

DOI 10.15593/2409-5125/2018.03.10

УДК 504.064

В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Д.Н. Шульмин

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЛПОВОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Рассмотрены оптические методы определения залпового загрязнения сточных вод с использованием автоматизированной системы. Показаны основные тенденции развития технологии и аппаратуры оптоэлектронного контроля загрязнений сточных вод промышленных предприятий. Описан разработанный алгоритм работы автоматизированной системы определения залпового загрязнения воды оптическими методами. Алгоритм отражает четыре основных этапа работы системы. На первом этапе происходит настройка системы, на втором этапе определяется время срабатывания системы при аварийной ситуации, на третьем этапе система переходит на аварийный режим работы и на четвертом этапе происходит восстановление работы системы на рабочий режим через расчетное время стабилизации системы. Рассмотрены временные диаграммы, поясняющие алгоритм функционирования системы по обнаружению начала и конца аварии. Приведены примеры апробирования разработанного алгоритма на тестовых задачах при проведении лабораторных экспериментов. Разработана структурная схема автоматизированной системы определения залпового загрязнения воды оптическими методами и описана ее работа. Система содержит лазер, отражающую оптику, фотоприемник, блок обработки сигналов, микроконтроллер с программным обеспечением, устройство управления заслонками на трубопроводах. Приведено изображение окна, формируемое программой системы, позволяющее в режиме настройки устанавливать необходимые параметры излучения лазера, чувствительность и уровни срабатывания системы, время задержки срабатывания и др. Реализация предложенной автоматизированной системы позволяет повысить достоверность и объективность анализа сбросов сточных вод, что имеет особое значение в пределах урбанизированных территорий.

Ключевые слова: аварийный сброс, автоматизированная система, степень загрязнения, изменение оптической плотности, сточные воды.

Урбанизация территорий, рост промышленных объектов сопровождается рядом негативных явлений, приводящих в крупных промышленных городах к необратимым разрушениям биосферы. Развитие городской экосистемы, ее территории и компонентов, их взаимосвязей и зависимостей определяют устойчивость экосистемы, так или иначе реагируя на изменения, которые

Автоматизированная система определения залпового загрязнения воды оптическими методами / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Д.Н. Шульмин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 3. – С. 119–132. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.03.10

Alekseev V., Usoltsev V., Yuran S., Shulmin D. An automated system of volley water pollution control by optical methods. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 3. Pp. 119-132. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.03.10

определяются интенсивностью техногенного воздействия на городскую среду, способную выполнять социально-экономические функции. Ввиду сложившихся особенностей размещения жилых застроек и промышленных комплексов город отличается территориальной неоднородностью качественного состояния и уровня нагрузки на окружающую среду [1–3].

Содержащиеся в природных ресурсах, воде, атмосферном воздухе, почве загрязняющие химические вещества нарушают сложившееся экологическое равновесие в природе. Эти вещества способны вызвать геофизические и геохимические изменения, возможное изменение климата, загрязнение природных вод, Мирового океана, нарушение озонового слоя [4].

Регулирование качества природной среды основано на определении экологически допустимого воздействия на нее, когда самоочищение природы еще способно работать. Определенными нормами такого щадящего воздействия являются установленные предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ, не вызывающие нежелательных последствий в природной среде. Многокомпонентность объектов окружающей среды определяет большие сложности в качественном обнаружении и количественном определении загрязняющих веществ. Ключевая роль в этом принадлежит химическим, физическим и физико-химическим методам. В связи с чрезвычайно большим количеством выполняемых анализов все большее значение приобретают автоматические и дистанционные методы анализа. Примером является анализ качества природных и сточных вод оптическими методами [5–8].

Постоянно возрастающие объемы сточных вод, увеличивающееся количество видов и степени загрязнений существенно осложняют решение вопросов минимизации экологических рисков и управления экологической обстановкой в крупных городах. Если промышленные предприятия расположены в черте населенного пункта или поблизости от него, то источником их водоснабжения служит городской водопровод, при этом сточные воды предприятия направляются в городскую канализацию. Вопросы совершенствования структуры системы управления сточными водами, ее функционирование в городской среде в условиях наличия крупных предприятий, очистка и повторное использование сточных вод в производственном процессе требуют дальнейшего изучения и обобщения [9, 10].

Проведенные исследования показали, что в ряде случаев аварийный сброс в сточные воды представляет собой «сгусток» неоднородной жидкости, содержащей загрязняющие вещества, 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 [11, 12].

Наиболее вероятные причины аварийных сбросов на промышленных предприятиях (нефтедобыча, химическое производство, сельскохозяйственная переработка и др.):

- попадание нефти в водоемы,
- попадание в водоемы сточных вод промышленных предприятий,
- попадание в воду отходов сельскохозяйственных предприятий,
- отказ оборудования с наступлением аварии,
- внешний сброс загрязнений, например, теракт.

