

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СБРОСОВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ

*Рассмотрен метод по недопущению аварийных сбросов в системах очистки сточных вод, вызванных запроектными авариями, путем определения неоднородной оптической плотности водной среды в сточной трубе. Проанализирована автоматизированная система управления, которая в случае возникновения «сгустка» направляет загрязненную воду в отстойники, что предотвращает загрязнение окружающей среды.*

*The method of preventing accidental discharges in wastewater treatment systems caused by beyond design basis accidents is considered by determining the non-uniform optical density of the aquatic environment in the sewer. The automated control system has been analyzed, which in the event of a "clot" directs contaminated water to the septic tanks, which prevents environmental pollution.*

Россия нуждается в разработке и улучшении технологий, уменьшающих техногенное загрязнение окружающей среды. Большой вред экологии приносят сточные воды промышленных предприятий. Увеличивающиеся объемы сточных вод существенно осложняют экологическую обстановку. Главными загрязняющими поверхностные воды веществами являются нефтепродукты, фенолы, легко окисляемые органические вещества, соединения меди и цинка, аммонийный и нитратный азот.

Сточные воды есть сложная неоднородная система, загрязненная разнообразными веществами, которые представлены в ее составе в растворенном и нерастворенном виде, а также в коллоидном состоянии. Причинами их возникновения могут быть: отказы, разгерметизация технологического оборудования, аварии и разрушения хранилищ, аварии, возникающие при транспортировке нефти и газа, ошибками и т. д.

При примерно одинаковой плотности (плотность пресной воды равна 1000 кг/м<sup>3</sup>, нефти – 730–940 кг/м<sup>3</sup>, керосина – 800 кг/м<sup>3</sup>, машинного масла – 910 кг/м<sup>3</sup>, подсолнечного масла – 930 кг/м<sup>3</sup>) и равной вязкости проблема идентификации и выделения загрязнений известными методами достаточно сложна.

В ряде случаев загрязняющие вещества легче воды: масла, жиры, нефть, смолы и т.д. Они образуют аварийный сброс в виде «сгустка» однородной жидкости, у которого в определенном спектре оптическая плотность на ограниченном интервале времени отличается от оптической плотности контролируемой среды. Сгусток может состоять из разных сгустков или содержать включения различной оптической плотности. Также сгусток может состоять из нескольких составляющих неопределенной формы, разделенных небольшим количеством контролируемой среды.

Если аварийный сброс представляет собой сгусток, то устранить такое загрязнение можно. Для этого необходимо вовремя обнаружить участок загрязнения, отделить и направить сгусток в отстойник, либо на устройства грубой очистки.

Суть проблемы заключается в том, что, с одной стороны, существующие методы анализа неоднородных сред требуют применения сложной аппаратуры, что не всегда возможно в производственных условиях, с другой – для принятия решения необходима оперативность. Однако в большинстве применяемых точных методик требуется значительное время для проведения анализа. Поэтому возникает задача оперативного анализа неоднородных водных сред с целью дальнейшего принятия решений о проведении тех или иных защитных процедур. Указанная задача решается с помощью разработанной автоматической установки с применением оптических методов контроля свойств среды.

Действие оптических методов анализа неоднородных жидких сред основано на взаимосвязи параметров (интенсивность, диапазон длин волн) электромагнитного излучения с составом исследуемой жидкости. При прохождении излучения через жидкость его интенсивность ослабляется из-за поглощения, отражения и рассеяния в области ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных волн. В основе рассмотренных методов контроля лежит способность подавляющего большинства органических веществ различных классов поглощать длину волны света в области 250–280 нм. В этой области интенсивно поглощают ненасыщенные соединения и соединения ароматического ряда с различными группировками атомов, в том числе протеины, фенолы, гуминовые, лигносульфоновые кислоты и другие сложные соединения. Измеряя величину оптической плотности сточных вод при определенной длине волны и сопоставляя эту величину со значениями формируемых показателей, характерных для данного конкретного вида загрязнения, можно установить уровни оптической плотности, соответствующие наличию загрязнений в сточной воде и, таким образом, по величине этого показателя оперативно контролировать содержание загрязнений в сбрасываемых стоках.

