

Житенев Б.Н., Северянин В.С., Новосельцева Д.В.

ОГНЕВОЙ МЕТОД ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Введение. При использовании термоокислительных методов очистки промышленных сточных вод все органические вещества, загрязняющие сточные воды, полностью окисляются кислородом воздуха при высоких температурах до нетоксичных соединений. Эти методы включают жидкофазное окисление, парофазное каталитическое окисление и огневой метод. Огневой метод является наиболее эффективным и универсальным методом термической очистки сточных вод [1].

Анализ огневого метода обезвреживания сточных вод. По теплотворной способности промышленные стоки делятся: на сточные воды, способные гореть самостоятельно, и на сточные воды, к которым необходимо добавлять для их сжигания топливо. Жидкие отходы химической промышленности, нефтесодержащие сточные воды, растворители и другие отходы могут сжигаться двумя способами - в распыленном состоянии и над слоем (последнее преимущественно для жидких горючих отходов).

При форсуночных способах топливо сжигается в топках печей в распыленном состоянии в виде мельчайших капелек, которые хорошо перемешиваются с воздухом и сгорают на лету. Чем лучше частицы топлива рассредоточены и перемешаны с воздухом, тем совершеннее процесс горения. Для распыливания топлива в основном применяются форсунки паровые, воздушные и механические. Простейшим аппаратом для огневого обезвреживания газообразных и жидких отходов является камерная печь, оборудованная горелочными устройствами для сжигания жидкого или газообразного топлива, форсунками для распыливания жидких отходов и соплами для подачи газовых выбросов. Недостатками камерных печей являются их громоздкость, низкая удельная производительность, высокие капиталовложения на их сооружение [1]. Для сжигания сточных вод возможно применение печей с кипящим (псевдооживленным) слоем, которые используются также для сжигания твердых и пастообразных отходов. Достоинства этих печей заключаются в интенсивном перемешивании, небольшом гидравлическом сопротивлении кипящего слоя, отсутствии движущихся и вращающихся частей. Недостатки печей с кипящим слоем: необходимость установки мощных пылеулавливающих устройств, неравномерность времени пребывания в слое частиц твердой фазы, возможность спекания и слипания твердых частиц [2]. Эффективными устройствами для сжигания сточных вод являются циклонные топки. Их преимущество по сравнению с другими видами камерных топок заключается в высокой интенсивности и устойчивости процесса сжигания топлива с весьма малыми топочными потерями при минимальных избытках воздуха. При этом возникают наиболее благоприятные условия тепло- и массообмена между газовой средой и каплями сточной воды вследствие больших относительных скоростей и высокой интенсивности турбулентности. Это позволяет создать малогабаритные устройства, работающие с высокими нагрузками, в десятки раз превышающими нагрузки печей других вариантов. Недостатком циклонных топок является большой унос солей с газовым потоком [2].

При бесфорсуночных надслоевых способах термического обезвреживания жидких горючих отходов горение газифицированных продуктов осуществляется над слоем прогретых вскипающих отходов. Достоинства надслоевых способов: простота установок, отсутствие сложной предварительной обработки отходов. Недостатки

надслоевых способов: громоздкость установок, низкий уровень тепло- и массообменных процессов.

Надслоевые способы сжигания можно разделить на три группы:

- 1) сжигание без принудительной турбулизации слоя отходов;
- 2) с турбулизацией слоя отходов механическими устройствами;
- 3) с пневматической турбулизацией слоя отходов (барботаж, турбобарботаж).

Анализируя топочные устройства, используемые для огневого обезвреживания сточных вод можно сделать следующие выводы:

- требуется значительный топочный объем для надежного дожигания топлива, а также коэффициента избытка воздуха существенно больше единицы. Это ведет к большим капитальным затратам и перерасходу энергии на тягу и дутье;
- методы требуют существенного расхода энергии на преодоление аэродинамического сопротивления топочных устройств (слой, циклон).

В настоящее время активно исследуется высокоэффективный способ сжигания топлива – пульсирующее горение.

Физическая картина процесса факельного пульсирующего горения следующая. Представим себе удлиненный канал, один конец которого открыт в окружающую газовую среду, а на втором конце установлен клапан, пропускающий среду только в одном направлении (см. рис 1). Возле клапана смонтировано топливоподающее устройство (форсунка, горелка). При воспламенении топлива от любого запальника (электросвеча, факел) в части канала, примыкающей к клапану, повышается давление, клапан закрывается. Горячие продукты сгорания устремляются к открытому концу канала и истекают из него с большой скоростью во внешнюю среду. Так как газ обладает определенной массой, в районе клапана наступает разрежение. Клапан открывается, в канал поступает воздух, и новое воспламенение происходит автоматически, за счет остаточных очагов горения. Таким образом, цикл повторяется. Топливо подается непрерывно, запальник удаляется.