Широкое распространение получили оптические методы анализа неоднородных жидких сред, в том числе сточных вод, основанные на измерении пропускания, поглощения или рассеяния света анализируемыми веществами в области ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных волн. Данные методы различаются в зависимости от характера взаимодействия анализируемого вещества со световой энергией, способа ее измерения и спектральных характеристик используемой оптоэлектронной измерительной аппаратуры.

Целью работы является разработка автоматизированной системы определения залпового загрязнения воды оптическими методами, позволяющей повысить уровень экологической безопасности водной среды за счет внедрения оригинальной эффективной технологии экспресс-анализа сточных вод и промышленных стоков на наличие следов нефтепродуктов и углеводородных загрязнений с обеспечением автоматизации процессов контроля и дистанционной обработкой данных, возможности встраивания ее в реальные системы канализации.

Алгоритм работы автоматизированной системы определения залпового загрязнения воды оптическими методами можно представить следующим образом (рис. 1) [13].

На *первом* этапе эксплуатации системы в блоке управления устанавливается режим для нормальных условий работы, и настраиваются допустимые отклонения от заданных значений. На *втором* этапе «Аварийная задержка» задается время срабатывания системы при возникновении аварийной ситуации. На *третьем* этапе при заданном количестве измерений, если авария не происходит, система продолжает работать без изменений (рабочий режим). При превышении заданного уровня загрязнений (система реагирует на резкие сбросы) происходит переход системы на аварий-

ный режим работы. На *четвертом* этапе «Сброс после аварии» задается расчетное время, по истечении которого система автоматически переключается в рабочий режим, после чего происходит новый цикл функционирования системы (возвращение на первый этап).

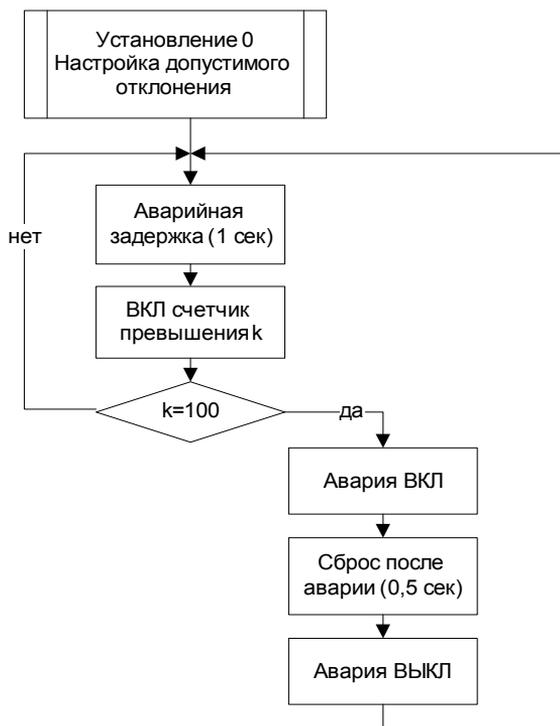


Рис. 1. Алгоритм функционирования автоматизированной системы

Разработанный алгоритм функционирования автоматизированной системы апробирован на тестовых задачах при проведении лабораторных экспериментов. На рис. 2 приведен пример изменения оптической плотности водной среды при появлении моделируемой аварийной ситуации.

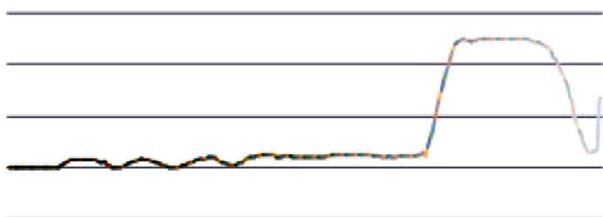


Рис. 2. График изменения оптической плотности водной среды при возникновении аварийной ситуации

На основе описанного алгоритма разработана схема автоматизированной системы определения залпового загрязнения воды оптическими методами (рис. 3) [14].

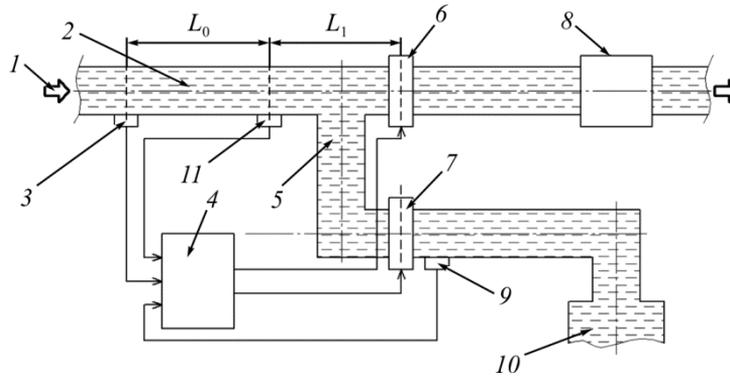


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы определения залпового загрязнения воды

Автоматизированная система определения залпового загрязнения воды содержит лазер, отражающую оптику, фотоприемник, блок обработки, микроконтроллер с программным обеспечением, устройство управления заслонками на трубопроводах.