Существование корреляционных связей между оптической плотностью и другими параметрами, характеризующими виды и уровень загрязнений, позволяет постоянно анализировать качественный состав сточных вод.

На рис. 1 представлена схема автоматизированной лабораторной установки для исследования изменений оптической плотности водных сред, позволяющей создавать различные варианты загрязнений. Схема содержит блок излучателей 2 (светодиоды, полупроводниковые лазеры), состоящий из  $n$  источников излучения с разной длиной волны излучения. Микроконтроллер 5 управляет коммутатором 7, который последовательно подключает излучатели к источнику питания 1. Излучение, проходя через исследуемую водную среду 8 при

заданной программной концентрации загрязняющего вещества, ослабевает за счет процессов рассеяния и поглощения и попадает на фотоприемник 3, где преобразуется в электрический сигнал. Полученный сигнал усиливается усилителем 4 и кодируется в аналого-цифровом преобразователе микроконтроллера 5, после чего поступает в персональный компьютер 6. Персональный компьютер считывает данные сигнала и записывает их в файл. Таким образом, при одной концентрации загрязнителя измеряется оптическая плотность водной среды одновременно на  $n$  длинах волн.

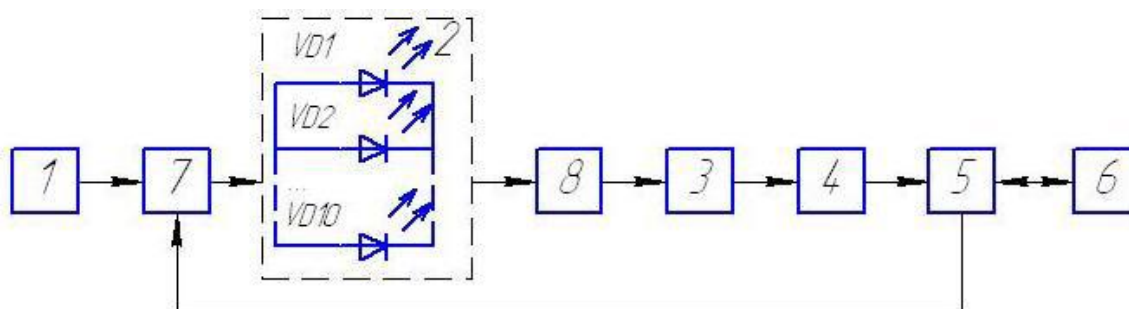


Рис. 1. Схема автоматизированной установки

В целях оперативного обнаружения и устранения выбросов, получения точных исходных данных предложена схема автоматизации устранения аварийных выбросов в реальном времени.

На рис. 2 представлена блок-схема автоматизации устранения аварийных выбросов.

- 1 – анализатор оптической плотности сточных вод
- 2 – клапан отвода
- 3 – фильтр очистки
- 4 – отстойник или устройства грубой очистки
- 5 – контроллер

При допустимом уровне загрязнения вода через клапан отвода 2 идет на фильтры очистки 3, а затем на последующую очистку. При выбросе анализатор жидкости 1 подает сигнал, соразмерный уровню загрязнения, поступающий на контроллер 5, в котором по соответствующей программе происходит сравнение уровня сигнала с предельно допустимым уровнем.

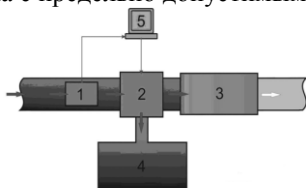


Рис. 2. Блок-схема автоматизации устранения аварийных выбросов

В случае достижения или превышения этого уровня выдается команда на переключение клапана водоотвода 2, и вода, имеющая повышенный уровень загрязнения, поступает в отстойник 4. Из отстойника загрязненная вода либо вновь поступает на устройства грубой очистки, либо утилизируется. Введя дополнительный анализатор жидкости, расположенный на заданном расстоянии от первого, можно определить скорость перемещения «сгустка» и время переключения клапана отвода. В соответствии с загрязнением оптического тракта допустимый уровень загрязнения автоматически корректируется.