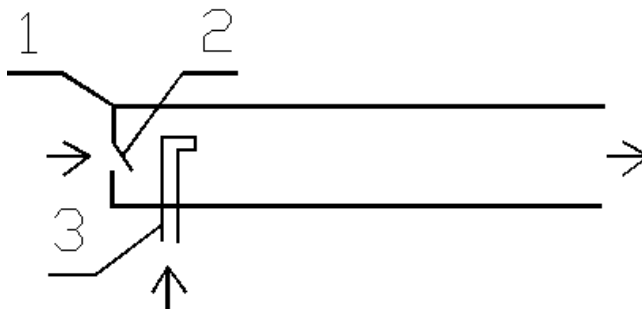


Рис. 1. Конструктивная схема процесса факельного пульсирующего горения

1 – резонансная труба, 2 – клапан, 3 – топливоподающее устройство

Акустическая интерпретация явления такова: скачок давления, образовавшийся при воспламенении топлива в конце канала, со скоростью звука перемещается к открытому концу, отражается от него с потерей полуволны и в виде скачка разрежения возвращается к левому концу, клапан в это время открывается. Скачок разрежения идет к правому концу, отражается от него и уже в виде скачка давле-

Северянин Виталий Степанович, д.т.н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Новосельцева Дина Владимировна, специалист по коммунальным расчетам абонентского отдела Коммунального производственного унитарного предприятия «Брестводоканал».

Беларусь, г. Брест, ул. Красногвардейская, 125.

ния возвращается к клапану. Происходит очередное воспламенение, цикл повторяется.

При максимальном давлении газа у левого конца скорость частиц газа там же равна нулю; при давлении, равном давлению в окружающей среде, скорость газа у правого конца максимальна. Такое протекание процессов представляет собой не что иное как стоячую волну, в которой имеются пучности и узлы давления и скорости.

При совпадении колебаний газа в канале с моментами воспламенения топлива или с ростом тепловыделения при меняющейся скорости горения пульсационный режим становится устойчивым [3].

Свойства пульсирующего горения следующие [3]:

- Интенсификация горения. В диффузионной области реагирования, основной для топочной техники, скорость горения зависит от условий обдувания частицы топлива. В пульсирующем потоке скорость обдувания несравненно выше, чем в стационарном.

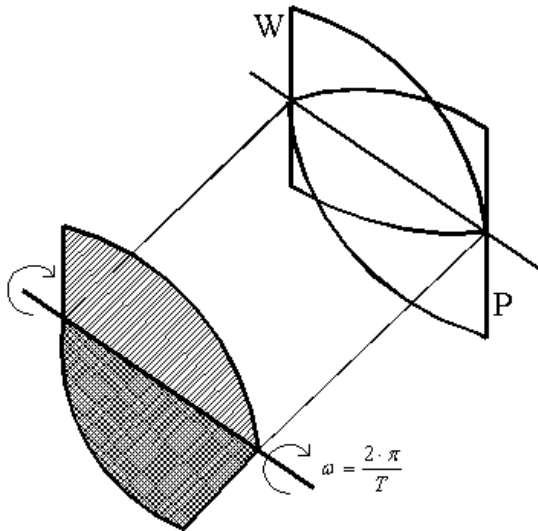


Рис. 2. Эпюры давления и скорости

- Интенсификация конвективного теплообмена.
- Наддув. Камера пульсирующего горения является как бы газовым насосом, что позволяет ей работать в режиме самостоятельного обеспечения воздухом для горения, удаления продуктов сгорания и даже для прокачки их через какую-либо аэродинамическую нагрузку.
- Снижение температуры факела. Так как часть энергии топлива идет на создание колебаний газового потока, то температура факела снижается на 5...10%, что облегчает работу материала топочной камеры.
- Уменьшение эксергетических потерь за счет использования энергии струи.
- Очищающее действие пульсаций на поверхности нагрева. Пульсирующий газовый поток воздействует на внешнюю поверхность теплообменных элементов двумя способами: как обычная струя и как акустическая волна. Разработан метод очистки энергетических котлов на базе этого явления, достаточно широко использующийся в данное время в энергетике.
- Уменьшение вредных выбросов. Нормальная работа камеры пульсирующего горения (КПГ) не допускает выделения сажи, копоти, газовые недожоги отсутствуют. Важно также отметить резкое снижение выхода оксидов азота.
- Удаление взвешенной фазы. Мелкие частицы, обгоняя в колебательном движении крупные, сталкиваются с ними и при наличии адгезии коагулируют. Процесс исследован при сжигании сланцевой пыли.

