обратному трубопроводу на ТЭС для выполнения той же функции. Часть воды при этом обороте выходит из системы, так как задерживается в порах осевшей золы, вступает в химические соединения с компонентами этой

зола, а также испаряется и просачивается в грунт. Поэтому важнейшим вопросом при создании оборотных систем ГЗУ является обеспечение баланса между поступлением и расходом воды, что необходимо учитывать в различных технологических процессах, в том числе в золоулавливании.

Необходимость создания оборотных систем ГЗУ обусловлена также тем, что такие воды содержат в ряде случаев повышенную концентрацию фторидов, мышьяка, ванадия, реже ртути и германия (днецкие угли). Воды ГЗУ также часто содержат канцерогенные органические соединения, фенолы и другие...

Материалы исследований Стоки после химической промывки или консервации теплосилового оборудования весьма разнообразны по своему составу вследствие разнообразных рецептов промывочных растворов. Кроме минеральных кислот - соляной, серной, плавиковой, сульфаминовой, применяется много органических кислот (лимонная, ортофталевая, адипиновая, щавелевая, муравьиная, уксусная и т.д.). Наряду с ними используются трилон и различные смеси кислот, являющиеся отходами производства, а в качестве ингибиторов коррозии вводятся каптакс, поверхностно - активные вещества, сульфированные нафтеновые кислоты и т.д. Для связывания в комплекс меди в промывочные смеси вводится тиомочевина. Консервационные растворы содержат гидразин, нитриты и аммиак.

Большинство органических соединений, применяемых в промывочных растворах, поддается биологической переработке и, следовательно, может быть направлено вместе с хозяйственно - бытовыми сточными водами на соответствующие установки. Перед этим необходимо удалить из отработавших промывочных и консервационных растворов токсичные вещества, пагубно действующие на активную микрофлору. К таким веществам относятся ионы металлов - меди, цинка, никеля, железа, а также гидразин и каптакс. Трилон относится к биологически «жестким» соединениям, к тому же он подавляет активность биологических факторов. Все эти условия диктуют определенную технологию очистки стоков от химической очистки оборудования. Они должны быть собраны в отдельные емкости. При этом должен быть осуществлен технический контроль их количества.

Воды от обмывки наружных поверхностей нагрева образуются только на ТЭС, использующих в качестве основного топлива сернистые мазуты. Зольные элементы, образующиеся при сгорании мазута, обладают большой липучестью и оседают преимущественно на поверхности элементов воздухоподогревателей, которые вследствие этого приходится регулярно очищать. Периодическая очистка

осуществляется путем обмывок. Обмывочная жидкость содержит свободную серную кислоту и сульфаты железа, ванадия, никеля, меди и натрия. Обезвреживание этих обмывочных растворов сопровождается получением шламов, содержащих ценные вещества.

При эксплуатации водоочисток на электростанциях возникают стоки от промывок механических фильтров, от удаления шламовых вод осветлителей и в результате регенерации катионитных и анионитных материалов.

Регенерационные стоки содержат в растворе значительное количество солей кальция, магния и натрия. Во многих случаях сброс такого количества солей (300-400 кг/час, 2-2,5 т/час в зависимости от вида водоочистки) в естественные водоемы запрещен. Привлекательной представляется следующая схема переработки стоков: после смешивания кислых (от Н - катионита) и щелочных (от анионита) стоков проводится обработка их известью и содой для осаждения ионов кальция и магния. Раствор после отделения от образовавшихся осадков содержит только соли натрия, хлориды и сульфаты. Этот раствор подвергают гидролизу, получая при этом кислые и щелочные растворы. Они направляются взамен привозных кислот и щелочи на регенерацию соответствующих фильтров. Расчеты показывают, что таким образом количество избыточных солей может быть уменьшено в несколько раз.

Качественный и количественный контроль фенольных сточных вод энергетических предприятий имеет народнохозяйственное значение и нуждается в специальной организации.

