

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 504.064.36

*В. А. Алексеев*, доктор технических наук, профессор  
*В. П. Усольцев*, кандидат технических наук  
*С. И. Юран*, доктор технических наук, профессор  
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

### АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТРАНЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СБРОСОВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Рассматривается один из подходов к организации в системах сточных вод промышленных предприятий процесса устранения загрязняющих веществ, вызванных запроектными авариями. Рассматриваются случаи, когда аварийный сброс представляет сгусток однородной жидкости, образованный в сточных водах при аварии на каком-либо элементе производственного процесса (оборудование, емкости, трубопроводы с веществами, не попадающими в сточные воды при нормальном техпроцессе производства).*

*Предлагается обнаруженные сгустки аварийных сбросов направлять в отстойники. Для контроля аварийных сбросов предложено использовать оптические методы обнаружения сгустков с измерением изменений оптической плотности жидкости в сточной трубе.*

*Рассмотрена схема автоматизированной лабораторной установки для исследования изменений оптической плотности водных сред, позволяющей создавать различные варианты загрязнений. В отличие от ранее используемой установки схема содержит блок излучателей (светодиоды, полупроводниковые лазеры), состоящий из нескольких источников излучения с разной длиной волны излучения. Это позволяет при одной концентрации загрязняющего вещества измерять оптическую плотность водной среды одновременно на нескольких длинах волн, что ускоряет процедуру проведения опытов и повышает удобство их проведения.*

*Рассмотрена также схема автоматизированной системы для устранения аварийных сбросов на очистных сооружениях. Использование данной системы снижает вероятность поступления загрязнений в виде сгустков от различных аварий на очистительные фильтры, находящиеся в основном канале движения водной среды, что увеличивает срок службы фильтров очистки.*

**Ключевые слова:** аварийный сброс, оптическая плотность, автоматизированная система.

Существенный вклад в загрязнение воды вносят сточные воды промышленных предприятий. Постоянно возрастающие объемы сточных вод, увеличивающееся количество видов и степени загрязнений существенно осложняют решение вопросов минимизации экологических рисков и управления экологической обстановкой в стране.

Сточные воды представляют сложную неоднородную систему, загрязненную разнообразными веществами, которые представлены в ее составе в растворенном и нерастворенном виде, а также в коллоидном состоянии.

Проведенные исследования показали, что в ряде случаев загрязняющие вещества, более легкие, чем вода: жиры, масла, нефть, смолы и другие 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 [1, 2]. 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.

Такие сгустки возникают в аварийной ситуации, вызванной отказами, разгерметизацией технологического оборудования, авариями и разрушением хранилищ, авариями, возникающими при транспортировке нефти и газа, ошибками и техническими неполадками в процессе бурения и эксплуатации скважин, безнаказанностью и безответственностью действий некоторых руководителей, появлением не-

санкционированных свалок и т. д. Это приводит к попаданию загрязняющих веществ в систему, как правило, не предназначенную для очистки воды от таких веществ. При наличии в системе фильтров последние могут выйти из строя или не полностью отфильтровать загрязняющие вещества, что приведет к проникновению их в окружающую среду (водоем).

Поэтому вопросы очистки, обезвреживания и утилизации сточных вод являются неотъемлемой частью проблемы охраны природы, оздоровления окружающей среды и обеспечения санитарного благоустройства городов и др. населенных мест.

Если аварийный сброс представляет собой сгусток, то устранить такое загрязнение можно, если отделить и направить сгусток в отстойник, либо на утилизацию грубой очистки.

Широкое распространение получили оптические методы анализа неоднородных жидких сред. Действие их 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 (абсорбции), отражения и рассеяния в области ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных волн. В основе рассмотренных методов контроля лежит способность подавляющего большинства органических веществ различных классов поглощать свет 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, лигносульфонные кислоты и другие сложные соединения [3].

Анализ спектральных характеристик основных загрязнителей показывает, что, измеряя величину оптической плотности сточных вод при определенной длине волны и сопоставляя эту величину со значениями нормируемых 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 [4].

Существование корреляционных связей между оптической плотностью и другими параметрами, характеризующими виды и уровень загрязнений, позволяет постоянно анализировать качественный состав сточных вод. Для больших станций очистки предлагаемый метод достаточно перспективен; в этом случае оптическая плотность будет пропорционально связана с видом и содержанием загрязнений, на основе чего можно сформировать базу данных кривых измерения оптической плотности неоднородных жидких сред [5].

На рис. 1 представлена схема разработанной 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.