Контролируемая водная среда *1* перемещается по трубопроводу *2*, в котором установлены оптоэлектронные датчики *3* и *11* (основной – I канал). Для контроля изменений оптической плотности водной среды в автоматизированной системе используется турбидиметрический метод анализа мутных сред, основанный на измерении изменения интенсивности потока световой энергии, прошедшего через дисперсную систему [15].

В трубопроводе выполнен отвод-ответвление *5* (дополнительный – II канал), а также установлены задвижки *6*, *7* для блокировки движения контролируемой жидкости, фильтр очистки *8*, третий оптоэлектронный датчик *9* и резервуар *10* для утилизации загрязненной жидкости (отстойник). Управляет работой установки блок обработки и управления *4*, выполненный на базе микроконтроллера. В нем установлены значения эталонной оптической плотности контролируемой жидкости и допустимые отклонения от нее. Кроме этого, в блок *4* вносится информация о расстоянии L_0 между датчиками *3* и *11*. Через L_1 обозначено расстояние от датчика *11* до заслонки *6*. Оно выбирается, исходя из максимальной скорости движения жидкости и времени переключения задвижек. По времени прохождения t_c контролируемой жидкости между датчиками *3* и *11*, располо-

женными на фиксированном и заданном расстоянии L_0 друг от друга, в блоке 4 вычисляется скорость $V_c = L_0/t_c$ движения жидкости.

Временные диаграммы, поясняющие алгоритм функционирования системы по обнаружению начала и конца аварии, можно представить следующим образом (рис. 4 и 5). На указанных временных диаграммах информация о датчиках, обозначенных как I, II и III, соответствует датчикам 3, 11 и 9 на структурной схеме (см. рис. 3).

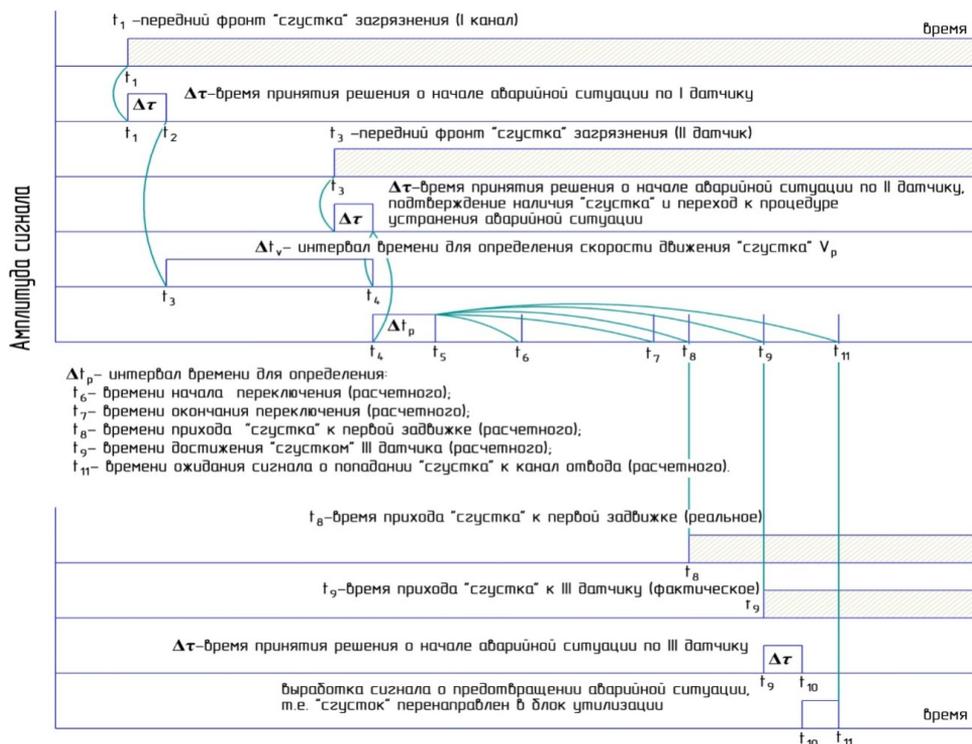


Рис. 4. Временные диаграммы работы автоматизированной системы по обнаружению начала аварии

В процессе мониторинга в блоке 4 производится непрерывное сравнение текущей оптической плотности среды, полученной в результате обработки сигналов, поступающих от оптоэлектронных датчиков 3 и 11, и эталонной оптической плотности контролируемой жидкости. В нормальном состоянии, когда оптическая плотность среды не превышает допустимого порогового значения, задвижка 6 открыта, а задвижка 7 закрыта. При этом вода, проходя через фильтр очистки 8, поступает в водоем.