Важным параметром процесса пульсирующего горения является амплитудное значение давления газа, определяемое по формуле [4]:

$$P_a = \frac{0,25 \cdot Q_n^p \cdot \Phi B}{V_m \cdot \Phi}$$

где Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

B – расчетный расход топлива, кг/ч;

V_m – объем камеры пульсирующего горения, м³;

f – частота колебаний газа, Гц.

Отрицательным свойством факельного пульсирующего горения является излучение шума и распространение вибраций от работающих КПГ. Интенсивность звука возле КПГ может достигать 130 дБ, вибрации плоских элементов КПГ – до 0,5 мм. Однако частоты пульсаций составляют десятки Герц, и простыми мероприятиями можно снизить интенсивность звука до допустимых санитарными нормами значений.

Интенсивный тепломассообмен в устройствах пульсирующего горения позволяет вести высококачественное обезвреживание различных отходов. Возможный вариант установки для обезвреживания жидких отходов показан на рис. 3 [4].

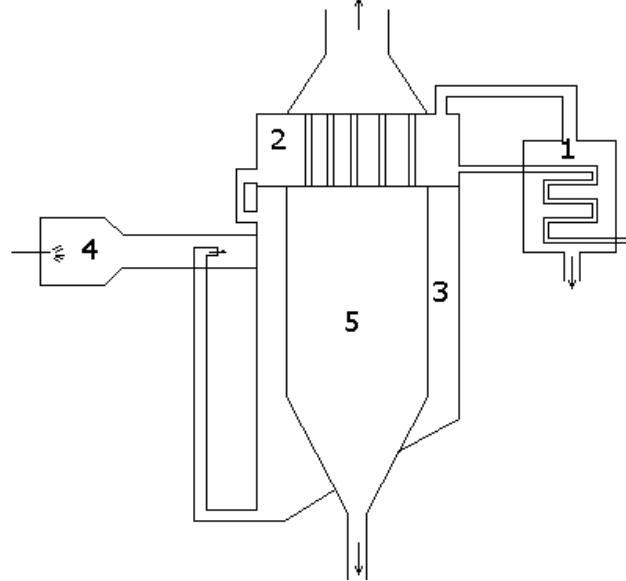


Рис. 3. Установка для обезвреживания жидких отходов

- 1 – подогреватель, 2 – испаритель, 3 – камера обезвоживания, 4 – камера пульсирующего горения, 5 – камера дожигания

В подогреватель подаются жидкие отходы, прошедшие предварительную механическую очистку. Далее отходы попадают в испаритель, пары возвращаются в подогреватель, конденсат удаляется. Сгущенные отходы сливаются в камеру обезвоживания, стекают вниз по спиральной поверхности, и далее подаются в камеру пульсирующего горения (КПГ). КПГ подсоединена тангенциально к камере дожигания, в которой происходит окончательное огневое обезвреживание отходов. Газообразные продукты проходят через испаритель и удаляются в атмосферу, твердые остатки скапливаются в камере дожигания и периодически удаляются через мигалку.

Некоторые технико-экономические показатели были получены при сжигании сточных вод лакокрасочного производства в камере пульсирующего горения. Сточные воды подавались из бака, расположенного над камерой пульсирующего горения по трубопроводу диаметром 20 мм без предварительного подогрева в резонансную трубу без насадки. Температура на выходе из резонансной трубы составляла 1400 К, температура на выходе из установки – около 700 К. За 46 с обрабатывалось 4 л стоков, на этот процесс затрачивалось 0,315 л дизельного топлива в камере пульсирующего горения. Удельный расход топлива составил 78 кг на 1 т стоков [4].

Заключение. Анализ огневой метода обезвреживания промышленных сточных вод позволяет сделать следующее заключение: необходимы высокоэффективные топочные устройства для обезвреживания сточных вод. Пульсирующее горение является высокоэффективным способом сжигания топлива. Испытаниями доказана возможность промышленного сжигания стоков при помощи устройств пульсирующего горения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Торочешников, Н.С. Техника защиты окружающей среды / Н.С. Торочешников, А.И. Родионов, Н.В. Кельцев, В.Н. Клушин – М.: Химия, 1981. – С. 236–246.
2. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков – Москва: Стройиздат, 1990. – С. 57–75.
3. Северянин, В.С. Исследование пульсирующего горения как способа интенсификации теплотехнических процессов: диссертация на соискание степени доктора технических наук по специальности "Промышленная теплоэнергетика". – Саратов, 1987. – С. 15–18.
4. Технологическое пульсационное горение / Под ред. В.А. Попова – Москва: Энергоатомиздат, 1993. – С. 292–293.

Материал поступил в редакцию 09.03.10

ZHYTSIANIOV B.N., SEVERYANIN V.S., NOVOSELTSEVA D.V. The fire method of desinfection of sewage

The analysis of the fire method of desinfection of industrial sewage has been made. The possibility of sewage burning in the mechanism of pulsation combustion has been researched.