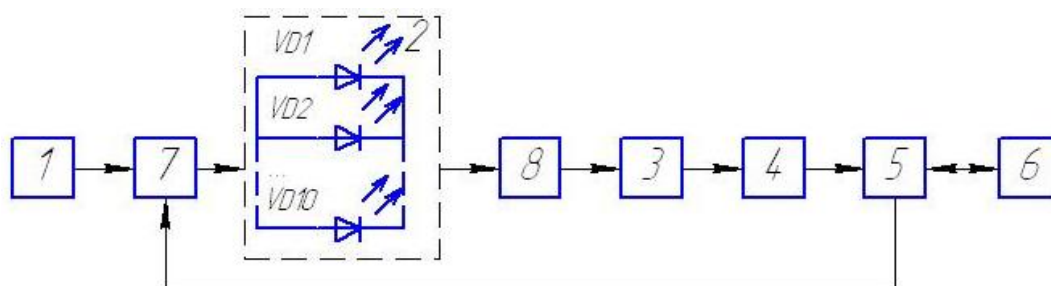


Рис. 1. Схема автоматизированной установки

Разработанная автоматизированная лабораторная установка позволяет автоматизировать смену режимов работы установки по изменению концентрации примесей в воде, а использование блока излучателей ускоряет процедуру проведения опытов и повышает удобство их проведения.

Для примера на рис. 2 приведен график изменения оптической плотности при протекании загрязнений в виде смеси подсолнечного масла с водой с содержанием подсолнечного масла 60 %.

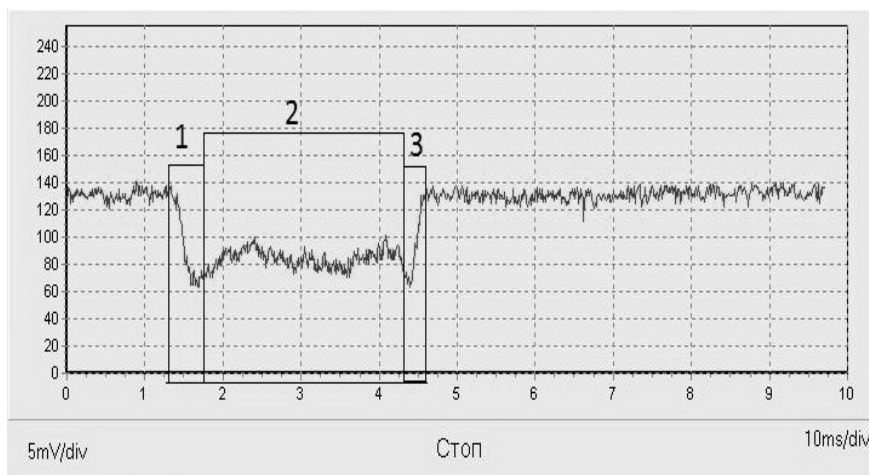


Рис. 2. График изменения оптической плотности при протекании загрязнений в виде смеси подсолнечного масла с водой с содержанием подсолнечного масла 60 %

Область, обозначенная на рис. 2 цифрой 1, соответствует моменту начала прохождения загрязнения из смеси воды и масла через оптический тракт и связанному с этим изменением коэффициентов пропускания и отражения среды. Неровности и неоднородности переднего фронта протекания смеси вызвали повышение оптической плотности, соответственно, снижение уровня сигнала. Область 2 на рисунке соответствует прохождению смеси через оптический тракт. Область 3 соответствует моменту окончания прохождения смеси из воды и масла через оптический тракт и замещению ее водой.

На основе проведенных экспериментов на описанной автоматизированной лабораторной установке по исследованию влияния различных загрязняющих веществ на изменение оптической плотности водной среды разработана схема автоматизированной системы для устранения аварийных сбросов на очистных сооружениях (рис. 3).

Схема содержит [6] контролируемую среду 1, канал 2 движения контролируемой среды, например, трубопровод, первый оптоэлектронный датчик 3, установленный в канале 2, и состоящий как минимум из одного источника и одного приемника излучения, блок обработки и управления 4, например, на базе микроконтроллера, связанный с первым оптоэлектронным датчиком 3, отвод (ответвление) 5 от канала 2, расположенный после места установки первого оптоэлектронного датчика 3, элементы 6, 7 блокировки движения контролируемой среды, например, задвижки, установленные в канале 2 и отводе 5 соответственно, причем элемент 6 расположен после места расположения отвода, а управляющие входы

элементов 6 и 7 соединены с первым и вторым выходами блока обработки и управления 4, фильтр очистки 8, установленный на выходе канала движения контролируемой среды, на выходе отвода 5 после элемента блокировки 7 установлены второй оптоэлектронный датчик 9, соединенный со вторым входом блока обработки и управления 4, и блок 10 утилизации загрязненной контролируемой среды.

Перед отводом 5 установлены дополнительные отводы 11, каждый из которых снабжен оптоэлектронным датчиком 12, связанным с блоком обработки и управления 4. Каждый дополнительный отвод 11 снабжен элементом блокировки контролируемой среды 13, соединенным с блоком обработки и управления, и дополнительным фильтром очистки 14.