В случае выхода величины текущей оптической плотности за допустимый порог, что может произойти при аварийном сбросе на объекте кон-

троля (предприятию), с блока 4 через рассчитанное с его помощью время подаются управляющие сигналы на закрытие задвижки 6 и открытие задвижки 7. Как было указано выше, своевременная подача управляющих сигналов при различных напорах в канале перемещения контролируемой среды обеспечивается введением датчика 11.

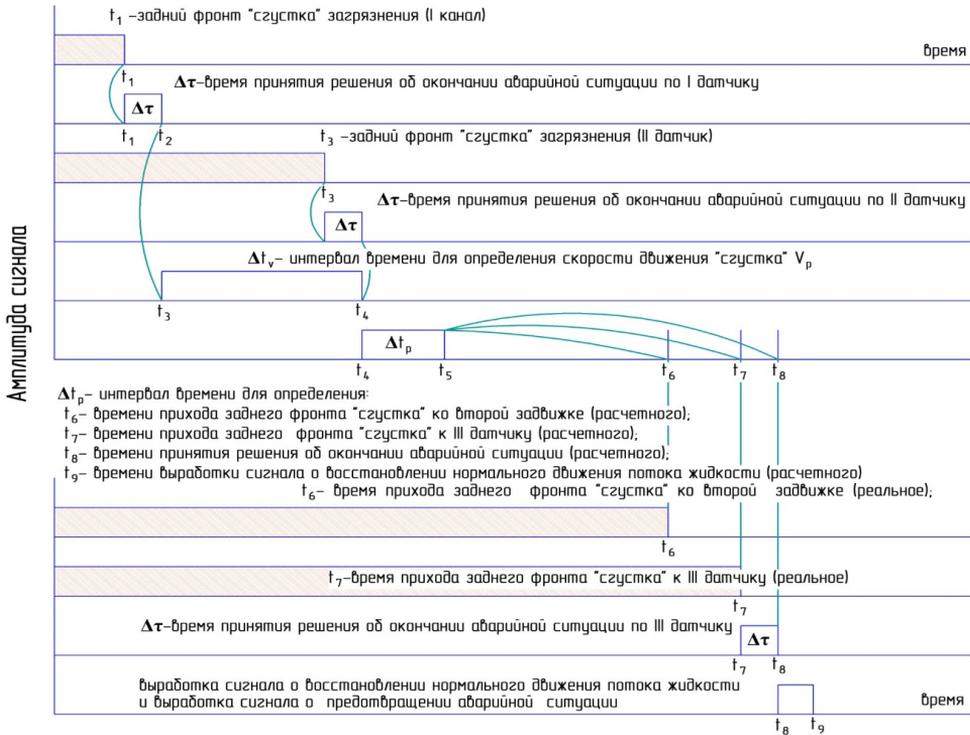


Рис. 5. Временные диаграммы работы автоматизированной системы по обнаружению конца аварии

В результате загрязняющее вещество вместе с контролируемой средой поступает через отвод 5 в резервуар 10 для дальнейшей утилизации и не проходит к фильтру очистки 8 и далее в окружающую среду. Открытие заслонки 7 по времени, рассчитанном в блоке 4, позволяет снизить количество «лишней» незагрязненной жидкости, попадающей в отстойник 10.

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 отстойник 10 и недопустимости их проникновения в окру-

жающую среду используется оптоэлектронный датчик 9, аналогичный датчикам 3 и 11. Сигнал с датчика 9, пропорциональный оптической плотности контролируемой среды в отводе 5, поступает в блок обработки и управления, 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.

Действующий макет автоматизированной системы реализован на базе микроконтроллера с использованием полупроводникового лазера. Окно, формируемое программой системы, позволяющее в режиме настройки устанавливать необходимые параметры излучения лазера, чувствительность и уровни срабатывания системы, время задержки срабатывания и др., показано на рис. 6.