УДК 504.43/45.711.4

Булак И.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТОЯНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕЧНОМ БАССЕЙНЕ

Введение. В связи с утверждением Советом Министров Республики Беларусь «Положения о порядке разработки, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны вод № 1286 от 09.10.2007 г.» в республике начались работы по составлению схем по основным бассейнам рек Беларуси. На первом этапе разработки схем предусматривается оценка и анализ основных характеристик современного состояния и использования водных ресурсов бассейна реки.

Информационной основой разработки схем являются сведения государственного водного кадастра (далее ГВК), данные мониторинга поверхностных вод и мониторинга подземных вод Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (далее НСМОС) [1].

В настоящее время государственный водный кадастр позволяет получать достаточно исчерпывающую первичную информацию о количестве и качестве водных ресурсов, сведения о местоположении водозаборов и выпусков сточных вод, разрешенном и фактическом заборе вод, использовании вод и отведении сточных вод, сооружениях очистки сточных вод, нормативах допустимых сбросов и фактических сбросах загрязняющих веществ в составе сточных вод [2].

В настоящее время НСМОС включает 11 организационно самостоятельных, но функционирующих и взаимодействующих на общих принципах видов мониторинга окружающей среды, обеспечивающих наблюдения, оценку и прогноз состояния всех компонентов окружающей среды и факторов воздействия на них [3].

К основным недостаткам ГВК и НСМОС относится почти полное отсутствие картографической интерпретации имеющейся информации, зачастую невозможность её обобщения в требуемом разрезе, а также отсутствие данных о диффузных источниках загрязнения природных вод.

Общепризнано, что состояние природных вод обусловлено в значительной мере поступлением загрязняющих веществ из неорганизованных источников загрязнения. В связи с этим ограничение первичной кадастровой информации только данными ежегодных статистических отчётов водопользователей не позволяет достоверно оценить влияние различных видов хозяйственной деятельности на водные ресурсы и не может способствовать обоснованности требований к водопользователям, загрязняющим водные объекты.

Для адекватной оценки и анализа современного состояния водных ресурсов в бассейне реки следует привлекать большие объёмы информации из различных источников.

Методика и основные результаты исследования. Обобщить и проанализировать значительные объёмы информации в условиях их географической, структурной и ведомственной разобщённости при составлении схем комплексного использования и охраны вод бассейна реки практически невозможно без привлечения современных подходов

по автоматизации данных процессов с использованием ГИС-технологий.

В мировой практике геоинформационные системы (ГИС) превратились в наиболее универсальное средство решения проблем планирования и оптимального управления природными ресурсами, обеспечивающими ввод, хранение, доступ, обработку, анализ и вывод информации о состоянии природной среды. Они позволяют организовать обработку и представление пространственной информации как в виде традиционного набора чисел и текстов, так и в форме электронных карт территорий и соответствующих баз данных. Поэтому все блоки информации должны содержать как описательную (атрибутивную) информацию (наименование, количественные характеристики, административную принадлежность и др.), так и пространственную информацию, характеризующую местоположение объекта на поверхности Земли.

Важнейшей проблемой при создании базы данных является организация ее обеспечения информацией в условиях разрозненности и ведомственности информации, отсутствия регламента ее получения и обобщения, неполной совместимости баз данных различных министерств, ведомств и организаций. В качестве системообразующей основы в современных условиях должны рассматриваться цифровые карты, на которых может быть отображена разнообразная информация, необходимая для принятия управленческих решений. Использование ГИС в территориальной организации водохозяйственного бассейна позволит стать средством эффективного представления всей необходимой информации и инструментом справочно-аналитического обслуживания [4].

В 2005 году в РУП «ЦНИИКИВР» была разработана геоинформационная система «Водные ресурсы Республики Беларусь, их охрана и использование». Для бассейнов крупнейших рек Беларуси на картографической основе масштаба 1:500000 были созданы слои, содержащие большой объем информации со слоями, включающими границы областей, административных районов, основных бассейнов рек, основные населенные пункты, реки с шириной более 3 м, озера с площадью зеркала более 0,1 км², схему размещения пунктов мониторинга НСМОС. Она явилась основой для дальнейшего развития работ по составлению схемы комплексного использования и охраны вод бассейна р. Неман.

На основе существующей ГИС «Водные ресурсы Республики Беларусь, их охрана и использование» с помощью программного средства ArcView GIS 3.2 автором были составлены цифровые карты, отображающие необходимую информацию по состоянию на 2008 год, касающуюся:

Булак Иван Александрович, аспирант РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов».

Беларусь, 220086, г. Минск, ул. Славинского 1, корп. 2.