Методы дефеноляции сточных вод разделяются на две большие группы [1]. Первая охватывает так называемые регенеративные методы, в которых преследуется цель наряду с очисткой сточных вод извлечь и выделить фенолы в виде товарного продукта. Последний чаще всего служит исходным сырьем в производстве пластмасс (фенолпластиков). Ко второй группе относятся методы, в которых фенолы, содержащиеся в сточных водах, подвергаются уничтожению тем или иным способом (так называемые деструктивные методы).

Целесообразность применения метода первой или второй группы в каждом конкретном случае определяется с практической и технико-экономической точек зрения. Для небольших предприятий, на которых выход сточных вод не превышает нескольких куб. метров в сутки, извлечение фенолов неэкономично и нецелесообразно, поскольку необходимые для этого установки требуют больших капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Уничтожение же фенольных вод, в данном случае, может осуществляться другими более простыми, экономичными и эффективными методами. Крупным предприятиям

при условии достаточной концентрации фенолов в сточных водах следует рекомендовать регенеративный метод дефеноляции, хотя бы уже потому, что утилизация фенола позволит покрыть существенную часть расходов, связанных с очисткой сточных вод [1].

Результаты исследований На практике аспирационный воздух промышленных предприятий может содержать несколько нежелательных токсических веществ в их композиции. Одновременное содержание в воздухе различных токсических веществ может многократно усиливать негативный эффект антропогенной загрузки. Разработанная модель относится к способам очистки воздуха (например, литейного производства – сопутствующего энергетическому предприятию) от органических газообразных выбросов, в частности, фенола, формальдегида и метанола.

Задачей данного решения является создание способа удаления из аспирационного воздуха загрязнений – фенола, формальдегида и метанола путем использования физико – химических и биологических методов, в результате чего достигается необходимая степень очистки воздуха и уменьшение энергозатрат процесса. При этом для выполнения требований рационального и технологичного процесса необходимо организовать соответствующие контроль и управление. В способе удаления из аспирационного воздуха метилового спирта, формальдегида и метанола, в соответствии с предлагаемой моделью, выполняют орошение воздуха водой с последующим биоокислением сорбированных водой вышеуказанных соединений и рециркулируют очищенную воду на повторное орошение аспирационного воздуха. При этом биоокисление сорбированных водой загрязнителей выполняют в две ступени различными бактериями. При определенных неблагоприятных условиях, например, при повышенных концентрациях фенола в циркуляционной воде, биоокисление формальдегида и метанола ингибируется, а степень их биоокисления снижается. Поэтому биоокисление загрязнений в циркуляционной воде выполняется в две ступени [1]. Способ выполняется следующим образом: аспирационный воздух, который содержит в себе фенол, формальдегид и метанол орошают циркуляционной водой в массообменном аппарате (скруббер, абсорбер, колонна), очищенный воздух выбрасывается в атмосферу, а циркуляционная вода с сорбированными в ней фенолом, формальдегидом и метанолом поступает на биоочистку в двухступенчатый биотенк до конечных значений концентрации загрязнений на уровне 0,1 - 0,5 мг/л. После очистки циркуляционная вода возвращается в цикл орошения аспирационного воздуха. Биохимическая регенерация циркуляционной воды выполнялась с помощью бактерий на первом и втором уровне.

После очистки циркуляционная вода возвращается в рециркуляционный бак (РБ) для выполнения следующего цикла орошения аспирационного воздуха и других технологических целей.

Важной стадией является определение влияния на степень биоокисления соотношения концентраций формальдегида и метанола в циркуляционной воде, которая поступает на вторую ступень очистки биотенка.

Таблица – Соотношения концентраций загрязнителей в циркуляционной воде на степень их биоокисления на 2-ой ступени биотенка

Соединение-загрязнитель	Степень биоокисления, % при соотношениях концентраций, СН ₂ О, СН ₃ ОН							
	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1
формальдегид, СН ₂ О	99	99	99	99	99	98	96	95
метанол СН ₃ ОН	96	98	99	99	99	99	98	97

Анализ данных табл. 1 свидетельствует о том, что оптимальными соотношениями концентраций формальдегида и метанола в циркуляционной воде, которая поступает на 2-ю ступень биотенка есть соотношение (2 - 6):1.