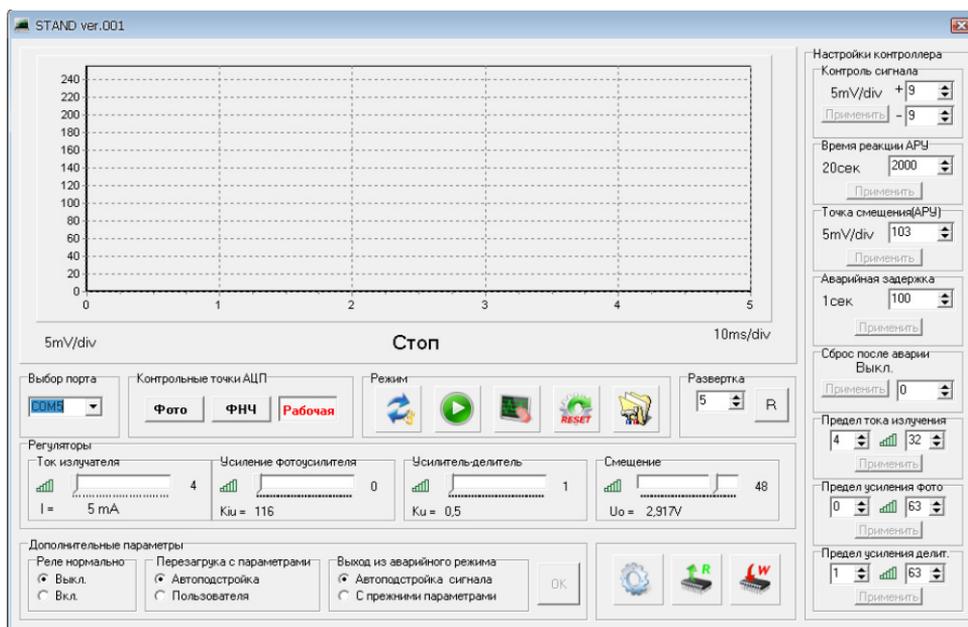


Рис. 6. Окно настроек автоматизированной системы

Для настройки системы «на текущую среду» служат следующие органы управления.

Настройка тока источника излучения (излучателя), коэффициентов усиления усилителей и блока автоматической регулировки усиления (АРУ).

Частота дискретизации АЦП выбрана равной 100 Гц. При этом к интервалу времени 10 мс, равному расстоянию между выборками, привязаны основные действия в системе. При включении система через 100 выборок сигнала (1 с) вычисляет минимальный и максимальный уровень контролируемого сигнала.

Режим контроля (мониторинга) привязан к параметру «Аварийная задержка», который указывает, сколько аварийных выборок сигнала должно пройти, чтобы наступил аварийный момент и микроконтроллер сформировал управляющий сигнал на исполнительное устройство (ИУ). Если сигнал не выходит за пределы уровней контроля, счетчик аварийных выборок обнуляется; если же за время поступления аварийных выборок текущее значение счетчика превысит заданную емкость, включается аварийный режим. Это позволяет избавиться от импульсных и высокочастотных помех. Так, например, при значении аварийной задержки 100 выборок система будет реагировать на сигнал частотой менее 1 Гц и отсеивать более высокочастотные помехи.

В системе предусмотрен и ручной режим настроек.

В правой части окна расположена панель «Настройки контроллера». Она содержит:

1. «Контроль сигнала» (+) и (–) – допустимое отклонение сигнала, при котором еще не наступает аварийный режим.

2. «Время реакции АРУ» – время между циклами автоподстройки к сигналу. Введение этой опции связано с тем, что оптоэлектронный датчик в процессе эксплуатации может постепенно загрязняться, поэтому контроллер автоматически подстраивается под оптическую плотность текущей среды. Значение этого параметра выбирается намного большим, чем параметра «Аварийная задержка».

3. «Точка смещения (АРУ)» – рабочая точка, которую нужно поддерживать для устойчивой работы. Чем ниже рабочая точка, тем выше чувствительность, но при этом устойчивость системы снижается.

4. «Аварийная задержка» – количество выборок «аварийного сигнала», необходимое для формирования аварийного сигнала.

5. «Сброс после аварии» – время, по истечении которого система автоматически переключается в рабочий режим.

6. «Предел тока излучения» – задаются пределы регулирования тока источника излучения, т.е. система будет регулироваться только в заданных пределах. Тем самым обеспечивается защита от случайных бросков тока и выхода из строя излучателя.

7. «Предел усиления фото» и «Предел усиления усилителя-делителя» задает пределы регулирования коэффициентов усиления усилителей.

С помощью панели «Дополнительные параметры» осуществляется настройка системы после аварийного режима.

Таким образом, пока оптические свойства контролируемой водной среды находятся в допустимом интервале (изменения загрязнений сточных вод незначительны), вода через открытую заслонку на трубопроводе посту-

пает в очистительные фильтры, которые справляются с такой концентрацией загрязнений. В случае возникновения аварийного сброса на предприятии оптические параметры водной среды резко меняются, и микроконтроллер выработывает сигнал на исполнительное устройство, управляющее клапаном отвода, который направляет загрязненную воду в отстойник для утилизации, что увеличивает срок службы фильтров очистки.

При отсутствии оперативного контроля возможных сбросов и наступлении аварийной ситуации, очистительные фильтры могут не справиться с такой нагрузкой («забьются»), в результате чего продукты аварийного сброса могут попасть в бассейн чистой воды. Очистка (замена) фильтров занимает значительное время и является весьма затратной процедурой.