В блоке обработки и управления 4 установлены значения эталонной оптической плотности контролируемой среды и допустимые отклонения от нее. Эти отклонения контролирует первый оптоэлектронный датчик 3. Кроме этого, в блоке 4 хранятся значения оптических плотностей компонентов среды возможных для данного объекта контроля загрязнителей. Значения этих оптических плотностей и возможные отклонения от них контролируют оптоэлектронные датчики 12.

Выбор эталонного значения оптической плотности каждого компонента возможного аварийного выброса с последующим его запоминанием в блоке 4 производится на основе спектрального анализа данного компонента и определения той длины волны оптического излучения, на которой оптическая плотность исследуемого компонента максимальна.

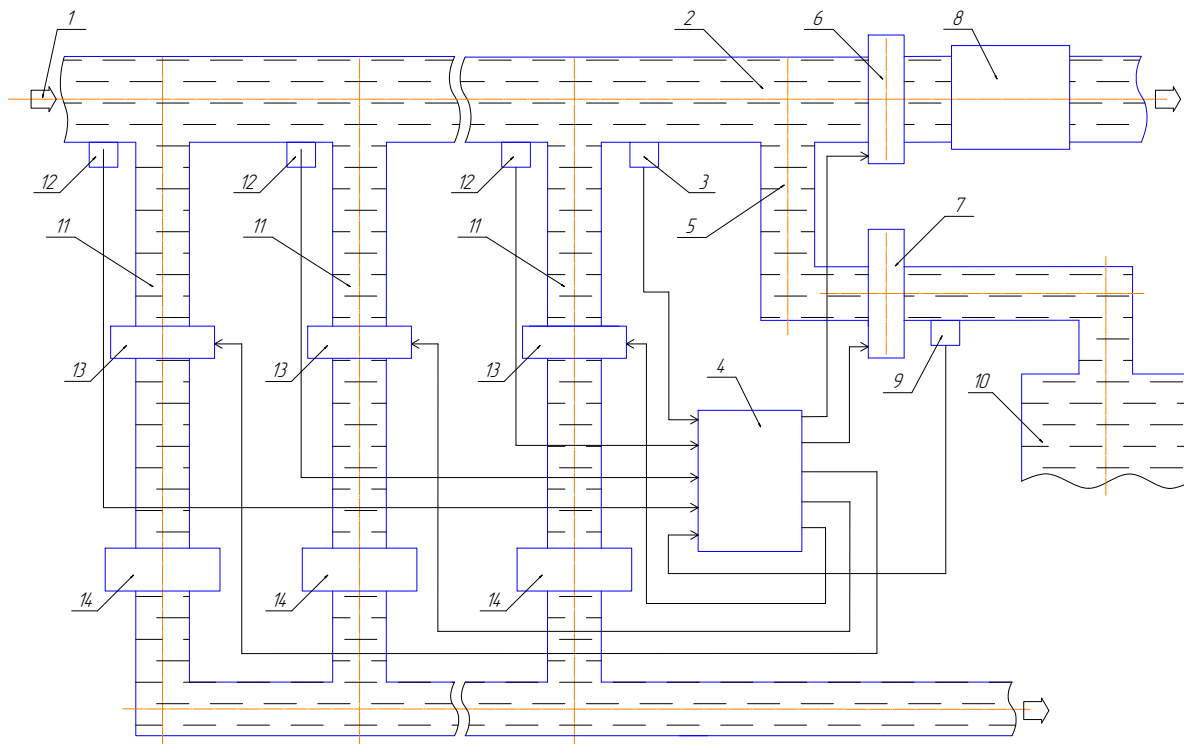


Рис. 3. Схема автоматизированной системы для устранения аварийных сбросов

Система работает следующим образом. В процессе мониторинга в блоке 4 производится непрерывное сравнение текущей оптической плотности среды, полученной в результате обработки сигналов, поступающих с первого оптоэлектронного датчика 3 и оптоэлектронных датчиков 12, с эталонной оптической плотностью контролируемой среды.

В нормальном состоянии, когда оптическая плотность среды не превышает допустимого порогового значения, задвижка 6 открыта, а задвижка 7 закрыта. При этом контролируемая среда, например вода, проходя через фильтр очистки 8, поступает в окружающую среду (водоем).

В случае выхода величины текущей оптической плотности за допустимые пороги, что может произойти при аварийном сбросе на объекте контроля (предприятии), с блока обработки и управления 4 поступают управляющие сигналы на те элементы блокировки контролируемой среды 13, в отводах которых установлены дополнительные фильтры 14, предназначенные для фильтрации соответствующих компонентов, содержащихся в продуктах аварийного сброса. При открытии соответствующих элементов 13 компоненты аварийного сброса фильтруются дополнительными фильтрами 14, установленными в этих отводах, после чего очищенная вода поступает в окружающую среду (открытый водоем). Возможные остатки аварийного сброса контролируются первым оптоэлектронным датчиком 3.