Способ выполнялся в лабораторных и промышленных условиях (см. рис.1). Объектом исследования были:

- в лабораторных условиях – аспирационный воздух, полученный в процессе полимеризации фенол – формальдегидной композиции;
- в опытно-промышленных условиях – аспирационный воздух литейных цехов на участке изготовления литейных форм.

С целью расширения диапазона концентраций фенола, формальдегида и метанола в аспирационном воздухе в фенол-формальдегидные смеси добавляли в определенных дозах каждый из указанных ингредиентов. За счет этого состав аспирационного воздуха при выполнении опыта изменялся в следующих границах:

- содержание фенола – (5 - 30 мг/м³);
- содержание формальдегида – (4 – 20 мг/м³);
- содержание метанола – (3 – 5 мг/м³).

Вода после контакта с загрязненным воздухом поступала в двухступенчатый биотенк, в котором выполнялась ее биорегенерация. Далее циркуляционная вода подавалась в отстойник для разделения ее с активным илом после чего она возвращалась в абсорбер, предварительно накапливаясь в рециркуляционном баке. Степень очистки см. в табл. 2.

В процессе дефеноляции сточных вод выполнялся необходимый функциональный контроль концентрации фенола, метанола и формальдегида, температуры фенольных вод первой ступени с

последующим контролем расхода воды и ее подачей в абсорбер для управления процессом и повышения качества очистки и технико-экономических характеристик процесса.

Предлагаемая методика количественного анализа включает в себя: регистрацию спектров комбинационного рассеяния от анализируемого образца с помощью интерференционного спектрометра, позволяющего регистрировать узкие спектральные линии на фоне сплошной засветки высокой интенсивности. В зарегистрированном спектре производится отбор отдельно стоящих полос или групп полос для использования в дальнейшем анализе. Среди отобранных полос производится селекция по полуширине для выделения линий, относящихся к неорганическим компонентам и органическим компонентам (фенолы, амины и т. д.). В первую группу попадают также полосы сильно ассоциированных в растворе группировок органических молекул. В каждой отобранной группе полос производится идентификация анализируемых соединений по набору полос с заранее известными положениями и соотношениями интенсивностей. На этом этапе используется стандартный поисковый алгоритм решения обратных задач [4,5].

Использовался полианилиновый сенсор селективно чувствительный к присутствию в растворе анилина и его замещенных. Для придания полимеру фенольной функции полианилин модифицируется парааминофенолом сополимеризацией анилина с парааминофенолом из раствора в ацетонитриле при потенциале 2,5 в. Для каждого идентифицированного с достаточно большой вероятностью компонента производится количественный анализ по интегральной интенсивности соответствующей группы аналитических полос.

Для обеспечения максимально экономичных и безаварийных режимов технологии (растворения фенол-метанол- формальдегидной газовой смеси в воде, благоприятного протекания процессов биологической очистки на первой и второй ступенях, расхода воды...) в экспериментальных исследованиях выполнялся функциональный контроль с применением методов обработки полученных данных [6].