Результаты лабораторных испытаний системы приведены на рис. 7, 8.

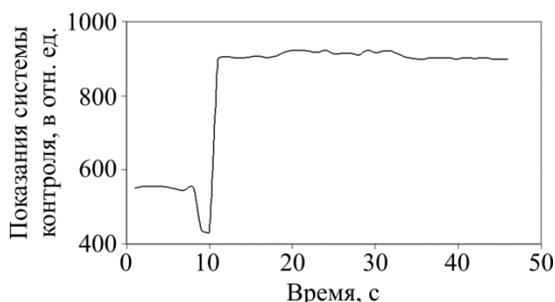


Рис. 7. График изменения оптической плотности воды при введении загрязнения (0,1 % меловой раствор)

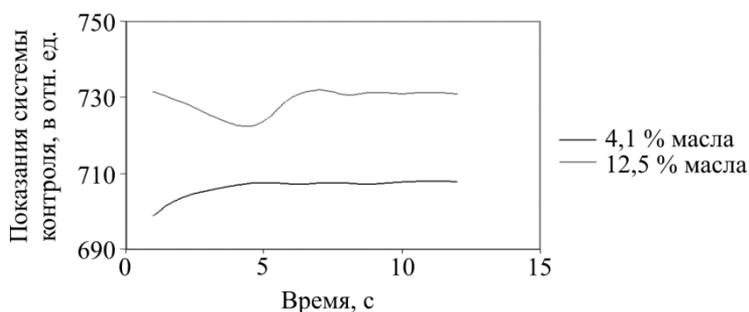


Рис. 8. Графики изменения оптической плотности от содержания загрязнения (масло) в водном растворе

Таким образом, преимуществами разработанной системы являются:

- повышенный срок службы фильтров очистки;
- высокая точность и оперативность контроля;
- высокая чувствительность к загрязняющим веществам.

Предложенная автоматизированная система может быть использована, например, для контроля и предотвращения аварийных ситуаций при очистке сточных вод в системах предупреждения аварийных сбросов нефти в водные источники с объектов добычи нефти (насосы, системы перекачки и переработки нефти) [16].

Библиографический список

1. Инженерная экология и экологический менеджмент: учеб. / М.В. Буторина, Л.Ф. Дроздова, Н.И. Иванов [и др.]; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадиной. – Изд. 3-е. – М.: Логос, 2011. – 520 с.
2. Калиберда И.В. Оценка параметров внешних воздействий природного и техногенного происхождения. – М.: Логос, 2002. – 544 с.
3. Габричидзе Т.Г. Основы комплексной системы безопасности критически важных (потенциально опасных) объектов муниципального и регионального уровней: моногр. – Самара: Изд-во Самар. НЦ РАН, 2011. – 391 с.
4. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: моногр. / под ред. Я.И. Вайсмана. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 258 с.
5. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды: учеб. пособие для вузов / В.И. Козинцев, В.М. Орлов, М.Л. Белов [и др.]; под ред. В.Н. Рождествина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
6. Быков В.П. Лазерная электродинамика. Элементарные и когерентные процессы при взаимодействии лазерного излучения с веществом. – М.: Физматлит, 2006. – 384 с.
7. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Оптикоэлектронный контроль загрязнений сточных вод и промышленных стоков // Прикладная оптика – 2016: сб. тр. XII Междунар. конф. – Т. 2. – Секция 4. Оптико-электронные приборы для промышленности, медицины. – СПб., С. 25–27.
8. Оптикоэлектронная система предупреждения аварийных загрязнений сточных вод / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Д.Н. Шульмин // Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте: тр. XXV Междунар. конф. / Гос. мор. ун-т им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. – Новороссийск, 2017. – С. 128–129.
9. Усольцев В.П., Юран С.И. Достоверность санитарно-эпидемиологического анализа сточных вод при большом количестве случайных воздействий и отсутствии доминирующего фактора // Теоретическая и прикладная экология. – 2016. – № 3. – С. 19–24.
10. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Контроль загрязнений сточных вод и промышленных стоков с использованием двухчастотного лазерного зондирования // Безопасность в техносфере. – 2017. – № 1. – С. 3–9. DOI: 10.12737/article_5901928bac1f44.76816878
11. 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 Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: Изд-во Бел. нац. техн. ун-та, 2014. – С. 20–22.
12. Идентификация вида и степени загрязнений сточных вод в технологическом процессе промышленного производства / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Н.А. Девятков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 4 (20). – С. 107–121. DOI: 10.15593/240935125/2015.04.08
13. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Система мониторинга состояния сточных вод на фоне естественных природных трендов // Приборостроение – 2017: материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. / под ред. О.К. Гусева [и др.]. – Минск: Изд-во Белорус. нац. техн. ун-та, 2017. – С. 11–12.
14. Пат. 153362 Рос. Федерация, МПК G01N15/06. Устройство устранения аварийного выброса / Алексеев В.А., Девятков Н.А., Юран С.И., Усольцев В.П. – № 2014141487; заявл. 14.10.2014, опублик. 20.07.2015, Бюл. № 20.