В случае выхода величины текущей оптической плотности за допустимый порог, с блока обработки и управления 4 подаются управляющие сигналы на закрытие задвижки 6 (первый выход блока 4) и открытие задвижки 7 (второй выход блока 4). В результате остатки загрязняющего вещества вместе с контролируемой средой поступают через отвод 5 в блок утилизации 10 для дальнейшей утилизации и не проходят в систему очистки (фильтр очистки 8) и далее в окружающую среду.

При восстановлении через определенный интервал времени эталонного значения текущей оптической плотности контролируемой среды (окончание аварийного сброса) задвижки возвращаются в нормальное положение (задвижка 6 открыта, задвижка 7 закрыта).

Для повышения достоверности определения момента окончания поступления загрязняющих веществ от аварийного сброса в блок утилизации 10 и недопустимости их проникновения в окружающую среду используется второй оптоэлектронный датчик 9, аналогичный первому датчику 3, сигнал с которого пропорциональный оптической плотности контролируемой среды в отводе 5 после места расположения заслонки 7 поступает на второй вход блока

обработки и управления 4, который выдает управляющий сигнал на открытие заслонки 6 только в том случае, если оптическая плотность контролируемой среды после прохождения заслонки 7 восстановит свое эталонное значение.

Таким образом, использование описанной системы снижает вероятность поступления различных загрязнений в виде сгустков от различных аварий на очистительные фильтры, находящиеся в основном канале движения водной среды, что увеличивает срок службы фильтров очистки.

Кроме этого, достигается снижение хранимого объема жидкости, содержащего продукты аварийного сброса, и возможности использования части отфильтрованной воды, подающейся в водоем, и, как следствие, уменьшение объема блока утилизации. В результате снижаются затраты на дальнейшую утилизацию продуктов аварийного сброса, связанные, например, с их транспортировкой к месту переработки и утилизации остатков аварийного сброса.

#### Библиографические ссылки

1. 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.
2. Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Разработка теоретических и методических основ управления аварийными сбросами в технологическом процессе очистки сточных вод в контексте социо-эколого-экономической системы крупного предприятия // Приборостроение-2014 : материалы 7-й Международной научно-технической конференции (19–21 ноября 2014 года Минск, Республика Беларусь). – Минск : Бел. нац. техн. ун-т, 2014. – С. 20–22.
3. Казыцына Л. А., Куплетская Н. Б. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектропии в органической химии. – М. : МГУ, 1979. – 240 с.
4. Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Идентификация аварийных выбросов в системах фильтрации сточных вод в явно выраженных условиях многомерности и неопределенности // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 2 (22). – С. 173–177.
5. Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Методика формирования базы данных кривых изменения оптической плотности неоднородных жидких сред // Приборостроение в XXI веке – 2013. Интеграция науки, образования и производства : сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (Ижевск, 13–15 ноября 2013 г.). – Ижевск : Издательство ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2014. – С. 354–357.
6. 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. Опубл.: 20.07.2015 Бюл. № 20.

\*\*\*

V. A. Alekseev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU  
V. P. Usoltsev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU  
S. I. Yuran, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

*The paper considers one of the approaches to the organization of systems of sewage at industrial enterprises in the process of removing contaminants caused by beyond design basis accidents. The cases are discussed when an emergency discharge is a clot of a homogeneous fluid, formed in the wastewater during an accident on any part of the production process (equipment, capacity, piping with substances that do not fall into the wastewater in the normal process of production).*

*It is proposed to direct the discovered clots of accidental discharges to sumps. In order to control the emergency dumping discharges it is suggested to use optical methods for detection of clots by measuring changes in the optical density of the fluid in the sewage pipe.*

*The diagram of the automated laboratory installation for investigating the changes of the optical density of water environments allowing to create different options of pollution is considered. Unlike the earlier used installation, the diagram contains the unit of radiators (LEDs, junction lasers) consisting of several sources of radiation with different wavelength of radiation. It allows to measure the optical density of water environment in case of one concentration of the pollutant simultaneously on several lengths of waves that accelerates the procedure of carrying out the experiments and increases their convenience.*

*Also the diagram of automated system for elimination of abnormal discharges on treatment facilities is considered. Application of this system reduces the probability of arrival of pollution in the form of clots from different accidents on cleaning filters, which are in the main channel of movement of water environment that increases the service life of cleaning filters.*

**Keywords:** emergency discharge, optical density, automated system

Получено: 23.05.17