Схема контроля и управления технологией воздухоочистки представлена на рис. 1

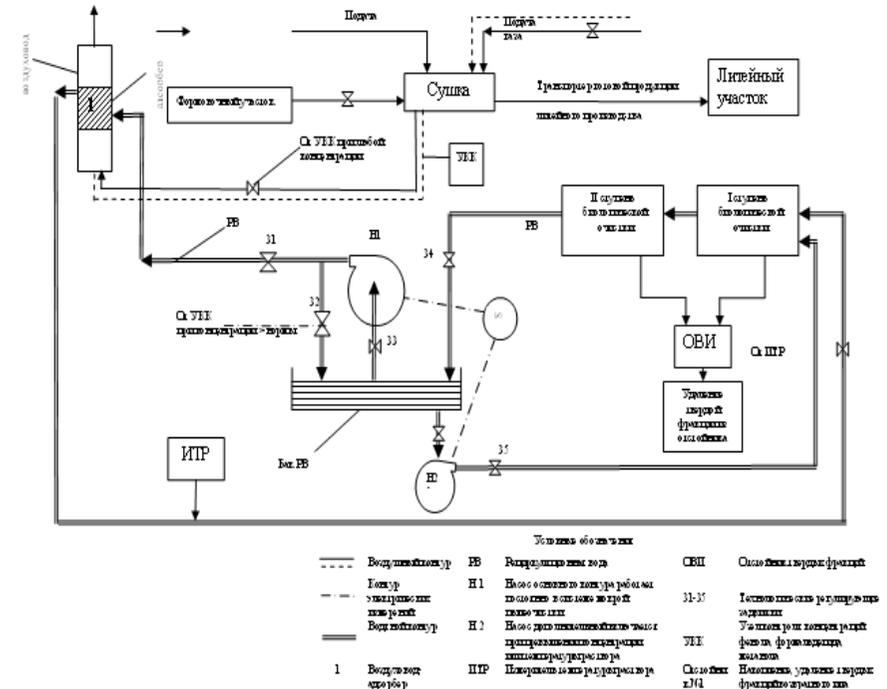


Рис. 1 – Технологическая схема контроля и управления технологией очистки воздуха от фенола, формальдегида и метанола

Алгоритм обработки данных контроля технологии и соответствующие управляющие воздействия при этом показаны на рис. 2.