15. Андреев В.С., Попечителей Е.П. Лабораторные приборы для исследования жидких сред. – Л.: Машиностроение, 1981. – 312 с.

16. Использование интерполяционного контроля сбросов техногенного и антропогенного происхождения в пределах урбанизированных территорий / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Н.А. Девятков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 4. – С. 80–91. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.06

References

1. Butorina M.V., Drozdova L.F., Ivanov N.I. i dr. Pod red. Ivanova N.I., Fadina I.M. Inzhenernaya ekhologiya i ehkologicheskij menedzhment: uchebnik [Engineering ecology and ecological management]. Moscow, Publishing House of Logos, 2011, 520 p.

2. Kaliberda I.V. Ocenka parametrov vnesnih vozdeystvij prirodnogo i tekhnogenogo proiskhozhdeniya [Assessment of parameters of external influences of natural and technogenic origin]. Moscow, Publishing House of Logos, 2002. – 544 p.

3. Gabrichidze T.G. Osnovy kompleksnoy sistemy bezopasnosti kriticheski vaznykh (potentsialno opasnykh) obektov munitsipalnogo i regionalnogo urovney [Bases of complex system of safety of crucial (potentially dangerous) objects of municipal and regional levels]: the monography. Samara: Publishing house of the Samara center of science of the Russian Academy of Sciences, 2011, 391 p.

4. Vaysman Ya.I. i dr. Upravlenie otkhodami. Stochnye vody i biogas poligonov zakhoroneniya tverdykh bytovykh otkhodov: the monography [Waste management. Wastewater and biogas landfill solid waste]. Permskiynats. issled. politekhnicheskij un-t, NII ehkologii cheloveka I gigieny okruzhayushchej srede im. A.N. Sysina [Perm National Research Polytechnic University, Research Institute of human ecology and environmental hygiene named after A.N. Sysin]. Perm: [Publishing house of Perm National Research Polytechnic University], 2012, 258 p.

5. Kozincev V.I., Orlov V.M., Belov M.L. Gorodnichev V.A., Strelkov B.V. Pod red. Rozhdestvina V.N. Optiko-jelektronnye sistemy jekologicheskogo monitoringa prirodnoj srede [Opto-electronic systems of ecological monitoring of natural environment]. Moscow, Publ. of the Bauman MSTU, 2002, 528 p.

6. Bykov V.P. Lazernaya ehlektrodinamika. Elementarnye i kogerentnye processy pri vzaimodeystvii lazernogo izlucheniya s veshchestvom [Laser electrodynamics. Elementary and coherent processes at interaction of laser radiation with substance]. Moscow, Publ. of Fizmatlit, 2006, 384 p.

7. Alekseev V.A., Usol'cev V.P., Yuran S.I. Optoelektronnyj kontrol' zagryaznenij stochnykh vod i promyshlennykh stokov [Optoelectronic control of pollution of sewage and industrial drains]. *Sbornik trudov XII Mezhdunarodnoj konferencii «Prikladnaya optika-2016»*. Sankt-Peterburg, Publishing house of Opticheskoe obshchestvo im. D.S. Rozhdestvenskogo, 2016, vol. 2, pp. 25-27.

8. Alekseev V.A., Usol'cev V.P., Yuran S.I., Shul'min D.N. Optoelektronnaya sistema preduprezhdeniya avarijnykh zagryaznenij stochnykh vod [Optoelectronic system of prevention of emergency pollution of sewage]. *Trudy XXV Mezhdunarodnoj konferencii «Lazerno-informacionnye tekhnologii v medicine, biologii, geoehkologii i transporte»*. Novorossijsk, Publishing house of Gosudarstvennyj morskoy universitet im. admirala F.F. Ushakova, 2017, pp.128-129.

9. Usoltsev V.P., Yuran S.I. Dostovernost sanitarno-epidemiologicheskogo analiza stochnykh vod pri bolshom kolichestve sluchaynykh vozdeystvii i otsutstvii dominiruyushchego faktora [The validity of sanitary-epidemiological analysis of wastewater with a large number of random effects and absence of a dominant factor]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekhologiya*, 2016, no. 3, pp. 19-24.