На основе блок-схемы разработана функциональная схема установки, представленная на рис. 3.

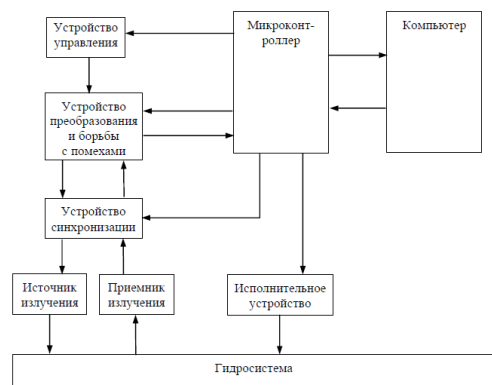


Рис. 3. Функциональная схема установки

Превышение значения показателя оптической плотности указывает на увеличение содержания примесей или на залповое поступление на станцию загрязняющих веществ. Если длительность сигнала о наличии

загрязнений превышает заданный уровень, можно с определенностью зафиксировать залповый выброс промышленных стоков. Таким образом, величина поглощения света в выделенной области спектра является объективным косвенным показателем суммарного содержания загрязнений в сбрасываемых сточных водах.

Функциональная схема электронной системы управления разработанной установки представлена на рис. 4. Рассмотрим её устройство и принцип действия.

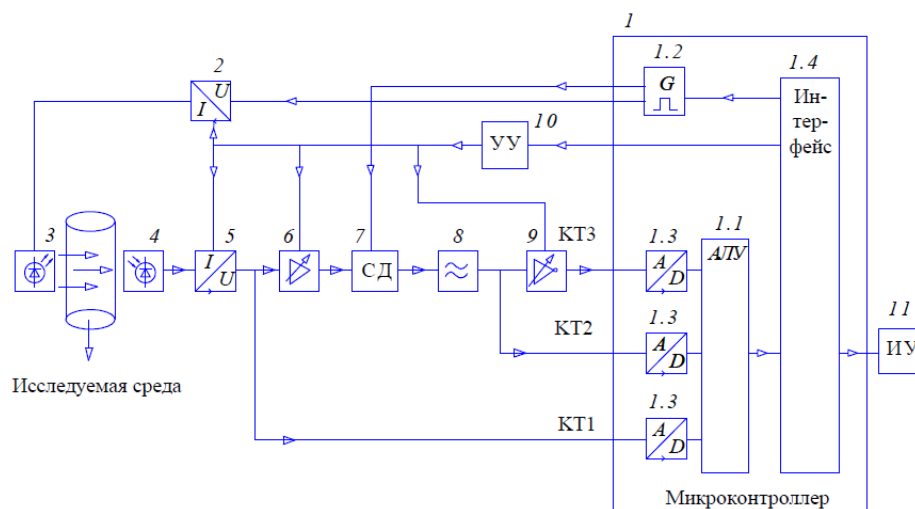


Рис. 4. Функциональная схема установки

С помощью микроконтроллера типа ATmega48 производится настройка портов 1.4 и устройства управления (УУ) 10, а также активизация формирователя тактовых сигналов 1.2, работающего на частоте 4 кГц. Импульсы с первого выхода формирователя служат для модуляции тока источника излучения 3, например, лазера, а со второго – для коммутации синхронного детектора (СД) 7.

Устройство управления 10 выполнено на микросхеме типа DS1844, содержащей четыре 64-ступенчатых потенциометра с возможностью цифрового управления. С первого регулятора напряжение поступает на один из входов генератора тока, управляемого напряжением 2, задавая тем самым выходной ток источника излучения 3. На другой вход генератора тока поступает тактовый сигнал, который модулирует выходной ток излучателя 3. В результате на излучателе формируются импульсы частотой 4 кГц и стабильным током.