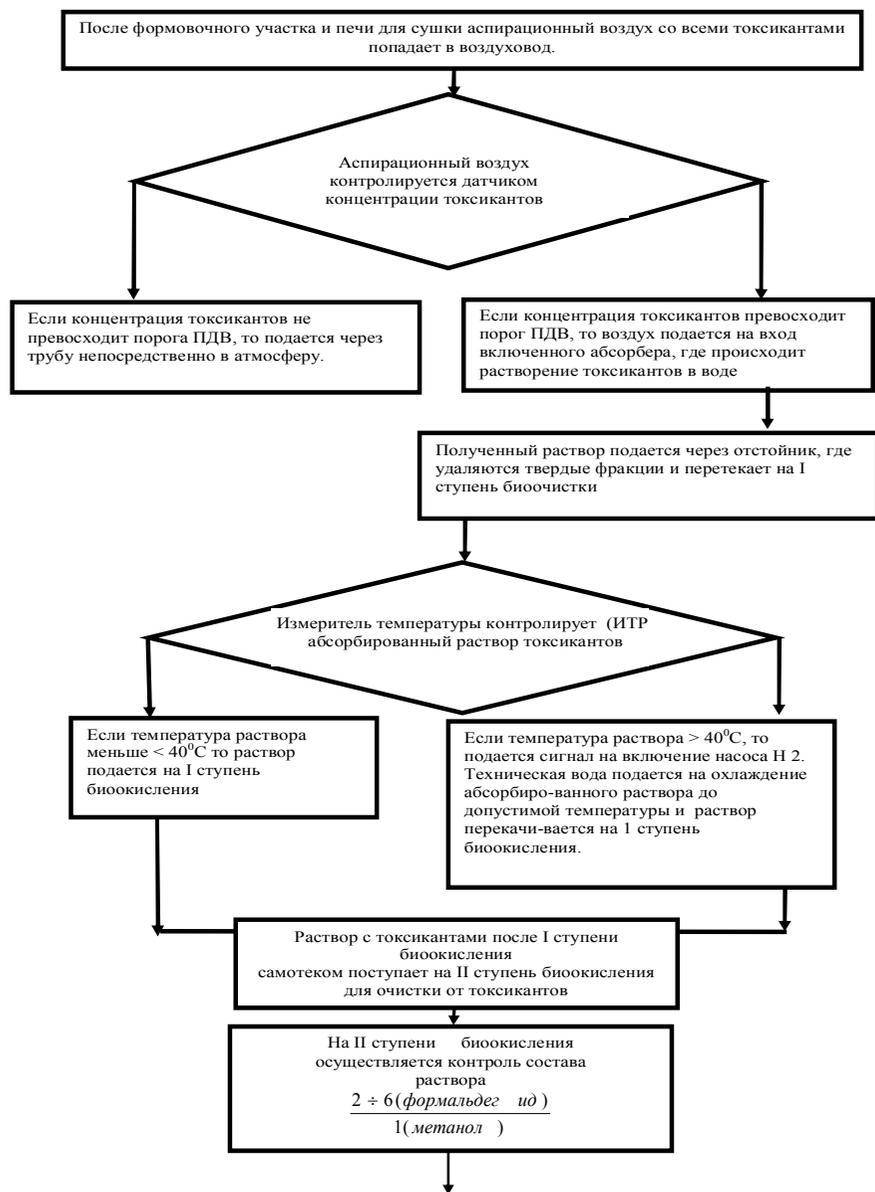


Рис. 2 – Алгоритм управления и контроля технологии воздухоочистки от фенола, формальдегида и метанола

Вывод. Таким образом, при выполнении вышеуказанных условий формулы полезной модели, рационально организованного контроля и управления процессом воздухоочистки достигнуты желаемые показатели очистки воздуха, благодаря которому можно одновременно качественно и экономично очищать воздух от фенола, формальдегида и метанола. Способ также дает существенные преимущества по энергосбережению, экономическим и экологическим показателям.

Список литературы: 1. Любимова Н.А., Костенко В.Ф. Процесс очистки сточных вод предприятий электротехнической промышленности / Н. А. Любимова, В. Ф. Костенко // Башкирский экологический вестник «Экология», Уфа: №2(35), 2013, С. 59-63. 2. Ф.Мейнк Очистка промышленных сточных вод / Ф. Мейнк // Л.: ГН-ТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1993. 648 с.3. Патент Украины №60181. Спосіб видалення із аспіраційного повітря метилового спирту, формальдегіду та фенолу / Костенко В.Ф., Любимова Н.О., Юрченко В.О. – Опубл.10.06.2011. Бюл № 11, 11 с. 4. Любимова Н.А., Костенко В. Ф. Функциональный контроль процесса удаления фенола и сопутствующих ингредиентов из технологических вод после абсорбционной очистки аспирационного воздуха литейных участков промышленных предприятий / Н.А. Любимова, В.Ф.Костенко // Сб. научн. тр. 21 Межд. науч.-технич. конф. Харьков, 2013. С 206. 5. Рихтер Л.А., Волков Е.П., Покровский В. Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС. / Л.А. Рихтер, Е. П. Волков, В.Н.Покровский // М.: Энергоиздат, 1981, 295 с. 6. Любимова Н. А. Функциональный контроль отходов энергетических предприятий / Н.А. Любимова // Сб. научн. тр. 21 Межд. науч.-технич. конф. Харьков, 2013. С 259. 7. Большевцев А. Д. Функциональный контроль / А. Д. Большевцев // Измерительная техника. – 1992. - №10. С.15 – 17.

Надійшла до редколегії 13.11.2013.

УДК [658.316.12:547.562.1]:621.3

Контроль и управление технологией воздухоочистки предприятий электротехнической промышленности / Артюх С.Ф., Любимова Н. А. // Вісник НТУ «ХП», Серія: Енергетика, надійність та енергоефективність. – Харків: НТУ «ХП». – 2013. – №. 59 (1032). – С.3-11. Бібліогр.: 7 назв.

В даній роботі запропонована схема контролю та керування системою повітря очищування підприємств енергетичної промисловості від композиції фенолу, формальдегіду та метанола за допомогою 2-ступеневої біотехнології.

Ключові слова: контроль, керування, повітряочищування, фенол, формальдегід, метанол, біотехнологія.

In this article model for control and management for system of air cleaning of energetic industry plants is proposed.

Keywords: control, management, biotechnology, system of air cleaning.