10. Alekseev V.A., Usoltsev V.P., Yuran S.I. Kontrol zagryaznenij stochnykh vod i promyshlennykh stokov s ispolzovaniem dvukhchastotnogo lazernogo zondirovaniya [Pollution control wastewater and industrial wastewater using two-frequency laser sounding]. *Bezopasnost v tekhnosfere*, 2017, no 1, pp. 3-9. . DOI: 10.12737/article_5901928baclf44.76816878

11. Alekseev V.A., Usol'cev V.P., Yuran S.I. Razrabotka teoreticheskikh i metodicheskikh osnov upravleniya avarijnymi sbrosami v tekhnologicheskom processe ochistki stochnykh vod v kontekste socio-ekhologo-ehkonomicheskoy sistemy krupnogo predpriyatiya [Working out of theoretical and methodical bases of management by emergency dumps in technological process of sewage treatment in a context of

sotsio-ekologo-economic system of the large enterprise]. *Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Priborostroenie–2014»*. Minsk, Publishing House of Belarusian National Technical University, 2014, pp. 20–22.

12. Alekseev V.A., Usoltsev V.P., Yuran S.I., Devyatov N.A. Identifikacija vida i stepeni zagriznenij stochnyh vod v tehnologicheskom processe promyshlennogo proizvodstva [Identification of the type and degree of wastewater pollution in the technological process of industrial production]. *Vestnik PNIPU. Prikladnaja jekologija. Urbanistika*. 2015, no. 4, pp. 107-121. DOI 10.15593/240935125/2015.04.08

13. Alekseev V.A., Usol'cev V.P., Yuran S.I. Sistema monitoringa sostoyaniya stochnyh vod na fone estestvennyh prirodnyh trendov [The system of monitoring of a condition of sewage against the background of natural natural trends]. *Materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Priborostroenie–2017»*. Minsk, Publishing House of Belarusian National Technical University, 2017, pp. 11-12.

14. Alekseev V.A., Devyatov N.A., Yuran S.I., Usoltsev V.P. Ustroystvo ustraneniya avariynogo vybrosa [The device of elimination of emergency emission]. Patent RF, na poleznuyu model. IPC G01N 15/06. № 153362. 2015.

15. Andreev V.S., Popechitelev E.P. Laboratornye pribory dlya issledovaniya zhidkih sred [Laboratory devices for a research of liquid environments]. Leningrad, Publ. of Mashinostroenie, 1981, 312 p.

16. Alekseev V.A., Usol'cev V.P., Yuran S.I., Devyatov N.A. Ispol'zovanie interpolacionnogo kontrolya sbrosov tekhnogennogo i antropogennogo proiskhozhdeniya v predelakh urbanizirovannyh territorij [Use of interpolation control of dumpings of technogenic and anthropogenic origin within the urbanized territories]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Prikladnaya ehkologiya. Urbanistika*, 2017, no. 4, pp. 80–91. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.06

Получено 7.03.2018

V. Alekseev, V. Usoltsev, S. Yuran, D. Shulmin

AN AUTOMATED SYSTEM OF VOLLEY WATER POLLUTION CONTROL BY OPTICAL METHODS

In the article optical methods of control of volley sewage pollution with the use of an automated system are considered. The main development trends of technology and the equipment of optical-electronic pollution control of industrial enterprises sewage are shown. The developed algorithm of work of the automated system of volley water pollution control by optical methods is described. The temporary charts explaining operation algorithm of the system detecting the beginning and the end of an accident are considered. Examples of approbation of the developed algorithm on test tasks when carrying out laboratory experiments are given. The block diagram of the automated system of volley water pollution control by optical methods is developed and its operation is described. An image of the window formed by the program of the system, allowing setting of necessary parameters of the laser radiation, sensitivity and system action levels, operational delay time, etc. is provided. Realization of the offered automated system allows increasing reliability and objectivity of the analysis of wastewater discharges that is of particular importance within the urbanized territories.

Keywords: emergency discharge, automated system, pollution level, the change of optical density, wastewater.

Алексеев Владимир Александрович (Ижевск, Россия) – д-р техн. наук, проф., ученый секретарь совета университета, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: alekseevv@istu.ru).

Усольцев Виктор Петрович (Ижевск, Россия) – канд. техн. наук, ведущий инженер-электроник, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: vpusoltcev@mail.ru).

Юран Сергей Иосифович (Ижевск, Россия) – д-р техн. наук, проф., Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: yuran-49@yandex.ru).

Шульмин Дмитрий Николаевич (Ижевск, Россия) – соискатель, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: shbr17@yandex.ru).

Alekseev Vladimir (Izhevsk, Russian Federation) – Doctor in Technical Sciences, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (426069, Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: alekseevv@istu.ru).

Usoltsev Viktor (Izhevsk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (426069, Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: vpusoltcev@mail.ru).

Yuran Sergey (Izhevsk, Russian Federation) – Doctor in Technical Sciences, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (426069, Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: yuran-49@yandex.ru).

Shulmin Dmitry (Izhevsk, Russian Federation) – Applicant, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (426069, Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: shbr17@yandex.ru).