Модулирующее излучение, пройдя через исследуемую водную среду, воздействует на фотоприемник 4, сигнал с которого поступает на преобразователь «ток – напряжение» 5, коэффициент преобразования которого изменяется вторым цифровым регулятором, входящим в устройство управления 10. С выхода преобразователя 5 напряжение поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 1.3 (контрольная точка КТ1), оцифрованный сигнал с которого служит для управления коэффициентом преобразования блока 5 через УУ 10. Процесс регулировки продолжается до тех пор, пока сигнал на выходе преобразователя 5 не достигнет номинального значения. Далее сигнал поступает на вход усилителя-делителя 6, где отсекается постоянная составляющая сигнала, а переменная составляющая усиливается. Коэффициент усиления регулируется третьим регулятором УУ 10. С выхода усилителя-делителя 6 переменный сигнал поступает на вход синхронного детектора 7. Если усиленные промодулированные импульсы совпадают по фазе с коммутирующими импульсами синхронного детектора 7, то на его выходе образуются импульсы положительной полярности. Далее, поступая на фильтр нижних частот (ФНЧ) 8, импульсный сигнал сглаживается. В результате на выходе фильтра 8 формируется положительный полезный сигнал, пропорциональный оптическим свойствам контролируемой среды. С выхода ФНЧ (КТ2) сигнал поступает на АЦП, оцифрованный сигнал с которого служит для управления через УУ 10 коэффициентом усиления блока 6. Процесс регулировки продолжается до тех пор, пока значение сигнала на выходе этого блока не достигнет номинального значения. Затем сигнал поступает на инвертирующий усилитель с компенсацией входного напряжения 9. Этот каскад служит для повышения чувствительности измерительного тракта установки.

Коэффициент усиления данного каскада равен двум. На этот каскад подается напряжение смещения с четвертого регулятора УУ 10. С выхода блока 9 сигнал поступает на АЦП (КТ3). Это основной рабочий сигнал, который после преобразования в цифровой код используется как для мониторинга исследуемой среды, так и для автоматической регулировки положения рабочей точки измерительного тракта, а также передается в персональный компьютер.

Таким образом, при настройке системы «на текущую среду» (рис. 3) происходит:

1. Настройка тока источника излучения 3 и преобразователя «ток – напряжение» 5 (от минимальной величины к максимальной).
2. Настройка усилителя-делителя 6 (от максимального значения к минимальному).
3. Настройка напряжения смещения к параметру «точка смещения (АРУ)» (от максимального к минимальному значению регулятора).

Проведенный анализ показал, что в отдельных случаях аварийные выбросы, протекающие в течение определенного интервала времени, представляют собой «сгусток» неоднородной жидкости в основной трубе. При подобной аварии изменяется оптическая плотность водной среды, которую можно контролировать косвенными методами. Данный метод контроля основан на определении изменения интенсивности потока световой энергии, прошедшего через дисперсную систему.

#### Литература

Алексеев В. А., Ардашев С. А., Козаченко Е. М., Юран С. И. Система управления автоматической установкой контроля оптической плотности сточных вод // Вестник Ижевского Государственного технического университета. – 2010. – № 4 – С. 101-105.

Алексеев В. А., Козаченко Е. М., Стерхова М. А. Установка автоматического предупреждения аварийных выбросов в системах фильтрации сточных вод // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11(27). – № 1(6). – С. 1329-1332.

Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Автоматизированное управление аварийными сбросами в системах очистки сточных вод // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – № 1 (25) – С. 133-139.

Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Автоматизация устранения аварийных сбросов в системах очистки сточных вод // Интеллектуальные системы в производстве. – 2017. – № 2 – С. 126-130.

Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Обобщенная вероятностная математическая модель поступления сточных вод на очистные сооружения при залповых сбросах // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 1 (23) – С. 108-113.

Алексеев В. А., Хедр А., Козаченко Е. М. Снижение влияния аварийных выбросов в системах фильтрации сточных вод // Интеллектуальные системы в производстве. – 2008. – № 2. – С. 137-144.

Пат. № 153362 РФ на полезную модель. МПК G01N15/06. Устройство устранения аварийного выброса / Алексеев В. А., Девятов Н. А., Юран С. И., Усольцев В. П. – Заявка на полезную модель 2014141487, Дата подачи заявки: 14.10.2014. Оpubл.: 20.07.2015 Бюл. № 20.